

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HABIBAN/SELH	
TGL. TERIMA :	10 September 2005
NO. JUDUL :	021693
NO. INV. :	512 0001693 001
NO. INDUK. :	

**PENGARUH ABU SEKAM PADI TERHADAP  
BETON KINERJA TINGGI**



**DISUSUN OLEH :**

**RATNA DEWI SULISTYANI      00 511 146**

**NENI NUR'AENI                      00 511 216**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2005**

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH ABU SEKAM PADI TERHADAP BETON  
KINERJA TINGGI**

***“THE EFFECT OF RICE HUSK ASH TO CHARACTERISTIC OF HIGH  
PERFORMANCE CONCRETE”***

***Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1  
(S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta***

*Disusun Oleh :*

**RATNA DEWI SULISTYANI**

**00 511 146**

**NENI NUR'AENI**

**00 511 216**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2005**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGARUH ABU SEKAM PADI TERHADAP BETON  
KINERJA TINGGI**

***“THE EFFECT OF RICE HUSK ASH TO CHARACTERISTIC OF HIGH  
PERFORMANCE CONCRETE”***

**Disusun Oleh :**

**RATNA DEWI SULISTYANI**

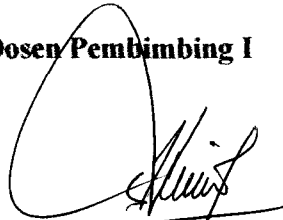
**00 511 146**

**NENI NUR'AENI**

**00 511 216**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh,**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ir. Ade Ilham, MT**

**Tgl. 7/09/05**

## HALAMAN MOTTO

Sesungguhnya bersama segala kesukaran terdapat kemudahan yang besar.

Dan sesungguhnya dalam kesukaran itu terdapat kemudahan yang besar

lagi.

Maka jika telah selesai dari suatu pekerjaan, bekerja keraslah lagi.

Hanya kepada Allah SWT kita menghadapkan harapan.

(Q. S. Asy Syarah : 5 - 8)

Pelajarilah ilmu Barang siapa mempelajarinya karena Allah, itu taqwa.

Menuntutnya itu ibadah Mengulang-ulangnya itu tasbih Membahasnya itu

jihad, Mengajarkannya kepada orang yang tidak tahu itu sedekah,

Memberikannya kepada ahlinya itu mendekatkan diri kepada Tuhan.

(Abusy syaikh Ibnu Hibban dan Ibnu Abdil Barr, Ilya Al Ghozali)

*Kupersembahkan karya ini kepada :  
kedua orang tuaku  
(Bp. Sujanto & Ibu Sopiáh)  
serta adikku (Sri Rahayu Widyanti)*

RATNA HARIES ts :

BAMBANG yang selalu menemani dan tak henti-hentinya memberikan dukungan, semangat, nasehat, perhatian dan kesabaran selama ini...Adek dah jadi ST juga lho...:P

Rekan TA-q, Neni. Perjuangan q-ta akhirnya gak sia-sia ya....Makasih 'tuk semuanya.....

Temen2 & sobat-q: Pipien+Aan (Ratna 'tar lagi pulang lho...), Mas Noenk (thanks tu semuanya), Andrie ('Ndut kapan nyusul?), Indah (makasih atas perhatian kamu, moga tercapai yang kamu cita-citakan), Oji'(makasih semuanya, maaf nyusahinkamu terus), Fajar (Cepetan nyusul Ratna+Oji', q-ta tunggu di Peran baru lho....)Saeful (makasih banyak bantuannya selama di lab & thanks 'dah mau jadi t4 curhat-q).

Temen2 kost Gentan : Dina, Mb Icka (hehe banyak kenangan manis+lucu selama bareng kalian), Lilik (Selamat datang..... )

Temen2 KKN Angk.27 SL-38 : Bang Aan, MZ Feri, MZ Ndaru, Allan, Wahyu, A'ang, Argha, Haries, Rara, Dee-ta, R-lyn, Liz (Ngumpul ma kalian semua asyik juga....., kapan bisa bareng lagi ya????)

Temen2 eks Smundel Pekanbaru : Dian, David, Lukman, Teddy, Edo, Joro, Rita, Aas, Nanas, dll. Bareng kalian hidup selalu ceria....

Anak2 kelas C angk.2000 & temen2 kul yang gak bisa disebutin satu per satu, makasih 'tuk semua bantuannya.....

Pak Warno & mas Ndaru makasih banyak atas bantuannya selama kami penelitian di lab BKT .....

Pak Santoro & Pak Heri Makasih bantuannya dalam urusan sidang dan pendadaran.....

## *Persembahan Neni*

*kau berikan cintamu tuk menerangi hatiku  
berharap mulia dalam budi pekertiku  
dengan doamu yang selalu menyertai langkah hidupku  
dalam suka dan dukaku  
kasihmu akan selalu mengalir dalam nadiku  
kan wujudkan citamu, sampai kau bangga akan kasihmu.*

*kupersembahkan karya terbaikku teruntuk*

- *salam hormat dan sujudku, Bp Yusuf Sidiq H.S dan ibu Dwi Indrayani yang kasih dan doanya senantiasa mengalir sejuk walaupun disaat "kemarau" sekalipun, serta segala pengorbanan yang telah tcurahkan untukku.*
- *Mba Rinie, Mba Ida, Mba Ukir tersayang (terima kasih atas kasih sayang, support dan pengorbanannya).*
- *Ade'ku Zaky & Nok Amah "enyon" tersayang atas pengertian dan semangatnya.*
- *Rahmat yang selalu memberiku dorongan dan semangat .*

*Tak lupa ku ucapkan terima kasihku:*

*Yanie teman seperjuanganku makasih ya maapin kalo aku sering nyusahin, Inunk, Saepul, de Ayo, Dina, Saepul, dan cahi Sipil VII khususnya yang ngelab bareng, teman-teman kost CT ku .*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I   PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II   TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Tinjauan Umum .....	8
2.2 Literatur Yang Menunjang Penelitian.....	10

2.3 Penelitian Sejenis.....	11
<b>BAB III LANDASAN TEORI.....</b>	<b>13</b>
3.1 Tinjauan Umum.....	13
3.2 Material Penyusun beton.....	15
3.2.1 Semen.....	15
3.2.2 Air.....	18
3.2.3 Agregat.....	19
3.2.4 Bahan Tambah.....	21
3.3 Faktor Air Semen.....	26
3.4 Slump.....	28
3.5 Workability.....	29
<b>BAB IV METODE PENELITIAN.....</b>	<b>30</b>
4.1 Prosedur Penelitian.....	30
4.2 Bahan Campuran Beton.....	31
4.3 Alat-alat yang digunakan.....	32
4.4 Pemeriksaan Bahan Campuran Beton.....	33
4.4.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	33
4.4.2 Pemeriksaan Kadar Air dan Serapan Air.....	34
4.4.3 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar dan Halus.....	35
4.4.4 Analisa Saringan dan Modulus Halus Butiran.....	36
4.5 Perencanaan Campuran adukan Beton.....	36
4.6 Pengujian Slump.....	37
4.6.1 Peralatan Pengujian.....	37



4.6.2	Cara Pengujian .....	38
4.6.3	Pengukuran Slump .....	38
4.7	Pembuatan Benda Uji.....	39
4.8	Perawatan Benda Uji .....	40
4.9	Jumlah Benda Uji.....	41
4.10	Tahapan Penelitian .....	42
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
5.1	Hasil Penelitian.....	43
5.2	Berat Volume Beton.....	45
5.3	Workabilitas .....	47
5.4	Analisis Kuat Desak Beton.....	49
5.5	Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Desak .....	52
5.5.1	Prosentase Peningkatan Kuat Desak beton .....	53
5.5.2	Prosentase Peningkatan Kuat Desak Beton Umur	
28 Hari	terhadap Kuat Desak Beton Rencana .....	54
5.6	Analisis Kuat Geser Beton .....	58
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>60</b>
6.1	Kesimpulan.....	60
6.2	Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>63</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Susunan unsur dalam semen.....	16
Tabel 3.2	Komposisi kimia semen Portland jenis I.....	17
Tabel 3.3	Gradasi pasir.....	20
Tabel 3.4	Sifat fisik standar pozzolan.....	22
Tabel 3.5	Sifat kimia standar pozzolan.....	23
Tabel 3.6	Komposisi kimia abu sekam padi.....	24
Tabel 3.7	Nilai slump berdasarkan penggunaan jenis eleme atau struktur....	28
Tabel 4.1	Alat-alat yang digunakan.....	32
Tabel 4.2	Proporsi campuran beton.....	36
Tabel 4.3	Jumlah benda uji .....	40
Tabel 5.1	Berat volume beton.....	44
Tabel 5.2	Nilai slump (mm) pada tiap variasi .....	46
Tabel 5.3	Kuat desak beton rata-rata umur 3, 7 dan 28 hari.....	48
Tabel 5.4	Prosentase peningkatan kuat desak beton.....	52
Tabel 5.5	Prosentase peningkatan kuat desak beton umur 28 hari terhadap kuat desak beton rencana.....	53
Tabel 5.6	Hasil pengujian kuat geser beton.....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Proses terjadinya beton .....	14
Gambar 3.2	Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan.....	27
Gambar 4.1	Bagan alir ( <i>flowchart</i> ) pelaksanaan penelitian.....	41
Gambar 5.1	Kuat desak beton umur 3,7 dan 28 hari .....	52
Gambar 5.2	Kuat desak beton umur 28 hari dan kuat desak rencana (50 MPa).....	54
Gambar 5.3	Grafik hubungan kuat desak benda uji terhadap usia beton .....	55
Gambar 5.4	Pengujian kuat geser abu sekam padi .....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Kartu Peserta Tugas Akhir.....	65
Lampiran II	Hasil Pemeriksaan Bahan	
	1. Pemeriksaan Kandungan Lumpur.....	66
	2. Pengujian Kadar Air dan Serapan Air Agregat Halus.....	67
	3. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus .....	68
	4. Pengujian Kadar Air dan Serapan air Agregat Kasar.....	69
	5. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar .....	70
	6. Data Modulus Halus Butir Agregat Halus.....	71
	7. Data Modulus Halus Agregat Kasar .....	73
Lampiran III	Hitungan Perencanaan Adukan Beton	
	1. Metode Perancangan Campuran Beton Kinerja Tinggi (BKT) dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi.....	74
	2. Perhitungan Komposisi Adukan Beton Abu Sekam Padi dengan Kandungan ASP 9 %.....	82
	3. Perhitungan Komposisi Adukan Beton Abu Sekam Padi dengan Kandungan ASP 12,5 %.....	85
Lampiran IV	Data Hasil Pengujian	
	1. Data Hasil Pengujian Kuat Desak Beton A9SPI.....	88
	2. Data Hasil Pengujian Kuat Desak beton A9SPII.....	89
	3. Data Hasil Pengujian Kuat Desak Beton A9SPIII.....	90

4. Data Hasil Pengujian Kuat Desak Beton A12,5SPI .....	91
5. Data Hasil Pengujian Kuat Desak Beton A12,5SPII.....	92
6. Data Hasil Pengujian Kuat Desak Beton A12,5SPIII.....	93
7. Data Hasil Pengujian Kuat Geser beton .....	94

## DAFTAR NOTASI

$A, B$	=	Konstanta
$ASP$	=	Berat abu sekam padi
$B$	=	Berat pasir setelah masuk tungku
$B$	=	Berat pengikat/binder
$B_k$	=	Berat pasir kering mutlak
$B_p$	=	Berat piknometer berisi air dan pasir
$B_o$	=	Berat pasir sebelum masuk tungku
$C$	=	Berat semen
$F$	=	Kandungan solid superplasticizer (SP)
$f_c$	=	Kuat desak beton
$f_{sh}$	=	Kuat geser beton
$G_{asp}$	=	Berat jenis abu sekam padi
$G_b$	=	Berat jenis agregat kasar (SSD)
$G_c$	=	Berat jenis semen
$G_p$	=	Berat jenis pasir (SSD)
$G_{sp}$	=	Berat jenis SP
$G_w$	=	Berat jenis air
$k$	=	Prediksi kandungan udara (1 hingga 3 %)
$K$	=	Berat agregat kasar atau kerikil
$K_{air}$	=	Kadar air
$M_{sp}$	=	Kandungan air SP

$P$	=	Berat pasir
$R$	=	Perbandingan berat pasir-total agregat (P/TA)
$S_{avr}$	=	Serapan air
$S_{sp}$	=	Dosis SP
$SP$	=	Berat superplasticizer
$TA$	=	Total berat agregat
$V_{ap}$	=	Penyerapan air pasir ( $l/m^3$ )
$V_{ab}$	=	Penyerapan air agregat kasar ( $l/m^3$ )
$V_b$	=	Volume beton $1 m^3$
$V_{eff}$	=	Volume air efektif ( $l/m^3$ )
$V_f$	=	Volume air bebas
$V_{sp}$	=	Volume SP
$V_1$	=	Volume air
$V_2$	=	Volume air + agregat
$V_w$	=	Kandungan air superplasticizer ( $l/m^3$ )
$W$	=	Keperluan air campuran/berat air
$W_{agr}$	=	Berat agregat
$W_{air}$	=	Kandungan air
$W_b$	=	Berat agregat kasar awal dalam $kg/m^3$
$W_{br}$	=	Berat agregat kasar sesungguhnya dalam $kg/m^3$
$W_p$	=	Berat pasir awal dalam $kg/m^3$
$W_{pt}$	=	Berat pasir sesungguhnya dalam $kg/m^3$
$w_{ssd(b)}$	=	Kandungan air keadaan SSD dari agregat kasar (%)

$w_{ssd(p)}$	=	Kandungan air keadaan SSD pasir (%)
$w_{i(b)}$	=	Kandungan air agregat dalam udara dari agregat kasar (%)
$w_{i(p)}$	=	Kandungan air agregat dalam udara dari pasir (%)
$W_1$	=	Berat piring kosong
$W_2$	=	Berat pasir/kerikil + piring
$W_3$	=	Berat pasir/kering kering + piring
$W_4$	=	Berat pasir/kerikil SSD + piring
$x$	=	Faktor air semen
$\gamma_w$	=	Berat volume air, 1000 kg/m <sup>3</sup>



## ABSTRAKS

*Pada struktur bangunan bertingkat tinggi, beton kinerja tinggi seringkali dipakai untuk bahan kolom dan shear wall. Di samping itu beton kinerja tinggi sangat diperlukan dalam pembuatan beton precast, prestress product dan beberapa elemen struktur yang mengutamakan ketahanan terhadap faktor-faktor yang dapat membuat kerusakan pada beton.*

*Dalam bidang struktur selalu dilakukan berbagai penelitian untuk menghasilkan beton yang lebih kuat, lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan, lebih kaku, lebih tahan terhadap erosi/abrasi dan sebagainya dengan atau tanpa penambahan chemical maupun mineral admixture.*

*Limbah abu sekam padi (ASP) banyak terdapat di Indonesia. ASP dapat dimanfaatkan sebagai pozzolan, karena mengandung silica dan alumina. Pada penelitian ini, pemakaian ASP sebanyak 9 % dan 12,5 % dari jumlah pemakaian semen dengan nilai slump  $\geq 180$  mm dan kuat tekan ( $f'c$ ) yang direncanakan adalah 50 MPa. Penambahan ASP pada campuran beton menyebabkan semakin tingginya kebutuhan air, namun tingginya keperluan air menimbulkan masalah pada beton kinerja tinggi. Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan bahan tambah berupa superplasticizer (SP). Dalam penelitian ini digunakan 3 jenis SP yaitu viscocrete 5, viscocrete 10, dan sikament NN.*

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan ASP sebagai substitusi bahan pengikat pada beton kinerja tinggi terhadap kuat desak dan kuat gesernya, prosentase pengurangan semen akibat pemakaian ASP yang optimum untuk mendapatkan kuat desak yang tinggi, dan pengaruh penggunaan variasi SP sebagai pengganti sebagian air akibat penambahan ASP.*

*Dari pengujian kuat desak beton ASP diperoleh kesimpulan bahwa ASP hasil sisa pembakaran batu bata yang dihaluskan sampai lolos ayakan  $75 \mu\text{m}$  dapat digunakan untuk menghasilkan kuat desak tinggi, dimana untuk rasio air-binder 0,4, kandungan ASP 9 dan 12,5 % dengan dosis SP antara 4,6 sampai  $7 \text{ l/m}^3$  dapat menghasilkan kuat desak 50 MPa. Pemakaian ASP sebagai pengganti sebagian semen sebanyak 9 % pada penelitian ini menghasilkan kuat desak yang optimum sebesar 56,81 MPa pada umur 28 hari.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada struktur bangunan bertingkat tinggi, beton mutu tinggi seringkali dipakai untuk bahan kolom dan *shear wall*. Di samping itu beton mutu tinggi sangat diperlukan dalam pembuatan beton *precast*, *prestress product* dan beberapa elemen struktur yang mengutamakan ketahanan terhadap faktor-faktor yang dapat membuat kerusakan pada beton.

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, kriteria beton mutu tinggi juga berubah sesuai dengan perkembangan zaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai. Pada tahun 1950an, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya 30 MPa. Tahun 1960-1970an kriterianya naik menjadi 40 MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika kuat tekannya di atas 50 MPa, dan di atas 80 MPa adalah beton mutu sangat tinggi (Supartono, 1998).

Pada saat ini selain beton mutu tinggi dikenal pula beton kinerja tinggi. Pada prinsipnya beton kinerja tinggi sama dengan beton mutu tinggi dimana kuat tekan yang harus dicapai sebesar 50 MPa, yang membedakan adalah pada beton kinerja tinggi tidak hanya harus mempunyai kuat tekan tinggi (*high strength concrete*), tetapi juga harus memperhatikan keawetan (*durability*), kedap air

(*permeability*), dan mudah dikerjakan (*workability*) tanpa mengalami segregasi serta mempunyai nilai susut (*shrinkage*) yang dapat diterima. Sedangkan beton mutu tinggi yang selama ini telah dikenal secara luas hanya memperhatikan kuat tekannya saja.

Perkembangan bahan tambah beton baik berupa *chemical admixture* seperti *superplasticizer*, *high range water reducer* (HRWR) maupun *mineral admixture* seperti *silica fume*, *fly ash*, *rice husk ash* atau *slag*, dewasa ini telah memberi banyak pilihan dan kemudahan untuk dapat menciptakan berbagai jenis beton yang inovatif sesuai dengan kebutuhan.

Limbah abu sekam padi banyak terdapat di Indonesia. Abu sekam padi (*rice husk ash*) adalah produk dari pembakaran batu bata yang menggunakan sekam padi. Abu sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai *pozzolan*, karena mengandung silika dan alumina sebagaimana hasil penelitian Ilham, dkk (2003) dimana kandungan silika abu sekam padi mencapai 86,49 % dan kandungan alumina mencapai 0,01 %. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan tambah yang dicampurkan ke dalam adukan beton bertujuan untuk mengurangi jumlah kadar semen dalam campuran beton sehingga didapatkan beton kedap air dengan mutu yang tinggi.

Pemakaian abu sekam padi dapat menambah kekakuan karena modulus elastis ( $E_c$ ) akan semakin tinggi, sehingga kuat tekan beton abu sekam padi lebih tinggi dibanding beton biasa. Hal ini dikarenakan diameter silika yang terkandung dalam abu sekam padi sangat halus yang mengakibatkan luas permukaan butiran semakin besar, sehingga diperoleh beton yang lebih padat dimana semakin padat

beton semakin tinggi kuat tekan karena kandungan pori rendah.. Dengan luasnya permukaan butiran maka dibutuhkan lebih banyak air dalam suatu *mix design* yang sama, padahal penambahan air pada fas tertentu dapat mengurangi *strength* yang telah direncanakan pada *mix design*. Oleh karena jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *slump* tertentu adalah konstan, maka dimanfaatkan pemakaian *additive superplasticizer* yang berfungsi untuk menjaga nilai *slump* dengan nilai tertentu. Dengan jumlah air yang sama dapat dihasilkan campuran beton dengan *workability* tertentu walaupun kadar air berkurang akibat penambahan abu sekam padi.

Pada penelitian ini, pemakaian abu sekam padi direncanakan 9 % dan 12,5 % dari jumlah pemakaian semen dengan nilai *slump*  $\geq 180$  mm dan kuat tekan ( $f'c$ ) yang direncanakan adalah 50 MPa. Penambahan abu sekam padi pada campuran beton menyebabkan semakin tingginya kebutuhan air, namun tingginya keperluan air dari abu sekam padi menimbulkan masalah pada beton kinerja tinggi (*high-performance concrete*) ketika dipakai rasio air-binder (W/B) rendah dengan nilai *slump*  $\pm 180$  mm. Untuk mengatasinya maka digunakan bahan tambah beton berupa *superplasticizer*. Dalam penelitian ini, digunakan 3 jenis *superplasticizer*, yaitu *superplasticizer* mutu tinggi (Viscocrete 5), sedang (Viscocrete 10) dan rendah (Sikament NN). Diharapkan dengan penambahan 3 jenis *superplasticizer* yang berbeda akan didapat perbandingan kuat tekan yang dicapai.

Pengujian beton biasanya menggunakan beton cetak dengan usia yang bervariasi. Dalam penelitian ini beton cetak yang akan diuji pada usia 3, 7 serta 28

hari. Pada beton usia 3 hari diharapkan kuat tekan yang dihasilkan dapat mencapai 60 % dari kuat tekan beton usia 28 hari. Hal ini berarti, pada usia 3 hari beton diharapkan mencapai kuat tekan  $\pm 30$  MPa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari beton kinerja tinggi akibat kombinasi penambahan abu sekam padi mencakup hal-hal sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap beton kinerja tinggi?
2. Bagaimana pengaruh pengurangan semen akibat pemakaian abu sekam padi terhadap kekuatan beton kinerja tinggi?
3. Bagaimana pengaruh pemakaian *superplasticizer* mutu tinggi (*viscocrete* 5), sedang (*viscocrete* 10), dan rendah (*sikament NN*) terhadap *workability* kekuatan beton kinerja tinggi?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan bahan tambah *superplasticizer* mutu tinggi (*viscocrete* 5), sedang (*viscocrete* 10), dan rendah (*sikament NN*) terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui.

1. Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai substitusi bahan pengikat pada beton kinerja tinggi terhadap kuat desaknya.
2. Prosentasi pengurangan semen akibat pemakaian abu sekam padi.

2. Pengaruh penggunaan bahan tambah abu sekam padi pada beton terhadap sifat-sifat mekanik beton kinerja tinggi terutama kuat tekan dan kuat gesernya.
3. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan berbagai jenis *superplasticizer* sebagai pengganti sebagian air akibat penambahan abu sekam padi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini adalah.

1. Sebagai acuan pembuatan beton kinerja tinggi dengan kondisi material yang ada di Jogjakarta.
2. Dapat diperoleh beton struktur yang memenuhi syarat kinerja tinggi dengan pemakaian semen lebih rendah.
3. Dapat dijadikan dasar estimasi harga beton jadi.
4. Dapat diketahui optimasi penggunaan bahan tambah dalam pembuatan beton kinerja tinggi sehingga diperlukan efisiensi terhadap penggunaan volume bahan yang dipakai.
5. Memanfaatkan abu sekam padi yang banyak ditemukan di daerah Jogjakarta dalam pembuatan beton kinerja tinggi.
6. Menghasilkan beton struktur yang memenuhi syarat yang cukup inovatif dengan pengurangan sejumlah semen akibat pemakaian bahan pozzolan, sehingga lebih menghemat biaya pembangunan.
7. Pemakaian pozzolan abu sekam padi dapat memberikan kontribusi terhadap penyelamatan lingkungan dengan adanya pengurangan jumlah beban limbah industri tersebut.

### 1.5 Batasan masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka perlu batasan-batasan sebagai berikut.

1. Pengujian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm dari Celereng.
3. Agregat halus digunakan pasir dari sungai Boyong, Sleman, Jogjakarta.
4. Semen yang digunakan adalah semen Gresik tipe I kemasan 50 kg/zak.
5. Bahan tambah abu sekam padi diambil dari industri pembuatan batu bata di daerah Sindumartani, Sleman, Jogjakarta tanpa pembakaran yang terkontrol kemudian dihaluskan sampai lolos ayakan 200 (75  $\mu\text{m}$ ). Kadar abu sekam padi yang digunakan 9 % dan 12,5 %.
6. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Benda uji dibuat dengan cetakan kubus standar dengan sisi 15 x 15 cm dan tinggi 15 cm. Pengujian kuat desak beton pada masing-masing variasi berjumlah 5 sampel dilakukan pada umur 3, 7 dan 28 hari. Pengujian kuat geser dilakukan untuk umur 28 hari dengan sampel pada tiap variasi berjumlah 3.
8. *Chemical admixture* berupa *superplasticizer* produksi sika dipakai 3 jenis yaitu *viscocrete 5*, *viscocrete 10*, dan *sikament NN*.

9. Cetakan dibuka setelah 24 jam kemudian dilakukan perawatan dengan cara merendam benda uji dalam suatu bak air.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Umum

Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03, 1991). Menurut kekuatannya beton dapat diklasifikasikan menjadi 3 (Lorrain, 1991), yaitu.

1. Beton mutu normal atau *Normal Strength Concrete* (NSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan 200-500 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Beton mutu tinggi atau *High Strength Concrete* (HSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan 500-800 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Beton mutu sangat tinggi atau *Very High Strength Concrete* (VHSC), yaitu beton dengan kekuatan lebih dari 800 kg/cm<sup>2</sup>.

Beton umumnya tersusun dari 3 bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75% (Mulyono, 2003).

Secara umum mutu beton sangat tergantung pada pemakaian yaitu (Neville,1990).

1. Semen (mutu, komposisi, dan kehalusan butiran).
2. Ukuran agregat (kekompakan gradasi butiran).
3. Mutu agregat (kekerasan agregat, bentuk butiran).
4. Jenis bahan tambah.
5. Perbandingan air dan semen.
6. Pemadatan yang dilakukan.
7. Perawatan (jenis, lama dan suhunya).

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain (Kardiyono, 1995).

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan. Makin banyak air yang dipakai makin mudah beton dikerjakan tetapi mengurangi kekuatannya.
2. Penambahan semen ke dalam campuran juga memudahkan cara pengerjaannya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air untuk memperoleh nilai faktor air semen (fas) tetap.
3. Gradasi campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, sehingga adukan beton mudah dikerjakan.
4. Pemakaian butir-butir yang bulat mempengaruhi cara pengerjaan dan kekuatan beton.
5. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan.

6. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila dilakukan dengan alat penggetar maka diperlukan tingkat keenceran yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan.

## 2.2 Literatur yang Menunjang Penelitian

Beton terbuat dari bahan semen portland, air, agregat (agregat kasar dan halus), dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI T-15-03, 1991).

Kardiyono (1992) semakin sedikit pori-pori beton maka kuat tekannya makin tinggi.

Kardiyono (1992) mengemukakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sifat agregat yaitu kekasaran dan ukuran maksimum agregat tersebut, pada pemakaian ukuran butiran maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti semakin sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada di dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi.

Mulyono (2003) menyatakan bahwa ada 3 kinerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton, yaitu : 1) memenuhi kriteria konstruksi yaitu dapat dengan mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomis, 2) kekuatan tekan, dan 3) durabilitas atau keawetan.

Wang dan Salmon (1993), menyatakan bahwa kuat tekan beton dipengaruhi oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton.

### **2.3 Penelitian sejenis**

Penelitian juga mengacu pada penelitian sejenis yang telah dilaksanakan sebagai tinjauan pustaka, sebagaimana yang dijelaskan berikut :

#### **1. Penelitian Sabilirahman dan Muhyana (1996)**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemakaian bahan tambah berupa abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen sebanyak 9 % dari berat portland cement pada mortar semen akan menghasilkan kuat desak beton yang optimum sebesar 277,6 kg/cm<sup>2</sup> lebih besar daripada campuran mortar tanpa abu sekam padi yaitu 246,76 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga muncul kenaikan kuat desak sebesar 12,52 %.

#### **2. Penelitian Dewobroto dan Adinata (1999)**

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan pozzolan abu sekam padi sebanyak 9 % dapat mengurangi semen 28,89 kg untuk setiap 1 m<sup>3</sup> adukan semen dan diperoleh kuat desak beton mencapai 23,5866 MPa atau mengalami kenaikan kuat desak sebesar 43,32 % dibandingkan dengan kuat desak normal.

### 3. Penelitian Ilham, dkk (2003)

Penelitian ini mempunyai judul “Pengaruh *Superplasticizer* terhadap *Workability* dan Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi”.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Abu sekam padi yang diperoleh dengan pembakaran yang terkontrol merupakan bahan pozzolan yang berkualitas tinggi dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  cukup tinggi yaitu pada kadar 86,49 % dan dengan kehalusan butir 97,25 % lolos ayakan 45  $\mu\text{m}$  merupakan bahan *filler* yang sangat baik dan mempercepat reaksi dengan kalsium hidroksida.
2. Pada rasio air-*binder* yang sama, jika kandungan abu sekam padi tinggi maka untuk mencapai *workability* yang diharapkan akan diperlukan dosis *superplasticizer* yang lebih tinggi, dan sebaliknya, semakin rendah kandungan abu sekam padi maka *superplasticizer* yang diperlukan juga rendah.
3. Dosis *superplasticizer* tinggi (jenis *Napthaline*) dengan kombinasi abu sekam padi tinggi menyebabkan proses pengerasan beton lambat dan dapat mengurangi kekuatan beton pada umur 7 dan 28 hari.
4. Kandungan abu sekam padi optimum dan bersesuaian dengan dosis *superplasticizer* maka beton abu sekam padi memiliki kuat tekan tinggi pada umur 7 dan 28 hari dibanding dengan beton PC.
5. Untuk rasio air-*binder* antara 0,3 sampai 0,4 kandungan abu sekam padi yang menghasilkan kekuatan tekan tinggi adalah antara 6 sampai 10 % terhadap berat *binder* dengan dosis *superplasticizer* antara 7,4 sampai 21,5  $\text{l/m}^3$ .

## **BAB III**

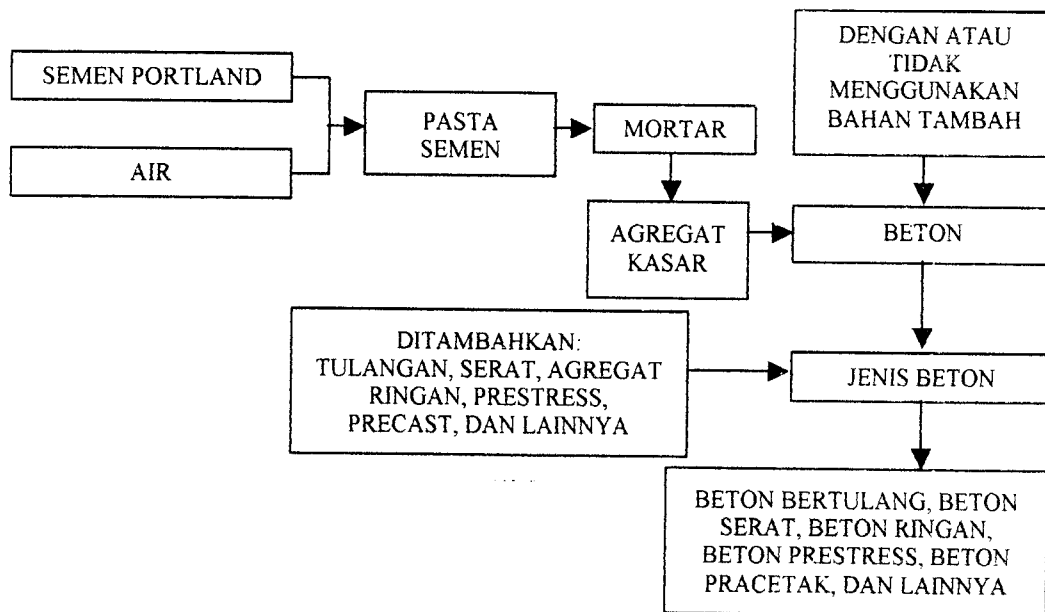
### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Tinjauan Umum**

Beton kinerja tinggi adalah campuran beton yang dapat menghasilkan kriteria dasar campuran, yaitu kuat tekan, durabilitas, permeabilitas dan workabilitas sehingga perlu adanya prinsip bagaimana menggunakan bahan tambah seperti *superplasticizer*, *silica fume*, *rice husk ash*, atau *fly ash*. Untuk mencapai beton yang bermutu tinggi, campuran tersebut harus diambil optimal, karena kelebihan bahan tambah akan mengakibatkan sifat negatif bagi campuran.

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Banyak parameter yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, di antaranya adalah kualitas bahan-bahan penyusunnya, rasio air-semen (fas) yang rendah dan kepadatan yang tinggi. Beton segar yang dihasilkan dengan memperhatikan parameter tersebut biasanya sangat kaku, sehingga sulit untuk dibentuk atau dikerjakan terutama pada pengerjaan pemadatan. Dengan semakin banyaknya pabrikan yang menghasilkan bahan *admixture* sebagai bahan pengencer dari beton yang berefek mencairkan beton tanpa menambah campuran air dalam beton, maka hal ini tidak menjadi masalah (M.S. Besari, 2003).

Pada prinsipnya campuran beton kinerja tinggi terdiri dari air, batu pecah, pasir, semen, *chemical admixture*, dan *mineral admixture*. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan adalah tulangan baja akan terbentuk beton bertulang (Mulyono, 2004). Proses terbentuknya beton dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Proses terjadinya beton  
(Mulyono, 2004)

## 3.2 Material Penyusun Beton

### 3.2.1 Semen

Semen adalah bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air atau larutan garam (Pengetahuan Bahan Teknik, 1992). Menurut Standard Industri (SII-0013-1997), semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis, bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan adalah gypsum.

Menurut SNI 15-2049-1994 (1994), semen portland dikelompokkan dalam 5 jenis sebagai berikut.

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

Semen portland terutama terdiri dari oksida kapur ( $\text{CaO}$ ), oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ), oksida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Kandungan dari keempat oksida kurang lebih 95 % dari berat semen dan biasanya disebut *major oxide*, sedangkan sisanya terdiri dari oksida magnesium ( $\text{MgO}$ ) dan oksida lain. Unsur-



unsur pokok yang terdapat dalam semen portland dapat dilihat dalam tabel 3.1 (Nevilla, 1975).

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

Oksida	Persentase
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

Walaupun demikian, pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting. Keempat unsur itu adalah : ( Murdock dan Brook, 1986)

a. Trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S) atau 3CaO.SiO<sub>2</sub>

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama.

b. Dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S) atau 2CaO.SiO<sub>2</sub>

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap perogres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya. Semen yang mempunyai proporsi dikalsium silikat banyak mempunyai ketahanan terhadap agresi-kimia yang relatif tinggi, penyusutan kering yang relatif rendah, oleh karenanya, merupakan semen portland yang paling awet.

c. Trikalsium alúminat ( $C_3A$ ) atau  $3CaO \cdot Al_2O_3$

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air-tanah, dan tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.

d. Tetrakalsium aluminoferrit ( $C_4AF$ ) atau  $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$

Adanya senyawa alumino ferrite kurang penting karena tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

Contoh komposisi kimia semen portland jenis I hasil uji Ilham, dkk (2003) dapat dilihat pada tabel 3.2

**Tabel 3.2** Komposisi kimia semen portland jenis I  
(Ilham dkk, 2003)

Unsur Kimia	Persen
Silicon dioxide ( $SiO_2$ )	19.97
Aluminium oxide ( $Al_2O_3$ )	5.39
Ferric oxide ( $Fe_2O_3$ )	3.52
Calcium oxide ( $CaO$ )	66.14
Magnesium oxide ( $MgO$ )	0.45
Sulphur trioxide ( $SO_3$ )	-
Potassium oxide ( $K_2O$ )	0.52
Phosporus oxide ( $P_2O_5$ )	0.07
Sodium oxide ( $Na_2O$ )	0.09
Titanium oxide ( $TiO_2$ )	0.26
Mangan oxide ( $MnO$ )	0.01
Carbon (C)	0.71
Loss of ignition (LOI)	3.75

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah.  
(Kardiyono, 1992)

1. Kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan makin cepat waktu pengikatannya.
2. Jumlah air, pengikatan semen akan semakin cepat bila jumlah air berkurang.
3. Temperatur, waktu pengikatan akan semakin cepat bila suhu udara di sekelilingnya tinggi.
4. Penambahan zat kimia tertentu.

### 3.2.2 Air

Air merupakan komponen bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai 2 fungsi. Yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1991).

Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 20 - 30 % berat semen. Tetapi dengan faktor air semen yang kecil, adukan beton menjadi sulit dikerjakan. Maka diberikan kelebihan jumlah air yang dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan turun (Kardiyono, 1992).

Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai untuk mencampur beton ialah air yang bila dipakai

akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari kekuatan beton air suling. Kekuatan beton akan turun apabila air pencampur mortar beton tercampur dengan kotoran. Dalam pemakaiannya air sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Kardiyono, 1992).

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
2. Tidak mengandung klorida ( $Cl_2$ ) lebih dari 0,5 gram/liter.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut faktor air semen (*Water Cement Ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton. (Mulyono, 2003)

### 3.2.3 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Walaupun hanya sebagai pengisi, namun agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. (Kardiyono, 1992)

Besar butiran agregat selalu dibatasi agar tidak terlalu besar, sampai besar butir maksimum, antara lain : (ACI 318, 1989 : 2-1)

1.  $1/5$  jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan,
2.  $1/3$  ketebalan pelat lantai, dan
3.  $3/4$  jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat bundel tulangan, atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong.

Gradasi agregat adalah distribusi kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; dan 0,15 mm. (Astanto, 2001)

Menurut peraturan SK SNI-T-15-1990-03, kekasaran pasir dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Batas-batasnya tercantum dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 3.3** Gradasi Pasir (Astanto, 2001; 23)

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

Keterangan :

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

Umumnya agregat yang digunakan untuk campuran beton terdiri dari 60 % - 75 % dari volume totalnya (Subakti,1995). Agregat yang digunakan dalam *mix design* penelitian ini adalah terdiri dari batu pecah (*crushed stone*) dan pasir. Pada batu pecah terdiri dari partikel yang bersudut dengan tekstur permukaan yang kasar sehingga menyebabkan workabilitas lebih rendah tetapi *strength* yang didapat lebih tinggi dibandingkan dengan *mix* yang sejenis tetapi dengan kerikil (*uncrushed stone*).

Secara umum agregat yang baik untuk pembuatan beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (PBBI, 1971).

1. Harus bersifat kekal.
2. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang reaktif alkali.
4. Harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori.

### **3.2.4 Bahan tambah**

#### **a. Abu Sekam Padi (*Husk Rice Ask*)**

Menurut ASTM C.125-1995, *Admixture* atau bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton, misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan alain seperti penghematan energi. (Mulyono, 2003)

Menurut ASTM C 618-86, mutu pozzolan dibedakan menjadi 3 kelas, di mana 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 reaktivitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas masing-masing pozzolan ini adalah sebagai berikut, (Murdock dan Brook, 1991) :

a. Pozzolan kelas N

Yaitu pozzolan alam atau hasil pembakaran. Pozzolan yang dapat digolongkan dalam kelas ini seperti tanah diatomik, *apoline cherts* dan *shales, tuff*, serta abu vulkanik, di mana bisa diproses melalui pembakaran yang memiliki sifat pozzolan yang baik.

b. Pozzolan kelas C

yaitu jenis *fly ash* yang mengandung CaO di atas 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 fisika dan kimia pozzolan yang distandarkan ditunjukkan lebih jelas pada tabel 3.4 dan tabel 3.5

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

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

**Tabel 3.5** Sifat kimia standar pozzolan (Murdock dan Brook, 1991)

Sifat kimia bahan	N	C	F
SiO <sub>3</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

Menurut proses pembentukan atau asalnya di dalam ASTM 593-82, bahan pozzolan dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu sebagai berikut.

1. Pozzolan alam

Adalah bahan alam yang merupakan sedimen 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.

Jika sekam padi dibakar dalam kondisi terkontrol, maka abu sekam yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran memiliki sifat pozzolonik yang tinggi karena kandungan silikanya. Kandungan silika abu sekam padi lebih tinggi daripada *blast furnace slag* maupun abu terbang, dan hampir sama dengan *silica fume* (Sugita dkk, 1992). Abu sekam padi termasuk pozzolan buatan kelas N karena diperoleh melalui proses pembakaran. Pembakaran abu sekam padi membantu



menghilangkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak.

Karena keterbatasan alat maka pada penelitian ini abu sekam padi yang digunakan merupakan hasil pembakaran yang tidak terkontrol namun dipilih abu sekam padi yang tidak mengandung banyak karbon (C), ditandai dengan abu sekam padi berwarna abu-abu bersih tidak kehitam-hitaman. Abu sekam padi kemudian dihaluskan sampai lolos saringan 200 (75  $\mu\text{m}$ ).

Unsur kimia pokok abu sekam padi yang menguntungkan adalah silika, sebab pada kondisi yang sesuai dapat bereaksi dengan kapur bebas membentuk gel yang bersifat sebagai bahan perekat. Selain itu, pertimbangan lain dari penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pozzolan di negara berkembang sebagai negara penghasil beras adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan dan proses-proses produksinya relatif murah dibandingkan pembuatan semen portland (Swamy, 1986, dikutip dari Cook, 1980). Contoh komposisi kimia abu sekam padi hasil uji Ilham, dkk (2003) dapat dilihat pada tabel 3.6

**Tabel 3.6** Komposisi kimia abu sekam padi  
(Ilham dkk, 2003)

Unsur Kimia	Persen
Silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ )	86,49
Aluminium oxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	0,01
Ferric oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	0,91
Calcium oxide ( $\text{CaO}$ )	0,50
Magnesium oxide ( $\text{MgO}$ )	0,13
Sulphur trioxide ( $\text{SO}_3$ )	-
Potassium oxide ( $\text{K}_2\text{O}$ )	2,70
Phosphorus oxide ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	0,69

Sodium oxide (Na <sub>2</sub> O)	0,05
Titanium oxide (TiO <sub>2</sub> )	0,00
Mangan oxide (MnO)	0,07
Carbon (C)	3,21
Loss of ignition (LOI)	8,83

b. *Superplasticizer*

Salah satu jenis bahan tambah kimia yang dikenal dengan *superplasticizer* sebenarnya tidak berpengaruh langsung pada kekuatan beton. *Superplasticizer* berfungsi untuk meningkatkan *workability* terutama pada penggunaan fas yang rendah. Dengan fas yang semakin kecil dan pemadatan yang sempurna akan menaikkan kekuatan tekan beton. Dengan adanya bahan tambah *superplasticizer* maka beton dengan fas rendah akan mudah dikerjakan sehingga pemadatan dapat dilaksanakan dengan mudah (Nilson dan Winter, 1991).

Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton akan menyebabkan menurunnya kebutuhan air sampai 30 % tanpa menurunkan workabilitas sehingga kekuatan beton bertambah (Subakti, 1995).

Peranan *superplasticizer* pada beton selain sebagai *plasticizer* juga untuk mengurangi penyusutan beton, meningkatkan *surface finishing*, mengurangi permeabilitas, dan kemungkinan untuk tujuan tertentu yang secara ekonomis dapat dipertanggungjawabkan (Ramachandra, 1984, dikutip dari penelitian Subakti).

Kemampuan *superplasticizer* untuk menaikkan *slump* beton tergantung pada dosis, waktu penambahan, faktor air semen, jumlah dan sifat dasar semen, temperatur udara, jumlah dan sifat dasar agregat (Subakti,1995).

Keuntungan pemakaian *superplasticizer* dalam campuran beton sebagai berikut ini (Subakti,1995).

1. Pada pembuatan beton kinerja tinggi umumnya menggunakan fas rendah yang berakibat *workability* dari campuran beton rendah. Dengan penambahan *superplasticizer* pada campuran beton maka dapat meningkatkan *workability* campuran beton tersebut.
2. Dibandingkan dengan campuran beton yang mempunyai fas normal, penambahan *superplasticizer* mempunyai sifat-sifat yang lebih baik.
3. Memperlambat proses hidrasi semen dengan jalan menghambat hidrasi silikat dan hidrasi aluminat sehingga memperlambat *setting time*.

Akan tetapi penggunaan *superplasticizer* yang terlalu banyak dapat mengganggu pengikatan campuran beton sehingga proses hidrasi semen tidak terjadi dengan baik atau tidak sempurna.

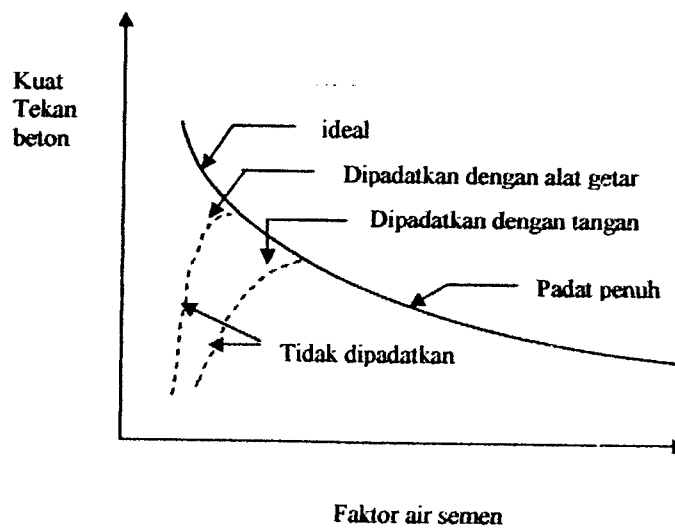
### 3.3 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Hubungan faktor air semen (fas) dan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams pada tahun 1919 sebagai berikut (Kardiyono, 1992).

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

Dimana :  $f'c$  = kuat desak beton  
 $x$  = faktor air semen  
 $A,B$  = konstanta

Dari rumus di atas tampak bahwa semakin rendah nilai faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah pula (lihat Gambar 3.2). Hal ini terjadi jika faktor air semen terlalu rendah sehingga adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai faktor air semen tertentu yang optimum yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimum.



**Gambar 3.2** Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan beton  
 (Kardiyono, 1992)

### 3.4 Slump

*Slump* merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin besar nilai *slump* berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan (Kardiyono, 1992). Nilai *slump* untuk berbagai macam struktur dapat dilihat pada tabel 3.7 sebagai berikut.

**Tabel 3.7** Nilai *slump* berdasarkan penggunaan jenis elemen atau struktur (Kardiyono, 1992)

Pemakaian jenis Elemen/Struktur	Maks (cm)	Min (cm)
▪ Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
▪ Pondasi telapak tidak bertulang dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
▪ Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
▪ Perkerasan jalan	7,5	5,0
▪ Pembetonan massal	7,5	2,5

Pengujian *slump* dirancang di Amerika dan dipakai secara luas sebagai alat pemeriksa konsistensi beton di lapangan. Pengujian *slump* menggunakan alat berupa corong dengan tinggi 300 mm, diameter dasar 200 mm dan diameter atas 100 mm. Nilai *slump* lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja. Bila nilai *slump* sama akan tetapi nilai *fas* berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi. (Kardiyono, 1995)

### 3.5 *Workability*

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan adukan beton untuk dikerjakan, termasuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton, secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Adukan dengan tingkat kelecakan yang tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *bleeding*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air.

Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut (Kardiyono,1992).

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan *mix design*.
2. Pasir yang dipakai memiliki bentuk yang seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yang digunakan.

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan tujuan, serta pembahasan 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. Penelitian ini dilakukan di laboratorium bahan konstruksi

Teknik Universitas Islam Indonesia, meliputi :

- a. pemeriksaan bahan campuran beton
- b. perencanaan campuran beton
- c. pembuatan campuran beton
- d. pengujian slump
- e. pembuatan benda uji

f. perawatan benda uji,

g. pengujian benda uji.

4. Tahap analisis 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 penarikan kesimpulan

Dari hasil pengujian di laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab permasalahan dan tujuan penelitian.

#### **4.2 Bahan campuran beton**

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

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen jenis I merk Gresik kemasan 50 kg.

2. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm.

3. Agregat halus

Agregat halus digunakan pasir dari sungai Boyong, Sleman, Jogjakarta.



#### 4. Air

Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

#### 5. Bahan pozzolan

Penelitian menggunakan bahan pozzolan berupa abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) yang merupakan hasil limbah pembakaran bata di daerah Sindumartani Sleman, Jogjakarta, yang tidak dikontrol namun mengandung sedikit karbon (C), kemudian dihaluskan sampai lolos ayakan no.200.

#### 6. *Chemical Admixture*

Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah beton (*chemical admixture*) berupa *superplasticizer*. Digunakan 3 jenis *superplasticizer*, yaitu *superplasticizer* mutu rendah (Sikament NN), menengah (Viscocrete 10) dan tinggi (Viscocrete 5).

### 4.3 Alat-alat yang digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 4.1** Alat-alat yang digunakan

No	Alat	Kegunaan
1	Ayakan	Menyaring agregat
2	Cangkul	Mengaduk agregat
3	Cetakan kubus	Tempat mencetak benda uji
4	Ember	Menampung agregat
5	Gelas ukur	Menakar air
6	Kerucut Abrams	Pengujian slump

7	Kaliper dan meteran	Mengukur dimensi benda uji
8	Kolam perendaman	Perawatan beton
9	Mesin siever	Pengayak mekanik
10	Mesin uji	Uji desak, geser beton
11	Oven	Pengering agregat
12	Penggaris	Mengukur slump
13	Piring logam	Menampung agregat di oven
14	Sekop kecil	Memasukkan adukan ke dalam cetakan
15	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
16	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
17	Mollen	Mengaduk beton

#### 4.4 Pemeriksaan bahan campuran beton

##### 4.4.1 Pemeriksaan kadar lumpur

Tujuannya ialah untuk mengetahui kadar lumpur yang dikandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Pada agregat ini kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 5 %.

Langkah-langkah pengujian kandungan lumpur pasir adalah sebagai berikut.

1. Piring/cawan yang digunakan sebagai tempat pasir ditimbang terlebih dahulu.  
Letakkan pasir ke dalam piring tersebut, kemudian dioven selama 24 jam.
2. Ambil pasir yang telah dioven sebanyak 100 gram, masukkan ke dalam gelas ukur 250 cc, kemudian isi gelas tersebut dengan air bersih setinggi 12 cm di atas muka pasir (seperti gambar 4.1)
3. Gelas ukur dikocok  $\pm$  25 kali selama  $\pm$  1 menit. Bila air pada gelas masih keruh maka air tersebut dibuang dan diisi kembali.

4. Percobaan 3 diulangi beberapa kali sampai air dalam gelas ukur jernih.
5. Pisahkan pasir dengan air, letakkan pasir dalam piring, lalu dioven pada suhu  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 36$  jam.
6. Pasir dikeluarkan dari oven untuk didinginkan, lalu ditimbang.

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{B_0 - B}{B} \times 100\% \quad (4.1)$$

Keterangan :  $B_0$  = Berat pasir sebelum dioven (gram)

$B$  = Berat pasir setelah dioven (gram)

#### 4.4.2 Kadar air dan serapan air agregat halus dan kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui prosentase berat air yang mampu diserap agregat serta banyaknya air yang terkandung dalam agregat.

Serapan efektif dinyatakan dengan banyaknya jumlah yang diperlukan agregat dalam kondisi kering ( $W_{KU}$ ) menjadi SSD ( $W_{SSD}$ ), dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut:

$$S_{ef} = \frac{W_{SSD} - W_{KU}}{W_{SSD}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Keterangan :  $S_{ef}$  = Serapan efektif (%)

$W_{SSD}$  = Berat agregat dalam kondisi SSD (gram)

$W_{KU}$  = Berat agregat dalam kondisi kering udara (gram)

Kadar air biasanya dinyatakan dalam persen. Jika agregat basah ditimbang, kemudian dikeringkan dalam tungku (oven) pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap, maka kadar air agregat basah itu dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{W - Wk}{Wk} \times 100\% \quad (4.3)$$

- Keterangan : K = Kadar air (%)  
 W = Berat agregat basah (gram)  
 W<sub>k</sub> = Berat agregat kering tungku (gram)

Agregat yang jenuh-air (pori-porinya terisi penuh oleh air), namun permukaannya kering sehingga tidak mengganggu air bebas di permukaannya disebut agregat jenuh kering muka. Jika agregat yang jenuh kering muka ini kemudian dimasukkan ke dalam tungku pada suhu 105°C sampai beratnya tetap, maka kadar air agregat jenuh kering muka dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$K_{jkm} = \frac{W_{jkm} - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (4.4)$$

- Keterangan : K<sub>jkm</sub> = Kadar air agregat jenuh kering muka (%)  
 W<sub>jkm</sub> = Berat agregat jenuh kering muka (gram)  
 W<sub>k</sub> = Berat agregat kering tungku (gram)

#### 4.4.3 Pemeriksaan berat jenis agregat kasar dan halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat yang akan digunakan. Benda uji dikeringkan selama 24 jam dalam oven, kemudian ditimbang sebanyak 400 gr, setelah itu dimasukkan ke dalam gelas ukur. Siapkan air sebanyak 500 cc. Tuangkan air tersebut ke dalam gelas yang sudah terisi benda uji. Amati gelas ukur.

$$\text{Berat jenis (BJ)} = \frac{W}{V_2 - V_1} \quad (4.5)$$

- Keterangan : W = berat agregat (gram)  
 V<sub>1</sub> = volume air (cc)

$$V2 = \text{volume air} + \text{agregat (cc)}$$

#### 4.4.4 Analisa saringan dan modulus halus butiran

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

#### 4.5 Perencanaan campuran adukan beton

Adukan beton menggunakan hasil penelitian Ilham (2004), tentang formula perancangan campuran beton kinerja tinggi. Dalam hal ini perencanaan campuran untuk 1 m<sup>3</sup>. Adapun proporsi campuran untuk 1 m<sup>3</sup> beton dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Proporsi campuran beton

Kadar ASP (%)	Semen (kg)	ASP* (kg)	Air (kg)	SP** (lt)	Pasir (kg)	Batu pecah (kg)
9	404	36	176	4	733,01	1083,15
12,5	385	55	176	4	711,65	1049,85

Keterangan : \* = abu sekam padi  
 \*\* = superplasticizer

Variasi campuran bahan tambah dikelompokkan menjadi beberapa bagian. Untuk memudahkan, peneliti melakukan identifikasi pengelompokan tersebut yaitu.

1. A9SPI = Beton dengan kandungan abu sekam padi 9 % dan superplasticizer jenis viscocrete 10
2. A9SPII = Beton dengan kandungan abu sekam padi 9 % dan superplasticizer jenis viscocrete 5

3. A9SPIII = Beton dengan kandungan abu sekam padi 9 % dan superplasticizer jenis sikament NN
4. A12,5SPI = Beton dengan kandungan abu sekam padi 12,5 % dan superplasticizer jenis viscocrete 10
5. A12,5SPII = Beton dengan kandungan abu sekam padi 12,5 % dan superplasticizer jenis viscocrete 5
6. A12,5SPIII = Beton dengan kandungan abu sekam padi 12,5 % dan superplasticizer jenis sikament NN

#### 4.6 Pengujian slump

Pada penelitian ini dipakai nilai *slump*  $\geq$  180 mm dan dilakukan penambahan superplasticizer pada proses pencampuran beton bila nilai *slump* tidak sesuai dengan perencanaan.

##### 4.6.1 Peralatan pengujian

Untuk melaksanakan pengujian slump beton diperlukan peralatan sebagai berikut. (SK SNI M-12-1989-F)

1. Cetakan dari logam tebal minimal 1,2 mm berupa kerucut terpancung (*cone*) dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian atas 102 mm, dan tinggi 305 mm. Bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat.
3. Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata dan kedap air.
4. Sendok cekung tidak menyerap air.

#### 5. Mistar ukur.

Pengambilan benda uji harus dari contoh beton segar yang mewakili campuran beton.

#### 4.6.2 Cara pengujian

Untuk melaksanakan pengujian slump beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah.
2. Letakkan cetakan di atas pelat dengan kokoh.
3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira-kira  $\frac{1}{3}$  isi cetakan. Setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama penusukan bagian tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
4. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan, kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit.

#### 4.6.3 Pengukuran slump

Pengukuran *slump* harus segera dilaksanakan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji; untuk

mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata-rata.

#### 4.7 Pembuatan benda uji

Setelah perhitungan proporsi campuran beton didapat, maka selanjutnya adalah benda uji melalui tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Bahan-bahan disiapkan dan ditimbang dengan proporsi yang telah ditentukan sesuai dengan rencana. Saat penimbangan, agregat kasar dan halus dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD).
2. Siapkan cetakan kubus, setelah itu bagian dalam cetakan diolesi dengan minyak pelumas agar nantinya saat cetakan dilepas permukaan beton tidak lengket.
3. Prosedur pengadukan beton dengan mesin dilakukan dengan memasukkan bahan-bahan susun beton yang terdiri dari kerikil, pasir, semen dan abu sekam padi kemudian diaduk sampai bahan-bahan tersebut homogen. Air yang sebelumnya telah dicampurkan dengan *superplasticizer* kemudian ditambahkan secara bertahap agar merata ke seluruh bagian campuran, kemudian aduk kembali sampai campuran homogen.
4. Adukan yang telah merata segera dituangkan dalam bak penampung beton segar, kemudian dilanjutkan dengan pengujian *slump*. Jika nilai *slump* belum memenuhi yang disyaratkan yaitu  $\pm 180$  mm, beton segar harus segera dimasukkan kembali ke dalam mesin kemudian ditambahkan *superplasticizer* hingga dicapai nilai *slump* yang disyaratkan. Setelah dicapai besarnya nilai *slump* yang dikehendaki kemudian hasilnya dicatat.



5. Beton segar segera dituangkan ke dalam cetakan yang telah diolesi dengan minyak pelumas sebelumnya.
6. Bersamaan dengan masuknya beton ke dalam cetakan, dilakukan pemadatan adukan beton dengan cara ditusuk-tusuk menggunakan tongkat besi pada pengisian 1/3 tinggi cetakan, dilanjutkan dengan pengisian sampai 2/3 dari tinggi cetakan lalu dipadatkan dengan cara ditusuk dan pengisian ketiga sampai tinggi permukaan cetakan penuh lalu ditusuk-tusuk. Ratakan bagian atas.
7. Setelah 1 hari cetakan dibuka, kemudian dilakukan perawatan.

#### **4.8 Perawatan benda uji**

Perawatan beton dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak yang terisi air agar mendapatkan pengerasan beton yang optimal. Fungsi dari perawatan adalah menghindarkan kehilangan zat cair dan penguapan setelah benda uji dilepas dari cetakan. Perawatan dengan cara merendam sangat efektif, sebab permukaan agregat menjadi dingin akibat penguapan yang sangat cepat dan penyerapan air yang diakibatkan oleh batu-batuan yang porous dapat dikurangi. Bila hal ini tidak dilakukan, nantinya akan didapatkan beton yang kurang kuat dan timbul retak-retak.

Setelah beton dibiarkan mengeras dalam cetakan selama 24 jam kemudian cetakan dibuka dan beton siap untuk dilakukan perawatan dengan direndam dalam bak perendaman.

#### 4.9 Jumlah Benda uji

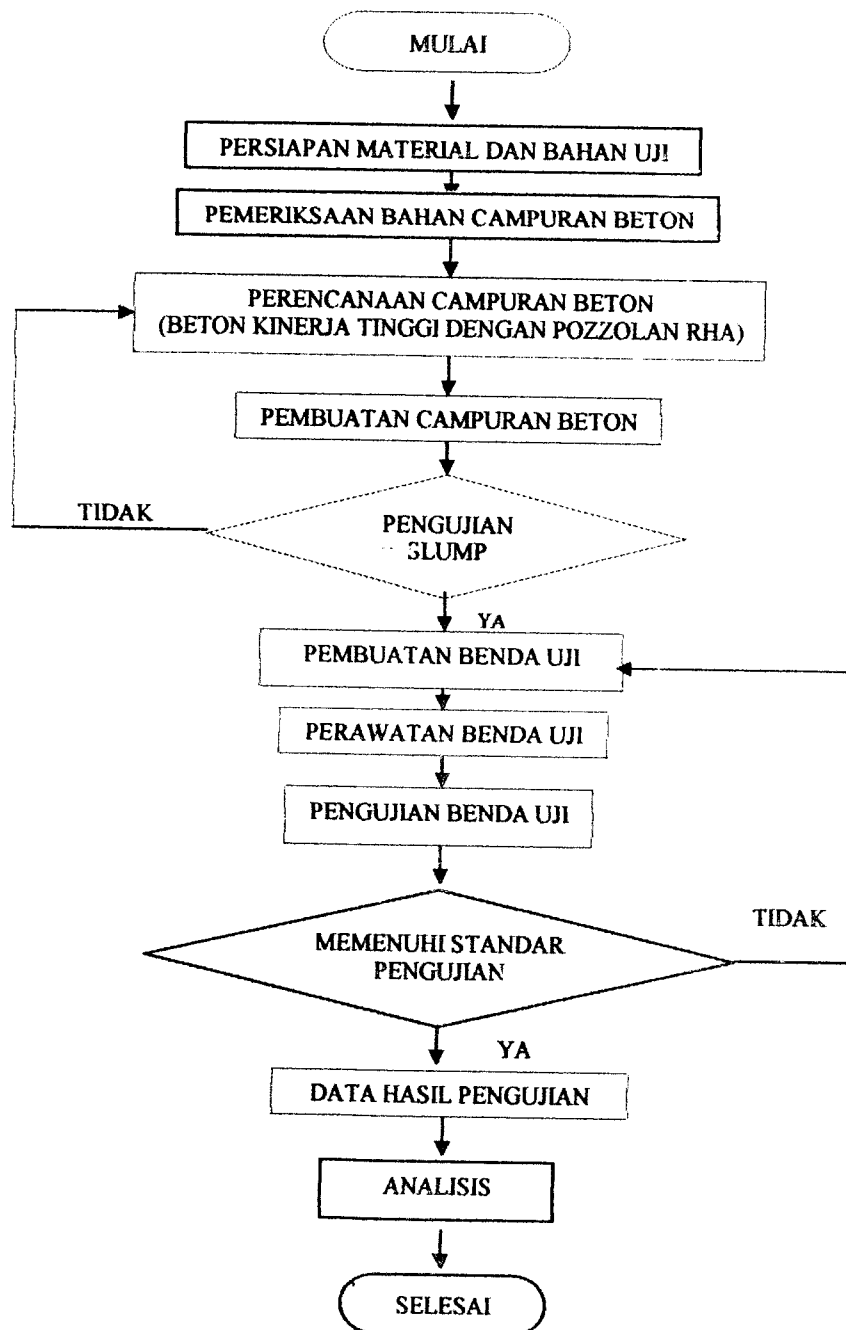
Dalam pengujian ini digunakan cetakan kubus dengan sisi  $15 \times 15 \times 15$  cm. Benda uji dibuat sebanyak 108 buah. Pada tahap pertama untuk pengujian kuat desak masing-masing terdiri dari 5 sampel untuk setiap variasi campuran sehingga jumlah total sampel pada tahap pertama sebanyak 90 sampel seperti terlihat pada tabel 4.3 dan pada tahap kedua untuk uji kuat geser dibuat sebanyak masing-masing 3 sampel untuk setiap variasi campuran sehingga jumlah total sampel pada tahap kedua sebanyak 18 sampel. Dalam penelitian ini total benda uji yang digunakan sebanyak 108 sampel.

**Tabel 4.3** Jumlah benda uji

No	Variasi beton	Kuat desak			Jumlah	Kuat geser
		Umur (hari)				Umur 28
		3	7	28		hari
1	A9SPI	5	5	5	15	3
2	A9SPII	5	5	5	15	3
3	A9SPIII	5	5	5	15	3
4	A12,5SPI	5	5	5	15	3
5	A12,5SPII	5	5	5	15	3
6	A12,5SPIII	5	5	5	15	3
Jumlah Total					90	18

#### 4.10 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam tugas akhir ini dijabarkan seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Bagan alir (*flowchart*) pelaksanaan penelitian

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil pengujian, pembahasan, dan analisis data hasil penelitian berdasarkan teori yang mendukung analisis.

#### **5.1 Hasil Penelitian**

Sebelum tahap pembuatan adukan dilakukan serangkaian pengujian bahan-bahan yang akan digunakan dalam adukan beton yang meliputi : pengujian berat jenis agregat halus dan kasar, pengujian kandungan lumpur, kadar air, serapan air, berat volume padat, dan lain-lain.

Tanah liat dan lumpur biasanya tercampur pada kerikil dan deposit pasir. Dalam jumlah yang cukup banyak dapat mengurangi kekuatan beton (Murdock dan Brook, 1979). Dari pengujian yang dilakukan di laboratorium didapatkan hasil bahwa agregat halus yang digunakan yaitu pasir dari sungai Boyong, Sleman, Jogjakarta memiliki prosentase kandungan lumpur sebesar 1,5 %. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 4,8 % (ditentukan terhadap berat kering) yang dapat diartikan bahwa lumpur adalah bagian pasir yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5 % maka agregat halus harus dicuci (PBBI, 1971). Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut dapat digunakan sebagai campuran adukan beton dan tidak perlu dicuci terlebih dahulu.

Prosentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut sebagai serapan air (Mulyono, 2004). Serapan air dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau *saturated surface dry* (SSD). Dari hasil pengujian didapat bahwa kadar air yang terkandung dalam agregat halus adalah 0,504 % sedangkan pada agregat kasar sebesar 0,368 %, sedangkan penyerapan air pada agregat halus 1,413 % dan agregat kasar 0,884 %.

Modulus halus butir/MHB (*finnes modulus*) ialah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Kardiyono, 1992). MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas 1 set ayakan (40; 20; 10; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; dan 0,15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Kardiyono, 1992). Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya (Mulyono, 2004). Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,5-3,8 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5-8. Berdasarkan hasil pengujian didapat hasil nilai MHB untuk agregat halus adalah 2,98 sedangkan agregat kasar adalah 7,2 (lampiran 3). Dari grafik pada lampiran 3 didapatkan hasil bahwa agregat halus tersebut masuk pada daerah I, yaitu jenis pasir kasar.

Setelah seluruh rangkaian pengujian dilakukan terhadap benda uji desak dan geser didapat hasil antara lain beban desak maksimum dan beban geser maksimum untuk beton dengan campuran abu sekam padi sebanyak 9 % dan 12,5 % dari kebutuhan semen. Data yang didapat dari pengujian tersebut dapat dilihat pada lampiran 3. Tabel-tabel tersebut disusun sesuai dengan variasi

abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen serta jenis *superplasticizer* yang digunakan.

## 5.2 Berat Volume Beton

Berat volume beton merupakan perbandingan antara berat beton dengan volume beton yang sangat tergantung dari komposisi material adukan beton yang direncanakan. Dari hasil penelitian di laboratorium didapat volume beton keras dan prosentase peningkatan maupun penurunan berat terhadap berat beton rencana seperti terlihat pada tabel 5.1

**Tabel 5.1** Berat Volume Beton

Variasi	Berat volume beton kering (kg/cm <sup>3</sup> )	Berat volume beton rencana (kg/cm <sup>3</sup> )	peningkatan (%)
A9SPI	2438,40	2436,16	0,09
A9SPII	2442,66		0,27
A9SPIII	2440,02		0,16
A12,5SPI	2416,92	2381,5	1,49
A12,5SPII	2404,24		0,96
A12,5SPIII	2407,35		0,96

Dari hasil penelitian pada tabel 5.1 dapat diketahui bahwa berat volume beton terbesar terdapat pada variasi A9SPII yaitu 2442,66 kg/cm<sup>3</sup> dengan peningkatan berat volume sebesar 0,27 % dari berat volume rencana. Berat volume beton terkecil terdapat pada variasi A12,5SPII yaitu 2404,24 kg/cm<sup>3</sup> dengan peningkatan berat volume sebesar 1,26% dari berat volume rencana.



Dari data tersebut dapat diketahui bahwa berat volume beton keras dapat menjadi indikator kekuatan beton, semakin besar nilai berat volume beton keras semakin tinggi kuat desaknya. Menurut Murdock dan Brook (1986) pada umumnya berat volume beton yang lebih ringan akan menghasilkan kekuatan yang rendah.

Prosentase perbandingan berat volume beton secara keseluruhan mengalami peningkatan. Berat beton yang ada sangat bervariasi, hal ini dikarenakan pengaruh proporsi campuran beton dan proses pemadatan beton segar. Lebih lanjut menurut Murdock dan Brook (1986) menyebutkan bahwa kekuatan yang lebih besar dapat dicapai dengan mempergunakan campuran yang lebih “kaya” semen serta memadatkannya sampai berat volume beton yang lebih besar.

Kepadatan beton juga berpengaruh terhadap berat volume beton dan kuat tekan beton. Semakin tinggi kepadatan, maka berat volume beton juga semakin meningkat. Peningkatan ini sejalan dengan peningkatan kekuatannya (Ilham, 2005). Menurut Wiegrink dkk. (1996), campuran dengan kandungan air yang lebih rendah dan pengaruh *filler* dari butiran *Silica Fume* yang sangat halus menyebabkan berat volume beton meningkat. Fukuda dkk. (1991) juga mengatakan bahwa pengurangan faktor air-semen dapat meningkatkan berat volume beton. Menurut Ilham (2005), dengan ukuran abu sekam padi yang halus ( $75 \mu\text{m}$ ), maka beton akan memiliki kepadatan/berat volume yang tinggi. Hal ini menunjukkan pengaruh *filler* memiliki peranan yang besar pada berat volume aktual dan akan menghasilkan beton yang lebih padat.

### 5.3 Workabilitas

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, dituang, dan dipadatkan. Dengan adanya perbedaan komposisi bahan pada tiap-tiap *mix design*, maka nilai *slump* yang dihasilkan juga bervariasi seperti yang tertera dalam Tabel 5.2, namun masih memenuhi yang direncanakan ( $\geq 180$  mm). Semakin besar nilai *slump* berarti adukan beton semakin encer sehingga tingkat workabilitasnya semakin tinggi. Untuk menjaga agar nilai *slump* memenuhi yang direncanakan maka kadar *superplasticizer* (SP) hasil perhitungan campuran adukan beton ditambah sampai nilai *slump* minimal tercapai sedangkan kadar airnya tetap.

Keperluan air untuk abu sekam padi (ASP) cukup tinggi (Loo dkk.,1984) dan Ramli (1993) mendapati bahwa semakin tinggi kandungan ASP, diperlukan jumlah air yang lebih banyak untuk mencapai *workability* beton kinerja tinggi. Untuk mencapai kekuatan tinggi rasio air-binder harus rendah, maka untuk menjaga *workability* peran air digantikan oleh SP.

**Tabel 5.2** Nilai *slump* (mm) pada tiap variasi

Variasi	Kebutuhan SP ( $l/m^3$ )	Slump (mm)
A9SPI	4,6	180
A9SPII	5,9	200
A9SPIII	6,6	200
A12,5SPI	4,7	190
A12,5SPII	5,9	200
A12,5SPIII	7,0	210



Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa untuk beton dengan penambahan *superplasticizer* jenis I (viscocrete 5) mengalami kesulitan dalam pengerjaan pengadukan beton dibandingkan dengan penambahan *superplasticizer* jenis II (Viscocrete 10) dan jenis III (Sikament NN). Untuk beton dengan penambahan *superplasticizer* jenis II (Viscocrete 10) dan jenis III (Sikament NN) lebih mudah untuk diaduk, dituang dan dipadatkan, karena nilai *slump*-nya yang relatif lebih tinggi dibandingkan beton dengan penambahan *superplasticizer* jenis I. Kedua jenis tersebut dalam proses pemadatan tidak menemui banyak kesulitan dikarenakan beton segar tersebut mengeras dalam tempo relatif lebih lama. Pada penambahan *superplasticizer* jenis I, adukan beton mengalami pengerasan lebih cepat sehingga sulit untuk diaduk, dituang dan dipadatkan. Hal ini disebabkan *superplasticizer* jenis I mengandung *hardener* (berdasarkan manual), sedangkan *superplasticizer* jenis II dan III tanpa *hardener*.

Dilihat dari kandungan abu sekam padinya maka nilai *slump* beton ASP dengan kandungan sebanyak 12,5 % dan 9 % relatif sama, perbedaan yang terjadi disebabkan dosis SP yang dicampurkan. Menurut Loo dkk. (1984) dan Ramli dkk. (1993) semakin tinggi kandungan ASP, diperlukan jumlah air yang lebih banyak untuk mencapai *workability* beton kinerja tinggi. Fakta menunjukkan ada hubungan yang paralel antara peningkatan kandungan air dan ASP, seperti hasil penelitian Ikpong (1993) bahwa untuk *workability* yang sama, keperluan air untuk beton segar meningkat sebagaimana halnya peningkatan kandungan ASP. Secara umum, beton dengan kandungan ASP 12,5 % lebih mudah dikerjakan dibandingkan beton ASP 9 % dikarenakan nilai *slump* yang dihasilkan relatif

lebih tinggi, karena kebutuhan air untuk beton ASP 12,5 % lebih tinggi dari ASP 9 %.

#### 5.4 Analisis Kuat Desak beton

Secara umum, hasil pengujian sebagaimana pada lampiran IV memperlihatkan pengaruh penambahan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*) sebagai pengganti sebagian semen ke dalam adukan beton memperlihatkan hasil yang baik dimana kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari yang direncanakan yaitu 50 MPa dapat dicapai.

Pengujian kuat desak beton dilakukan pada benda uji umur 3, 7 dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton maksimum pada umur 28 hari terdapat pada variasi II, yaitu A9SPII dengan kuat tekan rata-rata sebesar 56,81 MPa. Dari penelitian juga diperoleh hasil bahwa beton abu sekam padi dengan prosentase 9 % menghasilkan kuat desak rata-rata lebih tinggi dibandingkan beton abu sekam padi 12,5 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

**Tabel 5.3 Kuat Desak Beton Rata-rata Umur 28 hari**

Variasi beton	Kuat tekan rata-rata (Mpa)		
	3 hari	7 hari	28 hari
A9SPI	34,05	44,66	54,32
A9SPII	33,48	40,73	56,81
A9SPIII	30,00	37,01	51,03
A12,5SPI	32,70	41,80	51,46
A12,5SPII	31,48	36,43	50,27
A12,5SPIII	30,99	36,34	50,94

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kuat desak beton umur 28 hari, beton dengan penambahan 9 % abu sekam padi mempunyai kuat desak lebih tinggi dibandingkan dengan beton dengan penambahan abu sekam padi sebanyak 12,5 %.

Telah diketahui bahwa abu sekam padi merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur atau semen, dan beton abu sekam padi memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal (Mehta dan Pitt, 1978), (Loo dkk.,1984), (Sugita, dkk., 1992), (Zhang dkk., 1996), dan (Mahmud dkk., 2002).

Pengaruh abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadinya reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam abu sekam padi. Selain itu, butiran abu sekam padi yang jauh lebih kecil ( $75 \mu\text{m}$ ) membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh abu sekam padi.

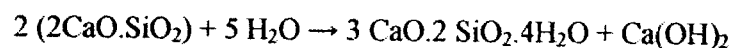
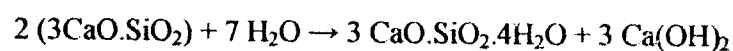
Kekuatan tinggi dapat dicapai diantaranya karena pengaruh penambahan abu sekam padi. Ada 2 kemungkinan pengaruh abu sekam padi yang menyebabkan tingginya kekuatan beton. Mekanisme pengaruh abu sekam padi dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Mekanisme Reaksi Pozzolonik *Rice Husk Ash*

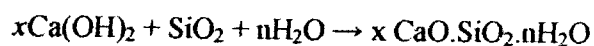
Abu sekam padi merupakan pozzolan yang memiliki sifat reaktif yang tinggi dengan kandungan silika yang sangat tinggi. Dengan sifat reaktifnya ini, beton memiliki kekuatan tinggi pada umur awal dan kekuatan sangat tinggi pada umur 28 hari atau lebih. Menurut Khangaokar dkk. (1992) reaksi antara ASP dan

kapur terbentuk gel yang mirip dengan sifat-sifat dasar pasta semen. Menurut Ilham, 2005 Kandungan unsur  $\text{SiO}_2$  abu sekam padi sebesar 86,49 % sangat mendukung untuk bereaksi dengan Kalsium Hidroksida hasil hidrasi semen.

Proses berlangsungnya reaksi pozzolonik terjadi pada media reaksi semen dan air, reaksi tersebut berlangsung sangat rumit. Secara sederhana reaksi semen dan air tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Sisa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang merupakan kapur bebas hasil hidrasi semen bereaksi dengan Silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung dalam abu sekam padi membentuk Kalsium Silikat Hidrate (C-S-H) yang berbentuk gel sama dengan yang dihasilkan semen dan air, dan mempunyai kemampuan seperti perekat. Menurut Brown (1999), dasar reaksi pozolan adalah sebagai berikut :



dengan  $0,833 \leq x \leq 1,7$

#### b. Mekanisme abu sekam padi sebagai *filler*

Selain disebabkan oleh reaksi pozzolonik abu sekam padi, mekanisme kedua yang menyebabkan penambahan kuat desak beton adalah terisinya pori-pori yang sebelumnya berisi air yang terperangkap oleh gel yang dihasilkan dari reaksi kapur bebas dengan abu sekam padi dikarenakan ukuran partikelnya sangat halus ( $75 \mu\text{m}$ ) yang mampu menempati rongga-rongga kosong di antara butiran-butiran partikel semen, agregat halus serta agregat kasar. Dengan sifat-sifat ini ASP sangat potensial untuk menghasilkan beton kuat tekan tinggi.

Berdasarkan pengamatan pada perawatan beton, pada keadaan fisik beton terlihat bahwa beton dengan penambahan abu sekam padi bila diangkat dari air, terdapat endapan berwarna putih di seluruh permukaan beton. Hal ini berarti bahwa reaksi  $\text{Ca(OH)}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  (pozzolan) berlangsung pada beton dan pada bagian tepi keluar ke permukaan beton. Keluarnya endapan putih ini berdampak pada peningkatan rongga beton, sehingga porositasnya menurun dan kepadatannya bertambah.

### **5.5 Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Desak**

Perawatan beton ialah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton selalu lembab sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras (Kardiyono, 1995). Kelembaban permukaan beton harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan akan menyebabkan beton kurang kuat dan timbul retak-retak.

Umur perawatan berpengaruh terhadap kekuatan beton. Beton (selain beton kuat awal tinggi) harus dirawat pada suhu di atas  $10^\circ\text{C}$  dan dalam kondisi lembab sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran, sedangkan beton kuat awal tinggi harus dirawat di atas  $10^\circ\text{C}$  dalam kondisi lembab sekurang-kurangnya 3 hari pertama.

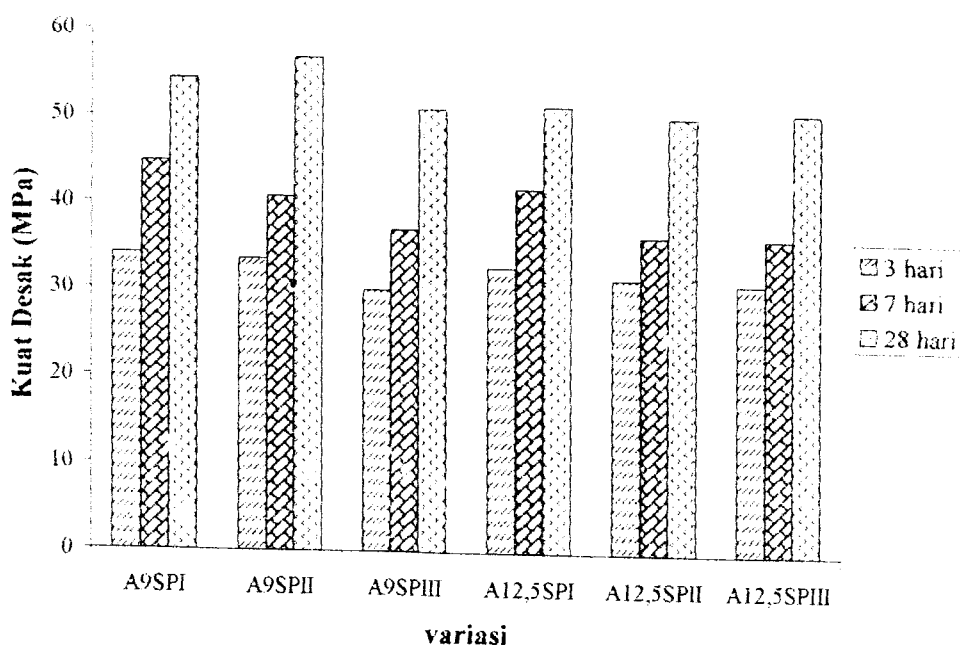
Setelah campuran beton terbentuk, benda uji berbentuk kubus ( $15 \times 15 \times 15$  cm) dapat dibuat. Benda uji yang telah dicetak selanjutnya dirawat selama 2,6 dan 27 hari dengan cara perendaman.

### 5.5.1 Prosentase peningkatan kuat desak beton

Tabel 5.4 memperlihatkan prosentase peningkatan kuat desak beton umur 7 hari terhadap kuat desak beton umur 3 hari, serta Gambar 5.1 dan 5.2 memperlihatkan grafik kuat desak beton serta prosentase peningkatan kuat desak beton umur 3 dan 7 hari.

**Tabel 5.4** Prosentase peningkatan kuat desak beton

Variasi	Kuat desak rata-rata (MPa)			Peningkatan terhadap 3 hari (%)		Peningkatan 28 terhadap 7 hari (%)	Pencapaian terhadap 28 hari (%)	
	3 hari	7 hari	28 hari	7 hari	28 hari		3 hari	7 hari
	A9SPI	34.05	44.66	54.32	31.16	59.53	21.63	62.68
A9SPII	33.48	40.73	56.81	21.65	69.68	39.48	58.93	71.70
A9SPIII	30.00	37.01	51.03	23.37	70.10	37.88	58.79	72.53
A12,5SPI	32.70	41.80	51.46	27.83	57.37	23.11	63.54	81.23
A12,5SPII	31.48	36.43	50.27	15.72	59.69	37.99	62.62	72.47
A12,5SPIII	30.99	36.34	50.94	17.26	64.38	40.18	60.84	71.34



**Gambar 5.1** Kuat desak beton umur 3, 7 dan 28 hari

Kuat desak rata-rata tertinggi pada umur 7 hari mencapai 44,66 MPa dengan peningkatan 31,15 % dari umur 3 hari yaitu 34,05 MPa pada beton A9SPI sedangkan kenaikan terendah pada beton A12,5SPII yaitu 15,71 % dengan kuat desak rata-rata umur 7 hari sebesar 36,43 MPa dari kuat desak rata-rata umur 3 hari sebesar 31,48 MPa.

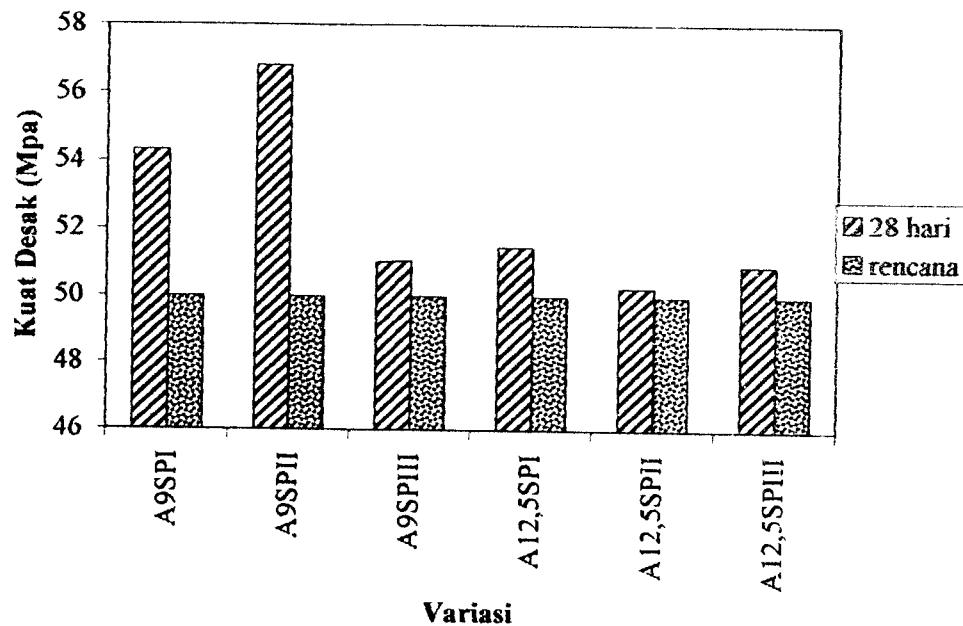
Kuat desak rata-rata tertinggi pada umur 28 hari mencapai 56,81 MPa dengan peningkatan 69,70 % dari umur 7 hari yaitu 40,73 MPa pada beton A9SPI sedangkan kuat desak terendah pada A12,5SPII yaitu 50,27 MPa dari umur 7 hari yaitu 36,43 MPa dengan kenaikan sebesar 37,99 %. Kenaikan tertinggi pada A12,5SPIII sebesar 40,16 % dan kenaikan terendah pada A9SPI sebesar 21,64 %.

#### 5.5.2 Prosentase peningkatan kuat desak beton umur 28 hari terhadap kuat desak beton rencana

Prosentase peningkatan kuat desak beton rata-rata pada umur 28 hari terhadap kuat desak beton rencana (50 MPa) dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

**Tabel 5.5** Prosentase peningkatan kuat desak beton umur 28 hari terhadap kuat desak beton rencana

Variasi Beton	Kuat desak rata-rata umur 28 hari (MPa)	Prosentase peningkatan (%)
A9SPI	54,32	8,65
A9SPII	56,81	13,62
A9SPIII	51,03	2,06
A12,5SPI	51,46	2,92
A12,5SPII	50,27	0,53
A12,5SPIII	50,94	1,87

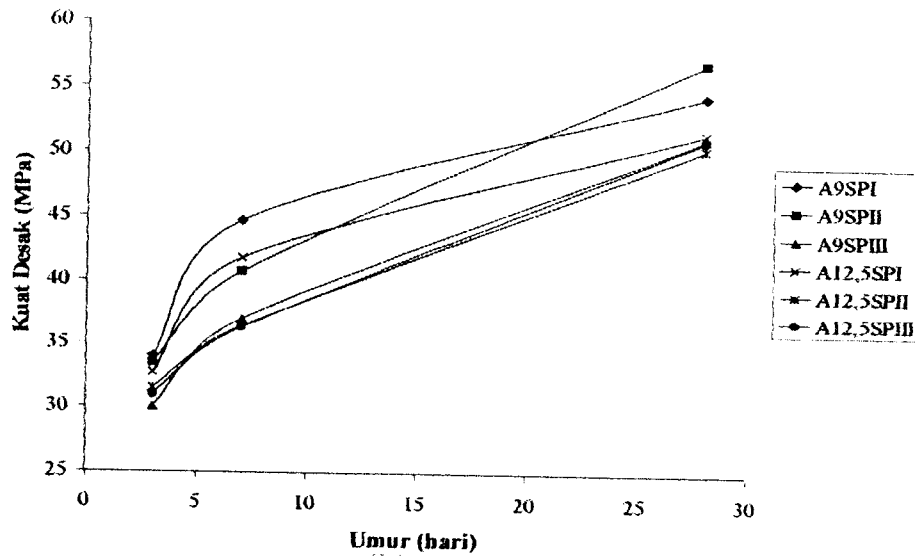


**Gambar 5.2** Kuat desak beton umur 28 dan kuat desak rencana (50 Mpa)

Dari Tabel 5.5 dan Gambar 5.2 dapat diketahui bahwa pada umur 28 hari kuat desak tertinggi mencapai 56,81 MPa dengan prosentase peningkatan kuat desak sebesar 13,62 % terhadap kuat desak rencana yaitu pada beton A9SPII. Pada beton A9SPI terjadi peningkatan sebesar 8,65 %, beton A9SPIII 2,06 %, beton A12,5SPI 2,92 %, beton A12,5SPII 0,53 % dan beton A12,5SPIII 1,87 %. Peningkatan terendah terjadi pada beton A12,5SPII yaitu 0,53 % dengan kuat desak sebesar 50,27 MPa.

Secara keseluruhan hubungan kuat desak benda uji kubus terhadap umur perawatan beton dapat dilihat pada gambar 5.3 di bawah ini.





**Gambar 5.3** Grafik hubungan kuat desak benda uji terhadap usia beton

Gambar 5.3 memperlihatkan hubungan antara umur perawatan dan kuat tekan beton dengan variasi kandungan ASP dan jenis SP yang digunakan. Beton A12,5SPII dan A12,5SPIII pada umur 7 hari menunjukkan kuat tekan yang rendah, sebenarnya ini adalah hal yang biasa pada beton ASP. Semakin tinggi penggantian ASP terhadap semen, kekuatan beton akan semakin rendah terutama pada umur muda (Ilham, 2003). Beton A9SPII pada umur 3 hari mempunyai kekuatan tekan paling tinggi dibandingkan beton variasi lainnya, dan terus meningkat pada umur 7 serta 28 hari. Pada umur 3 hari, beton A9SPII sudah menunjukkan kekuatan awal yang relatif tinggi walaupun tidak setinggi kuat tekan yang dicapai beton A9SPI, dan meningkat lagi pada umur 7 hari. Sedangkan pada umur 28 hari beton variasi ini menunjukkan peningkatan kekuatan yang signifikan. Beton A9SPIII pada umur 3 hari mempunyai kekuatan yang paling rendah dibanding variasi lainnya. Pada umur 7 hari mengalami peningkatan

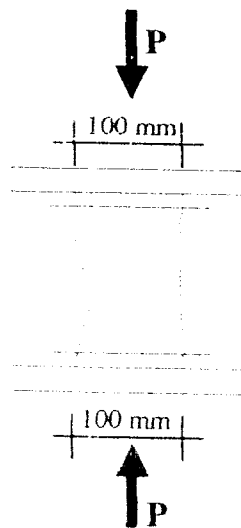
kekuatan walaupun tidak signifikan, namun mengalami peningkatan yang tinggi pada umur 28 hari. Beton A12,5 dengan SP1, SP2 dan SP3 menunjukkan kekuatan awal pada umur 3 hari yang tidak terlalu tinggi, namun terus meningkat pada umur 7 dan 28 hari, walaupun kuat tekan yang dihasilkan pada umur 28 hari tidak setinggi kekuatan beton variasi lainnya. Ini menunjukkan bahwa kandungan ASP optimum, beton ASP dapat mencapai kekuatan tinggi.

Dari penelitian terlihat bahwa semakin rendah kandungan ASP, kuat tekan semakin tinggi. Pada nilai rasio W/B yang sama tetapi dengan kandungan ASP lebih tinggi terlihat bahwa kuat tekan lebih rendah daripada campuran kandungan ASP rendah. Ini mungkin disebabkan oleh 2 hal, pertama karena campuran ASP belum mencapai kadar optimumnya dan yang kedua karena penambahan SP melampaui dosis optimumnya, atau kedua keadaan ini terjadi bersama. Dengan mengurangi kandungan ASP, kekuatan dapat meningkat sebagaimana yang diperlihatkan pada beton A9SPI, A9SPII dan A9SPIII. Jadi, dari hasil penelitian ini, kandungan optimum ASP adalah sekitar 9 % (lihat gambar 5.7). Ilham (2003) memperoleh 6 sampai 10 % untuk mencapai kekuatan antara 50 – 80 MPa. Mahmud dkk. (2002) melaporkan hasil kajiannya sekitar 5 % ASP untuk memperoleh kuat tekan 80 MPa, sedangkan Zhang dkk. (1996) memperoleh 15 % ASP untuk mencapai kekuatan yang lebih besar dibanding beton semen Portland pada umur 1, 7 dan 28 hari. Jadi berdasarkan hasil kajian para peneliti sebelumnya dapat disimpulkan bahwa kandungan ASP untuk mencapai kuat desak lebih besar dari 50 MPa berkisar antara 5 – 15 %. Pada penelitian ini kuat desak rencana 50 MPa dengan penggunaan kadar ASP 9 dan 12,5 % dapat tercapai.

## 5.6 Analisis Kuat Geser Beton

Kuat geser adalah kemampuan suatu komponen struktur atas penampang yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral (Mulyono, 2004). Pengaruh-pengaruh geser yang timbul merupakan akibat dari torsi dan kombinasi torsi dengan lentur (Wang dan Salmon, 1983). Kondisi kritis geser akibat lentur ditunjukkan dengan timbulnya tegangan-regangan tarik tambahan di tempat-tempat tertentu pada komponen struktur terlentur. Hal ini terjadi karena kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya, sehingga desain terhadap geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton (Nawy, 1990). Menurut ASTM.C.1018 ada 3 parameter dalam menentukan kuat geser dari benda uji yaitu bentuk, rasio tebal dengan panjang, dan konfigurasi pembebanan.

Pengujian geser langsung/murni dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



**Gambar 5.4** Pengujian Kuat Geser Beton Abu Sekam Padi

Hasil pengujian kuat geser yang merupakan geser murni/langsung dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut ini.

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Kuat Geser Beton

Variasi beton	Kuat Desak rata-rata ( $f_{cr}$ ) MPa	Kuat Geser rata-rata ( $f_{sh}$ ) MPa	Prosentase $f_{sh}$ terhadap $f_{cr}$ %	Perbandingan $\frac{f_{sh}}{f_{cr}}$
A9SPI	54,32	4,19	7,71	0,0771
A9SPII	56,81	4,08	7,18	0,0718
A9SPIII	51,03	4,63	9,07	0,0907
A12,5SPI	51,46	4,50	8,74	0,0874
A12,5SPII	50,27	4,65	9,25	0,0925
A12,5SPIII	50,94	4,10	8,05	0,0805
Rata-rata			8,33	0,0833

Dari hasil pengujian di laboratorium (Tabel 5.6), terlihat bahwa kuat geser tertinggi dicapai pada beton A12,5SPII sebesar 4,65 MPa. Dari keseluruhan hasil penelitian rata-rata kuat geser yang diperoleh mencapai > 4 MPa.

Prosentase perbandingan kuat geser dengan kuat desak rata-rata adalah 8,33 %. Jika menggunakan data pada Tabel 5.6, kuat geser dapat diprediksikan berdasarkan nilai kuat desak dengan persamaan sebagai berikut.

$$f_{sh} = 0,0833 \cdot f_c \quad (5.1)$$

dimana :

$f_{sh}$  = kuat geser murni/langsung (MPa)

$f_{cr}$  = kuat desak rata-rata (MPa)

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil-hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk rasio air-*binder* (PC+ASP) 0,4, kandungan ASP 9 dan 12,5 % terhadap berat *binder* dengan dosis SP antara 4,6 sampai 7 l/m<sup>3</sup> dapat memenuhi perencanaan kuat desak 50 MPa.
2. Pemakaian ASP sebanyak 9 % terhadap *binder* dengan menggunakan superplasticizer jenis viscocrete 10 dengan dosis 5,9 l/m<sup>3</sup> pada penelitian ini menghasilkan kuat desak maksimum sebesar 56,81 MPa pada umur 28 hari.
3. Kandungan ASP yang bersesuaian dengan dosis superplasticizer menghasilkan beton ASP yang memiliki kuat desak tinggi.
4. ASP hasil sisa pembakaran batu bata dengan pembakaran yang tidak dikontrol kemudian dihaluskan sampai lolos ayakan 75  $\mu$ m, dapat digunakan untuk menghasilkan kuat desak beton kinerja tinggi.
5. Pada rasio air-*binder* yang sama, jika kandungan ASP tinggi maka untuk mencapai *workability* yang diharapkan akan diperlukan dosis SP yang

lebih tinggi, dan sebaliknya, semakin rendah kandungan ASP maka SP yang diperlukan juga rendah.

6. Berdasarkan workability superplasticizer sika viscocrete 5 cocok untuk beton pra cetak, beton dengan pengurangan air tinggi (sampai 40 %) dan beton kekuatan tinggi. Sika viscocrete 10 dan sikament NN cocok untuk pondasi, dinding, kolom, dermaga, beton dengan kekuatan awal tinggi (elemen beton pracetak, beton prategang, jembatan dan struktur kantilever).
7. Kuat geser tertinggi dicapai oleh beton dengan kadar ASP 12,5 % dan SP Sika viscocrete 10 sebesar 4,65 MPa. Prosentasi kuat geser terhadap kuat desak rata-rata sebesar 8,33 %.
8. Kuat geser dapat diprediksikan berdasarkan nilai kuat desak dengan persamaan  $f_{sh} = 0,0833 \cdot f_c$ .

## 6.2 Saran

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

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan bahan tambah dengan kandungan ASP yang lebih bervariasi agar didapat kemungkinan kuat tekan yang lebih optimal,
2. Untuk perencanaan adukan beton dengan penambahan pozzolan perlu dilakukan komparasi dengan beberapa metode campuran yang lain

sehingga memberikan hasil yang cukup optimal dalam beberapa perencanaan.

3. Perlu dilakukan penelitian dengan pemadatan menggunakan alat yang lebih baik.
4. Perlu adanya penelitian tentang perbandingan kuat tekan dan kuat geser murni beton normal dengan beton abu sekam padi kinerja tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_, Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- \_\_\_\_\_, SK SNI M-28-1991-03, 1991, **Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton**, Yayasan Lembaga Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.
- \_\_\_\_\_, SK SNI T-15-1990-03, 1991, **Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal**, Yayasan Lembaga Penyelidik Masalah Bangunan, Bandung.
- \_\_\_\_\_, SK SNI 03-2002, 2002, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Ade Ilham, M.F.M. Zain, M.K. Yusuf, dan H.B. Mahmud, 2003, **Pengaruh Superplasticizer Terhadap Workability dan Kuat Tekan Beton Kinerja Tinggi dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi**, Teknisia, Vol.VIII No.1 (April), P.235 s/d 246
- Ade Ilham, 2004, **Kaedah Reka Bentuk Campuran dan Sifat-Sifat Konkrit Prestasi Tinggi Berkekuatan Antara 50 hingga 100 Mpa**, PhD. Tesis, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Ade Ilham, 2005, **Beton Kinerja Tinggi Sebagai Andalan Pembangunan Masa Depan**, Workshop Semen Gresik Edutainment, 7 Juli 2005, Jogjakarta.
- Amriadi dan Suhartanto, 2003, **Pengaruh Suhu Terhadap Kuat Desak Beton Berbahan Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) Sebagai Pengganti Sebagian Semen**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta..
- ASTM C 618-86, **Specification For Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan For Use as A Mineral Admixture in Portland Cement Concrete**, Annual Book of ASTM Standar, Philadelphia.
- Fukuda, M., Mizunuma, T., Izumi, T., Iizuka, M. & Hisaka, M. 1990, **Slump Control and Properties of Concrete With a New Superplasticizer. I: Laboratory studies and test methods**. Proceeding of *Admixture for*



- Concrete Improvement of Properties* by RILEM, Spain. London: Chapman and Hall. Pp. 10-9
- Gambhir, 1986, **Concrete Technology**, McGraw-Hill Publishing Company
- Hariny dan Luthfah, 2003, **Tinjauan Pemakaian Superplasticizer Pada beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Desak dan Kadar Optimum**, UII, Jogjakarta.
- Khangaokar, P.R., Azmi Rahmat and Kutty, K.G.J., 1992, **Kinetic Study of Hydrothermal Reaction Between Lime and Rice Husk Ash**, Cement and Concrete Research. Vol.22. Pp. 577-588.
- Loo, Y.C., Nimityoungskul, P. and Karasudhi, P., 1984, **Economical Rice Husk Ash Concrete Building, Research and Practice**, July-August. Vol.12(4). Pp 233-238
- Mahmud, H.B., Chia, B.S., and Hamid, N.B.A.A., 1997, **Rice Husk Ash and Alternative Material in Producing High Strength Concrete**. International Conference on Engineering Materials, June 1997, Ottawa, Canada. Pp 275-284
- Mehta, P.K. and Pirtz, D., 1978, **Use of Rice Husk Ash to Reduce Temperature in High-Strength Mass Concrete**. ACI Journal, February. (75-7).
- Mulyono, 2003, **Teknologi Beton**, Andi, Jogjakarta.
- Murdock L. J, Brook, K.M., 1986, **Bahan dan Praktek Beton**, Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, E. G., 1990, **Reinforce Concrete a fundamental Approach**, Terjemahan , Cetakan pertama, Bandung.
- Neville, A. M., 1990, **Properties of Concrete**, Third edition, Pitman, London.
- Ramli, M., 1993, **Durability of Ferrocement Floating Structures Containing Rice Husk Ash**, Fourth International Conference on Structural Failur, Durability and Retrofitting. Durability of Material and Structures, Singapura, July. Pp.288-294.
- Rifqi Dewobroto dan Surya Adinata, 1999, **Pengaruh Penggunaan Limbah Fly Ash dan Rice Husk Ash Terhadap Kuat Desak Beton**, Tugas Akhir

- Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Sugita, S., Shoya, M., dan Tokuda, H., 1992, **Evaluation of Pozzolanic Activity of Rice Husk Ash**, 4<sup>th</sup> International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolan in Concrete, Istanbul, 1992, Pp. 495-512.
- Swamy, 1986, **Concrete Technology and design Cement Replacement Materials**, Vol.3, Reader in Civil and Structur Engineering, University of Sneffield.
- Tjokrodimulyo Kardiyono, Ir., ME., 1992, **Bahan dan Praktek Beton**, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Triono Budi Astanto, 2001, **Konstruksi Beton Bertulang**, Kanisius, Jogjakarta.
- Wang, Chu Kia dan Salmon, Charles G, 1993, **Desain Beton Bertulang**, Terjemahan DR. Ir. Binsar Hariandja, Erlangga, Jakarta.
- Wiegink, K., Marikunte, S. dan Shah, S.P., 1996, **Shrinkage Cracking of High-Strength Concrete**. *ACI Materials Journal*. September-October. Vol. 93, No.5. pp. 409-415.
- Zhang, M.H., Lastra, R., and Malhotra, V.M., 1996, **Rice Husk Ash Paste And Concrete: Some Aspect Of Hydration And The Microstructure Of The Interfacial Zone Between The Aggregate And Paste**. Cement and Concrete Research

LAMPIRAN

# Lampiran I

Kartu Peserta tugas Akhir



### KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO	N A M A	NO.MHS.	BID.STUDI
1.	Ratna Dewi Sulistiyani	00 511 146	Teknik Sipil
2.	Neni Nur'aini	00 511 216	Teknik Sipil

#### JUDUL TUGAS AKHIR

Pengaruh Abu Sekam Padi terhadap Beton Kinerja Tinggi

PERIODE KE : III ( Mar 05 - Agst 05 )  
TAHUN : 2004 - 2005

**Berlaku mulai : 19-Mar-05 Sampai Akhir Agustus 05**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		MAR.	APR.	MEI.	JUN.	JUL.	AGT.
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen Pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA.						
6	Sidang - Sidang						
7	Pendadaran						

Dosen Pembimbing I : Ade Ilham ,Dr,Ir,MT

Dosen Pembimbing II : Ade Ilham, Dr,Ir,MT



Jogjakarta , 19-Mar-05  
a.n. Dekan

*(Signature)*  
Ir.H.Munadhir, MS

Sidang : \_\_\_\_\_  
Pendadaran : \_\_\_\_\_

# Lampiran II

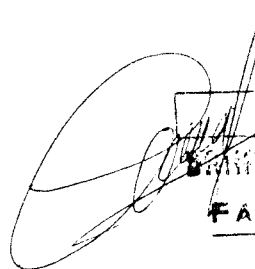
Hasil Pemeriksaan Bahan



### DATA PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR

Sebelum masuk tungku		
Berat cawan + pasir	263	gram
Berat cawan	163	gram
Berat pasir (Bo)	100	gram
Sesudah keluar dari tungku		
Berat cawan + pasir	258.2	Gram
Berat cawan	163	Gram
Berat pasir (B)	98,5	gram

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Berat kandungan lumpur pasir} &= \frac{(Bo) - B}{Bo} \times 100 \% \\
 &= \frac{100 - 98,5}{100} \times 100 \% \\
 &= 1,5 \% < 5 \% \rightarrow \text{tidak perlu dicuci}
 \end{aligned}$$

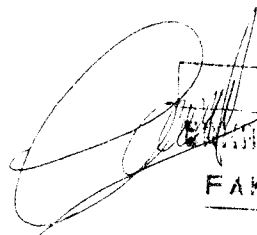

  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UJI



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

### HASIL PENGUJIAN KADAR AIR DAN SERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Uraian	Benda uji I	Benda uji II
Berat piring kosong ( $W_1$ )	149 gr	149 gr
Berat pasir + piring ( $W_2$ )	649 gr	649 gr
Berat pasir kering + piring ( $W_3$ )	646,5 gr	645 gr
Berat pasir SSD + piring ( $W_4$ )	655 gr	655 gr
Kadar air, $\frac{W_2 - W_3}{W_3} \times 100\%$	0,387 %	0,620 %
Kadar air rata-rata	0,504 %	
Serapan air, $\frac{W_4 - W_3}{W_4} \times 100\%$	1,298%	1,527%
Serapan air rata-rata	1,413%	

  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UJI

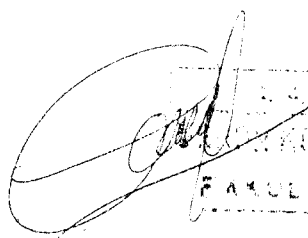




**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
 Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp.(0274) 895042, 895707 Yogyakarta

### HASIL PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Uraian	
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	494
Berat pasir kondisi jenuh kering muka, gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	979
Berat piknometer berisi air, gram (B)	662,4
Berat jenis curah, gram/cm <sup>3</sup> Bk/(B+500-Bt)	2,694
Berat jenis jenuh kering muka, gram/cm <sup>3</sup> 500/(B+500-Bt)	2,726
Berat jenis semu Bk/(B+Bk-Bt)	2,785

  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

### HASIL PENGUJIAN KADAR AIR DAN SERAPAN AIR AGREGAT KASAR

	Benda uji I	Benda uji II
Berat piring kosong (W1)	149 gr	149 gr
Berat kerikil + piring (W2)	947 gr	960 gr
Berat kerikil kering + piring (W3)	945 gr	955 gr
Berat kerikil SSD + piring (W4)	950 gr	967 gr
Kadar air, $\frac{W_2 - W_3}{W_3} \times 100\%$	0,212 %	0,524 %
Kadar air rata-rata	0,368 %	
Serapan air, $\frac{W_4 - W_3}{W_4} \times 100\%$	0,526 %	1,241 %
Serapan air rata-rata	0,884 %	

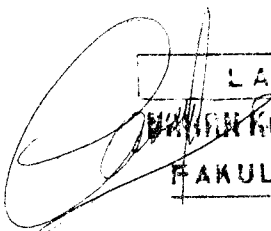
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UJI



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

### BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Uraian	Benda uji I	Benda uji II
Berat agregat (W)	500 gram	500 gram
Gelas ukur + air ( $V_1$ )	500 cc	500 cc
Gelas ukur + air + agregat ( $V_2$ )	690 cc	690 cc
Berat jenis $W/(V_2 - V_1)$	2,63	2,63
Berat jenis rata-rata	2,63	

  
LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII



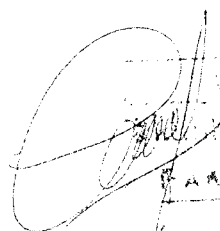
### DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT HALUS

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	persen lolos kumulatif (%)
40	-	-	-	
20	-	-	-	
10	-	-	-	
4.8	15	0.75	0.75	99.25
2.4	162	8.1	8.85	91.15
1.2	502	25.1	33.95	66.05
0.6	677	33.85	67.8	32.2
0.3	414	20.7	88.5	11.5
0.15	189	9.45	97.95	2.05
Sisa	41	2.05	-	
Jumlah	2000	100	297.8	

$$\text{Modulus Halus butir} = \frac{297,8}{100} = 2,978$$

### GRADASI PASIR

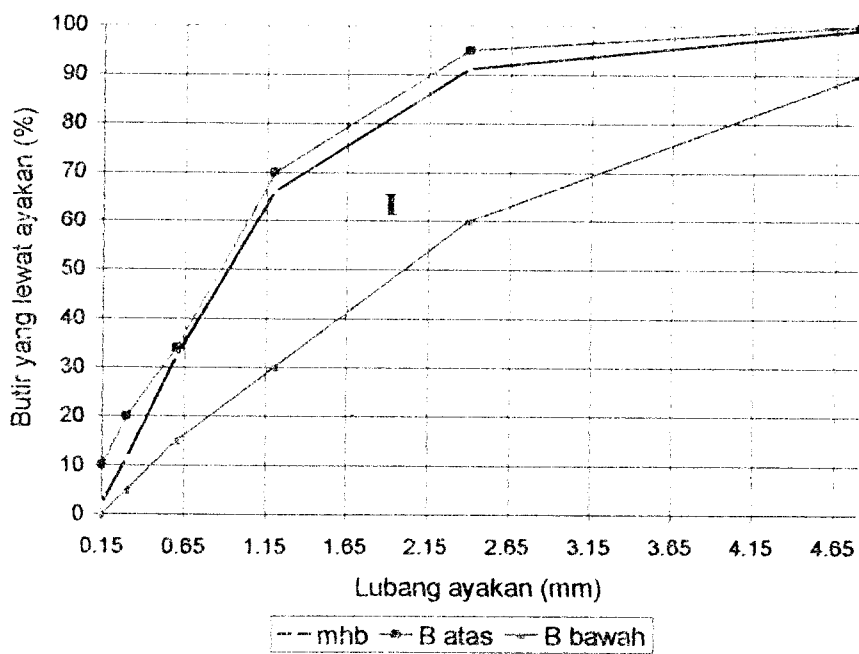
Lubang ayakan (mm)	Persen agregat yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2.4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1.2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0.6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0.3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0.15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Keterangan :  
 Daerah I : Pasir kasar  
 Daerah II : Pasir agak kasar  
 Daerah III : Pasir agak halus  
 Daerah IV : Pasir halus

**GRAFIK GRADASI PASIR**



Hasil analisis ayakan masuk daerah : I

Jenis pasir : Pasir kasar

*[Handwritten Signature]*  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

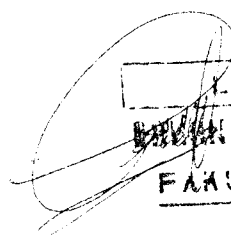
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

**DATA MODULUS HALUS BUTIR (MHB) AGREGAT KASAR**

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)
40	0	0	0
20	2500	50	50
10	1250	25	75
4.8	1200	24	99
2.4	50	1	100
1.2	0	0	100
0.6	0	0	100
0.3	0	0	100
0.15	0	0	100
Sisa	0	0	0
Jumlah	5000	100	724

$$\text{Modulus Halus butir} = \frac{724}{100} = 7,24$$


  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII

# Lampiran III

Hitungan Perencanaan Adukan Beton

**PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN ADUKAN BETON ABU  
SEKAM PADI (BASP) dengan KANDUNGAN ASP 9 %**

Hitungan komposisi campuran BASP untuk mendapatkan kuat tekan rencana,  $f_c' = 50$  MPa dengan benda uji kubus  $150 \times 150$  mm pada umur 28 hari dengan nilai slump  $> 180$  mm. Bahan-bahan yang digunakan adalah semen jenis I (ASTM C 150-92 1993) dengan berat jenis 3,15. Superplasticizer dengan kandungan solid 42 % dan berat jenis 1,2. Pasir dengan, berat jenis 2,785 (keadaan SSD), kandungan air dalam agregat 0,504 %, dan penyerapan air (SSD) 1,413 %. Agregat kasar berupa batu pecah dengan berat jenis 2,63 (keadaan SSD), kandungan air dalam agregat kasar 0,368 %, dan penyerapan air (SSD) 0,884 %. Abu sekam padi memiliki berat jenis 2,0.

- a. Tentukan faktor air-pengikat (W/B) dengan menggunakan grafik pada Gambar C.1 dan diperoleh,

$$W/B = 0,4$$

- b. Hitung berat semen dan berat pengikat untuk setiap  $1 \text{ m}^3$  beton dengan menggunakan grafik pada Gambar C.2 dan diperoleh,

$$\text{Pengikat atau binder, } B = 440 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Persentase ASP} = 9 \%$$

$$\text{Kandungan ASP} = 440 \times \frac{9}{100} = 36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen, } C = B - \text{ASP} = 440 - 36 = 404 \text{ kg/m}^3$$



Kandungan air campuran dapat diperoleh dari nilai W/B dan berat pengikat yang telah diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2,

$$\text{Kandungan air, } W = \frac{W}{B} \times B = 0,4 \times 440 = 176 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Tentukan volume SP ( $V_{sp}$ ) dengan menggunakan grafik pada Gambar C.3 dan diperoleh volume SP,

$$V_{sp} = 4 \text{ l/m}^3$$

Tentukan kandungan air SP

$$M_{sp} = V_{sp} \times G_s = 4 \times 1,21 = 4,84 \text{ kg/m}^3$$

$$V_w = \frac{100 - s}{100} \times V_{sp} \times G_s = \frac{100 - 42}{100} \times 4 \times 1,21 = 2,807 \text{ l/m}^3$$

Kandungan solid SP dan dosis SP

$$F = \frac{s}{100} \times V_{sp} \times G_s = \frac{42}{100} \times 4 \times 1,21 = 2,033 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Dos SP, } S_{sp} = \frac{F}{B} \times 100 = \frac{2,033}{440} \times 100 = 0,462 \%$$

c. Menentukan kandungan agregat

Untuk memperoleh kandungan pasir dan agregat kasar, terlebih dahulu dicari perbandingan pasir-agregat keseluruhan ( $P/AT = R$ ) dengan menggunakan grafik Gambar C.4 dan diperoleh,

$$\frac{P}{AT} = R = 0,404$$

kemudian berat agregat total (AT) dihitung dengan menggunakan persamaan volume mutlak bahan-bahan yaitu Persamaan 3,

$$\frac{1}{\gamma_w} \left( \frac{W}{G_w} + \frac{C}{G_c} + \frac{SP}{G_{sp}} + \frac{ASSP}{G_{asp}} + \frac{R \times AT}{G_p} + \frac{(1-R) \times AT}{G_b} \right) + k \times V_k = 1 \text{ m}^3$$

$$\frac{1}{1000} \left( \frac{176}{1} + \frac{404}{3,15} + \frac{4,84}{1,21} + \frac{36}{2,0} + \frac{0,404 \cdot TA}{2,785} + \frac{(1-0,404) \cdot TA}{2,63} \right) + 0,015 \times 1 = 1 \text{ m}^3$$

Berat agregat keseluruhan,  $AT = 1814,37 \text{ kg/m}^3$

Dengan menggunakan Persamaan 4 dan 5 berat pasir dan agregat kasar untuk  $1 \text{ m}^3$  beton dapat diperoleh,

$$\text{Berat pasir} = R \times AT = 0,404 \times 1814,37 = 733,01 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat agregat kasar} = (1-R) \times AT = (1-0,404) \times 1814,37 = 1083,15 \text{ kg/m}^3$$

Jadi perkadaran campuran untuk KWS dengan kekuatan mampatan sasaran 50 MPa, adalah seperti berikut:

- a. Kandungan air campuran,  $W = 176 \text{ l/m}^3$
- b. Kandungan semen,  $C = 404 \text{ kg/m}^3$
- c. Kandungan abu sekam padi,  $ASP = 36 \text{ kg/m}^3$
- d. Volume SP,  $V_{sp} = 4 \text{ l/m}^3$
- e. Berat pasir,  $P = 733,01 \text{ kg/m}^3$
- f. Berat agregat kasar,  $K = 1083,15 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Berat volume beton} = 176 + 404 + 36 + 4 + 733,01 + 1083,15 = 2436,159 \text{ kg/m}^3$$

**PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN ADUKAN BETON ABU SEKAM  
PADI (BASP) dengan KANDUNGAN ASP 12,5 %**

Contoh hitungan komposisi campuran BASP untuk mendapatkan kuat tekan rencana,  $f_c' = 50$  MPa dengan benda uji kubus  $150 \times 150$  mm pada umur 28 hari dengan nilai slump  $> 180$  mm. Bahan-bahan yang digunakan adalah semen jenis I (ASTM C 150-92 1993) dengan berat jenis 3,15. Superplasticizer dengan kandungan solid 42 % dan berat jenis 1,21. Pasir sungai dengan diameter maksimum 4,75 mm, berat jenis 2,778 (keadaan SSD), kandungan air dalam agregat 0,36 %, dan penyerapan air (SSD) 1,47 %. Agregat kasar berupa batu pecah dengan diameter maksimum 19 mm, berat jenis 2,6 (keadaan SSD), kandungan air dalam agregat kasar 0,35%, dan penyerapan air (SSD) 0,82%. Abu sekam padi memiliki berat jenis 2,0.

- a. Tentukan faktor air-pengikat (W/B) dengan menggunakan grafik pada Gambar III.1 diperoleh,

$$W/B = 0,4$$

- b. Hitung berat semen dan berat pengikat untuk setiap  $1 \text{ m}^3$  beton dengan menggunakan grafik pada Gambar III.2 dan diperoleh,

$$\text{Pengikat atau binder, } B = 440 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Persentase ASP} = 12,5 \%$$

$$\text{Kandungan ASP} = 440 \times \frac{12,5}{100} = 55 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen, } C = B - \text{ASP} = 440 - 55 = 385 \text{ kg/m}^3$$

Kandungan air campuran dapat diperoleh dari nilai W/B dan berat pengikat yang telah diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2,

$$\text{Kandungan air, } W = (W/B) \times B = 0.4 \times 440 = 176 \text{ kg/m}^3$$

- c. Tentukan volume SP ( $V_{sp}$ ) dengan menggunakan grafik pada Gambar III.3 dan diperoleh volume SP,

$$V_{sp} = 4 \text{ l/m}^3$$

Tentukan kandungan air SP

$$M_{sp} = V_{sp} \cdot G_s = 4 \times 1,21 = 4,84 \text{ kg/m}^3$$

$$V_w = \frac{100 - s}{100} V_{sp} \times G_s = \frac{100 - 42}{100} 4 \times 1,21 = 2,807 \text{ l/m}^3$$

Kandungan solid SP dan dosis SP

$$F = \frac{s}{100} \times V_{sp} \times G_s = \frac{42}{100} 4 \times 1,21 = 2,033 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Dos SP, } S_{sp} = \frac{F}{B} 100 = \frac{2,033}{440} 100 = 0,462 \%$$

- d. Menentukan kandungan agregat

Untuk memperoleh kandungan pasir dan agregat kasar, terlebih dahulu dicari perbandingan pasir-agregat keseluruhan ( $P/AT = R$ ) dengan menggunakan grafik Gambar 4 dan diperoleh,

$$P/AT = R = 0,404$$

kemudian berat agregat total (AT) dihitung dengan menggunakan persamaan volume mutlak bahan-bahan yaitu Persamaan 3,

$$\frac{1}{\gamma_w} \left( \frac{W}{G_w} + \frac{C}{G_c} + \frac{SP}{G_{sp}} + \frac{ASSP}{G_{asp}} + \frac{R \times AT}{G_p} + \frac{(1 - R) \times AT}{G_b} \right) + k \times V_t = 1 \text{ m}^3$$

$$\frac{1}{1000} \left( \frac{176}{1} + \frac{385}{3,15} + \frac{4,84}{1,21} + \frac{55}{2,0} + \frac{0,404 \cdot TA}{2,778} + \frac{(1-0,404) \cdot TA}{2,6} \right) + 0,015 \times 1 = 1 \text{ m}^3$$

Berat agregat keseluruhan,  $AT = 1752,08 \text{ kg/m}^3$

Dengan menggunakan Persamaan 4 dan 5 berat pasir dan agregat kasar untuk  $1 \text{ m}^3$  beton dapat diperoleh,

$$\text{Berat pasir} = R \times AT = 0,404 \times 1752,08 = 707,84 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat agregat kasar} = (1-R) AT = (1-0,404) \times 1752,08 = 1044,24 \text{ kg/m}^3$$

Jadi perkadaran campuran untuk KWS dengan kekuatan mampatan sasaran 50 MPa, adalah seperti berikut:

- a. kandungan air campuran,  $W = 176 \text{ l/m}^3$
- b. kandungan semen,  $C = 385 \text{ kg/m}^3$
- c. kandungan abu sekam padi,  $ASP = 55 \text{ kg/m}^3$
- d. volume SP,  $V_{sp} = 4 \text{ l/m}^3$
- e. Berat pasir,  $P = 707,84 \text{ kg/m}^3$
- f. Berat agregat kasar,  $K = 1044,24 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Berat volume beton} = 176 + 385 + 55 + 4 + 707,84 + 1044,24 = 2372,08 \text{ kg/m}^3$$

# Lampiran IV

Data Hasil Pengujian



**HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON VARIASI ASP 9 %,SP JENIS**  
**I**

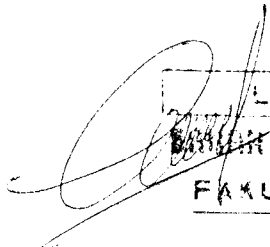
Kode	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	Pc (Mpa)	Pc - rata-rata (Mpa)
A9SPI <sub>1</sub>	3	14.86	14.88	8.00	221.12	700	31.66	34.05
A9SPI <sub>2</sub>	3	15.18	14.97	8.20	227.24	740	32.56	
A9SPI <sub>3</sub>	3	15.19	15.10	8.40	229.37	760	33.13	
A9SPI <sub>4</sub>	3	15.02	15.13	8.40	227.25	820	36.08	
A9SPI <sub>5</sub>	3	14.80	15.14	8.25	224.07	825	36.82	
A9SPI <sub>1</sub>	7	14.95	15.12	8.00	226.04	1035	45.79	44.66
A9SPI <sub>2</sub>	7	15.03	15.11	8.40	227.13	1160	51.07	
A9SPI <sub>3</sub>	7	15.04	15.01	8.20	225.75	940	41.64	
A9SPI <sub>4</sub>	7	15.09	15.09	8.20	227.71	910	39.96	
A9SPI <sub>5</sub>	7	15.03	15.29	8.40	229.76	1030	44.83	
A9SPI <sub>1</sub>	28	15.03	14.80	8.20	222.44	1185	53.27	54.32
A9SPI <sub>2</sub>	28	14.91	15.14	8.20	225.74	1280	56.70	
A9SPI <sub>3</sub>	28	14.90	15.07	8.10	224.54	1390	61.90	
A9SPI <sub>4</sub>	28	14.99	15.34	8.00	229.95	1310	56.97	
A9SPI <sub>5</sub>	28	14.79	15.02	8.20	222.15	950	42.76	

*[Handwritten Signature]*  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



**HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON VARIASI ASP 9 %,SP JENIS II**

Kode	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	f <sub>c</sub> (Mpa)	f <sub>c</sub> rata-rata (Mpa)
A9SP11 <sub>1</sub>	3	15.23	15.19	8.45	231.34	820	35.45	33.48
A9SP11 <sub>2</sub>	3	15.12	15.10	8.40	228.18	690	30.24	
A9SP11 <sub>3</sub>	3	15.25	14.89	8.30	227.07	725	31.93	
A9SP11 <sub>4</sub>	3	15.11	15.06	8.50	227.53	805	35.38	
A9SP11 <sub>5</sub>	3	15.20	15.21	8.45	231.18	795	34.39	
A9SP11 <sub>1</sub>	7	15.07	14.96	7.90	225.46	875	38.81	40.73
A9SP11 <sub>2</sub>	7	15.19	15.21	8.50	230.99	845	36.58	
A9SP11 <sub>3</sub>	7	14.95	15.01	7.80	224.33	940	41.90	
A9SP11 <sub>4</sub>	7	14.96	15.19	8.30	227.30	980	43.11	
A9SP11 <sub>5</sub>	7	14.90	15.07	8.00	224.44	970	43.22	
A9SP11 <sub>1</sub>	28	15.09	15.05	8.30	227.03	820	46.95	56.81
A9SP11 <sub>2</sub>	28	15.04	15.24	8.30	229.16	980	55.59	
A9SP11 <sub>3</sub>	28	14.87	14.53	8.30	215.91	1060	63.82	
A9SP11 <sub>4</sub>	28	15.05	14.97	7.90	225.30	1180	68.09	
A9SP11 <sub>5</sub>	28	15.14	15.15	8.20	229.34	875	49.60	

  
 LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII





**HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON VARIASI ASP 9 %,SP JENIS III**

Kode	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	fc (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
A9SPIII <sub>1</sub>	3	15.08	14.93	7.35	225.11	675	29.98	30.00
A9SPIII <sub>2</sub>	3	15.01	15.13	7.40	227.10	635	27.96	
A9SPIII <sub>3</sub>	3	14.99	15.09	7.40	226.17	685	30.29	
A9SPIII <sub>4</sub>	3	14.99	14.89	7.50	223.20	705	31.59	
A9SPIII <sub>5</sub>	3	14.98	15.37	7.65	230.27	695	30.18	
A9SPIII <sub>1</sub>	7	15.12	15.07	8.00	227.81	820	35.99	37.01
A9SPIII <sub>2</sub>	7	15.08	15.19	8.15	228.97	850	37.12	
A9SPIII <sub>3</sub>	7	14.97	15.00	8.00	224.51	810	36.08	
A9SPIII <sub>4</sub>	7	15.33	15.05	8.20	230.75	845	36.62	
A9SPIII <sub>5</sub>	7	14.86	15.27	8.00	226.97	890	39.21	
A9SPIII <sub>1</sub>	28	15.03	15.37	8.15	231.04	995	55.99	51.03
A9SPIII <sub>2</sub>	28	14.99	14.81	7.80	221.94	1180	69.12	
A9SPIII <sub>3</sub>	28	15.11	14.93	8.00	225.55	840	48.42	
A9SPIII <sub>4</sub>	28	14.94	15.37	8.30	229.66	820	46.42	
A9SPIII <sub>5</sub>	28	15.11	14.91	8.00	225.22	610	35.21	

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



**HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON VARIASI ASP 12,5 %  
 SP JENIS I**

Kode	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	fc (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
A12.5SPI <sub>1</sub>	3.00	14.96	15.03	7.75	224.83	735	32.69	32.70
A12.5SPI <sub>2</sub>	3.00	14.91	15.05	7.50	224.43	730	32.53	
A12.5SPI <sub>3</sub>	3.00	15.31	15.02	8.10	229.84	720	31.33	
A12.5SPI <sub>4</sub>	3.00	15.44	15.06	7.50	232.51	750	32.26	
A12.5SPI <sub>5</sub>	3.00	14.72	14.99	7.80	220.62	765	34.67	
A12.5SPI <sub>1</sub>	7.00	15.14	14.84	8.10	224.63	960	42.74	41.80
A12.5SPI <sub>2</sub>	7.00	14.40	14.92	8.00	214.83	900	41.89	
A12.5SPI <sub>3</sub>	7.00	14.97	15.04	8.40	225.07	880	39.10	
A12.5SPI <sub>4</sub>	7.00	15.13	14.44	8.30	218.55	965	44.15	
A12.5SPI <sub>5</sub>	7.00	14.94	15.05	7.70	224.91	925	41.13	
A2.5SPI <sub>1</sub>	28.00	14.68	15.17	8.00	222.61	1145	51.44	51.46
A12.5SPI <sub>2</sub>	28.00	14.52	15.26	7.90	221.61	1105	49.86	
A12.5SPI <sub>3</sub>	28.00	14.93	15.11	8.10	225.59	1115	49.43	
A12.5SPI <sub>4</sub>	28.00	15.40	14.75	8.10	227.23	1195	52.59	
A12.5SPI <sub>5</sub>	28.00	14.90	14.73	7.90	219.51	1185	53.98	

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



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

**HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON VARIASI ASP 12,5 %  
 SP JENIS II**

Variasi	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	f <sub>c</sub> (Mpa)	f <sub>c</sub> rata-rata (Mpa)
A12.5SP11 <sub>1</sub>	3	14.69	15.15	7.75	222.55	655	2.94	26.18
A12.5SP11 <sub>2</sub>	3	15.13	14.92	7.50	225.74	660	29.24	
A12.5SP11 <sub>3</sub>	3	14.91	15.04	8.10	224.25	620	27.65	
A12.5SP11 <sub>4</sub>	3	15.09	15.14	7.50	228.39	685	29.99	
A12.5SP11 <sub>5</sub>	3	15.10	15.15	7.80	228.77	940	41.09	
A12.5SP11 <sub>1</sub>	7	14.95	15.33	8.10	229.18	1005	43.85	36.43
A12.5SP11 <sub>2</sub>	7	15.55	15.02	8.00	233.56	760	32.54	
A12.5SP11 <sub>3</sub>	7	14.92	15.10	8.40	225.29	870	38.62	
A12.5SP11 <sub>4</sub>	7	15.23	14.96	8.30	227.84	830	36.43	
A12.5SP11 <sub>5</sub>	7	15.25	15.27	7.70	232.87	715	30.70	
A12.5SP11 <sub>1</sub>	28	15.18	15.15	8.00	229.98	1060	46.09	50.64
A12.5SP11 <sub>2</sub>	28	15.15	15.22	7.90	230.58	1175	50.96	
A12.5SP11 <sub>3</sub>	28	15.06	14.96	8.10	225.30	1160	51.49	
A12.5SP11 <sub>4</sub>	28	14.94	15.08	8.10	225.30	1010	44.83	
A12.5SP11 <sub>5</sub>	28	14.98	14.73	7.90	220.69	1320	59.81	

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII



**HASIL PENGUJIAN KUAT DESAK BETON VARIASI ASP 12,5 %  
 SP JENIS III**

Kode	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	fc (Mpa)	fc rata-rata (Mpa)
A12.5SPIII <sub>1</sub>	3	15.13	15.11	7.90	228.58	755	33.03	30.99
A12.5SPIII <sub>2</sub>	3	15.03	15.27	8.20	229.57	685	29.84	
A12.5SPIII <sub>3</sub>	3	14.73	15.17	7.90	223.33	755	33.76	
A12.5SPIII <sub>4</sub>	3	15.19	14.99	8.10	227.70	650	28.55	
A12.5SPIII <sub>5</sub>	3	15.23	15.00	8.25	228.34	680	29.78	
A12.5SPIII <sub>1</sub>	7	15.21	14.83	8.05	225.57	770	34.14	36.34
A12.5SPIII <sub>2</sub>	7	15.06	15.22	8.25	229.26	975	42.53	
A12.5SPIII <sub>3</sub>	7	14.99	15.02	8.10	225.13	800	35.53	
A12.5SPIII <sub>4</sub>	7	14.93	14.97	7.90	223.50	765	34.23	
A12.5SPIII <sub>5</sub>	7	15.14	15.26	8.30	231.04	815	35.28	
A12.5SPIII <sub>1</sub>	28	15.11	15.11	8.20	228.27	1210	53.01	50.94
A12.5SPIII <sub>2</sub>	28	15.04	15.18	8.00	228.29	1165	51.03	
A12.5SPIII <sub>3</sub>	28	15.22	15.33	8.30	233.37	1170	50.14	
A12.5SPIII <sub>4</sub>	28	15.11	14.89	8.10	224.90	1120	49.80	
A12.5SPIII <sub>5</sub>	28	15.04	14.89	8.00	223.86	1135	50.70	

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UJI



### HASIL PENGUJIAN KUAT GESER BETON

Kode	Umur	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat (kg)	Luas (cm <sup>2</sup> )	P (KN)	P/2A (Mpa)
G1 <sub>1</sub>	28	15.13	15.11	7.9	228.58	210	4.59
G1 <sub>2</sub>	28	15.03	15.27	8.2	229.57	180	3.92
G1 <sub>3</sub>	28	14.73	15.17	7.9	223.33	181	4.05
G2 <sub>1</sub>	28	15.19	14.99	8.1	227.70	192	4.22
G2 <sub>2</sub>	28	15.23	15.00	8.1	228.34	205	4.49
G2 <sub>3</sub>	28	15.21	14.83	8.0	225.57	160	3.55
G3 <sub>1</sub>	28	15.06	15.22	7.9	229.26	125	2.73
G3 <sub>2</sub>	28	14.99	15.02	8.1	225.13	253	5.62
G3 <sub>3</sub>	28	14.93	14.97	7.9	223.50	248	5.55
G4 <sub>1</sub>	28	15.14	15.26	8.3	231.04	270	5.84
G4 <sub>2</sub>	28	15.11	15.11	8.2	228.27	220	4.82
G4 <sub>3</sub>	28	15.04	15.18	8.0	228.29	130	2.85
G5 <sub>1</sub>	28	15.22	15.33	8.4	233.37	222	4.76
G5 <sub>2</sub>	28	15.11	14.89	8.5	224.90	165	3.67
G5 <sub>3</sub>	28	15.04	14.89	8.4	223.86	248	5.54
G6 <sub>1</sub>	28	15.22	15.33	8.3	233.37	155	3.32
G6 <sub>2</sub>	28	15.11	14.89	8.1	224.90	203	4.51
G6 <sub>3</sub>	28	15.04	14.89	8.0	223.86	200	4.47

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII