

**TUGAS AKHIR**

**PENGGUNAAN LIMBAH KERAK TANUR TINGGI  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR  
PADA BETON**



Disusun Oleh :

**SUROTO**

---

No. Mhs. : 85310206

NIRM : 855014330206

**SUNARTO**

---

No. Mhs. : 84310152

NIRM : 844330147

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

**1996**

**TUGAS AKHIR**

**PENGGUNAAN LIMBAH KERAK TANUR TINGGI  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR  
PADA BETON**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
derajat sarjana Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :**

**S U R O T O**

---

**No. Mhs. : 85310206**

**NIRM : 855014330206**

**S U N A R T O**

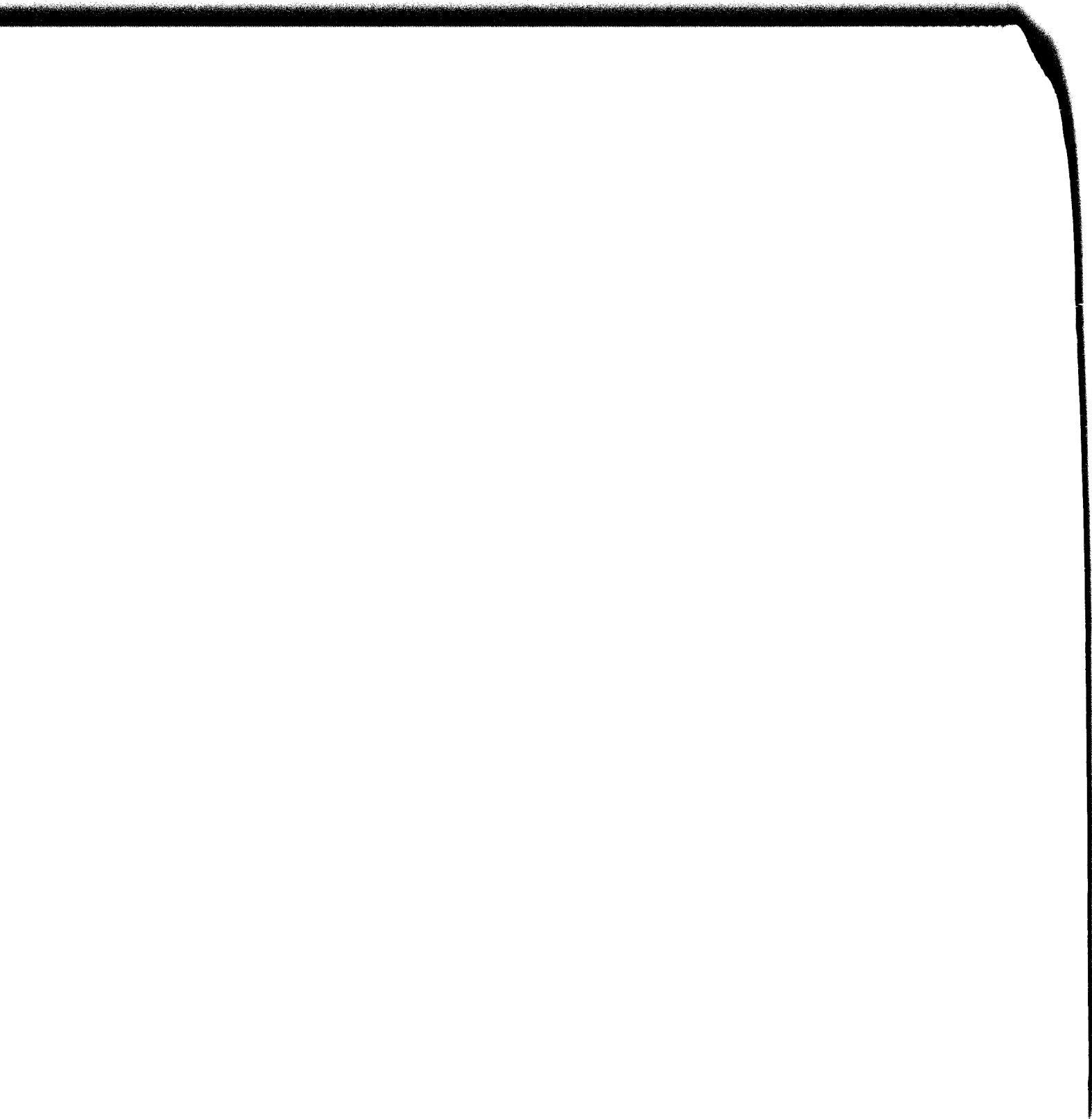
---

**No. Mhs. : 84310152**

**NIRM : 844330147**

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

**1996**



**TUGAS AKHIR**

**PENGGUNAAN LIMBAH KERAK TANUR TINGGI  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR  
PADA BETON**



Disusun Oleh :

**SURTO**

No. Mhs. : 85310206

NIRM : 855014330206

**SUNARTO**

No. Mhs. : 84310152

NIRM : 844330147

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

**1996**

**TUGAS AKHIR**

**PENGGUNAAN LIMBAH KERAK TANUR TINGGI**  
**SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR**  
**PADA BETON**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia**  
**untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh**  
**derajat sarjana Teknik Sipil**

**Disusun Oleh :**

**SUROTO**

---

**No. Mhs. : 85310206**

**NIRM : 855014330206**

**SUNARTO**

---

**No. Mhs. : 84310152**

**NIRM : 844330147**

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

**1996**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**PENGGUNAAN LIMBAH KERAK TANUR TINGGI  
SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT KASAR  
PADA BETON**

**SUROTO**

**No. Mhs. : 85310206  
NIRM : 855014330206**

**SUNARTO**

**No. Mhs. : 84310152  
NIRM : 844330147**

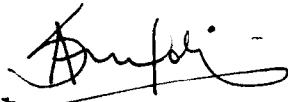
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

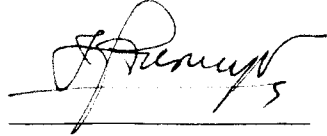
**Ir. H. M. Samsudin**

**Pembimbing I**

**Ir. H. Harsoyo MSc**

**Pembimbing II**

  
tanggal : 4-12-96

  
tanggal : 5-12-1996

## **HALAMAN MOTTO**

*"Kepada Engkau kami mengabdikan, dan kepada Engkau kami mohon pertolongan"  
"Pimpinlah kami pada jalan yang benar"*

( Al-Fatihah 4,5 )

*Berkatalah orang-orang yang dianugerahi ilmu :  
"Kecelakaanlah yang besarlah bagimu,  
pahala Allah adalah lebih baik bagi orang-orang beriman  
dan beramal saleh, dan tidak diperoleh pahala itu,  
kecuali orang-orang yang sabar"*

( Al-Qoshash 80 )

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Kupersembahkan kepada :  
Ibunda, kakak dan adik tercinta*



## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu prasyarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam memperoleh derajat kesarjanaan dalam bidang ilmu Teknik Sipil program Strata I (S-I) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini, kami banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. *Ibu* beserta keluarga yang telah banyak memberikan dukungan baik moril maupun material.
2. *Ir. Susastrawan MS*, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil UII yang telah memberikan persetujuan dalam mengadakan penelitian.
3. *Ir. Bambang Sulistiono MSCE*, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. *Ir. H. M. Samsudin*, selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

5. *Ir. H. Harsoyo MSc*, selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dorongan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. *Ir. Ilman Noor MSCE* beserta staff, yang telah membantu menyediakan fasilitas laboratorium selama penelitian.
7. *Soebadi*, selaku General Manager P.T Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat, atas bantuan penyediaan bahan dalam penelitian ini.
8. Benny Prastowo atas komputer dan printernya, Pitoyo untuk lay out dan settingnya, serta teman-teman 85 untuk dorongan dan spiritnya, thanks guys !.
9. Rekan-rekan yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Kritik dan saran sangat kami harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhirnya kami berharap semoga hasil penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat bagi pembaca, khususnya bagi diri penyusun.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 24 Oktober 1996

Penyusun

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
NOTASI YANG DIGUNAKAN .....	xiii
INTISARI .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Lingkup Penelitian .....	4
1.6. Metode Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Beton .....	7
2.1.1. Semen .....	8
2.1.2. Agregat .....	12
2.1.3. Air .....	16
2.2. Limbah Kerak Tanur Tinggi .....	18
2.3. Kuat Tekan Beton .....	19
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN .....	22
3.1. Umum .....	22
3.2. Persiapan Bahan .....	23
3.3. Pemeriksaan Agregat Halus .....	23
3.3.1. Pemeriksaan Kadar Lumpur .....	24

3.3.2. Pemeriksaan Kandungan Zat Organik .....	24
3.3.3. Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir .....	25
3.3.4. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus .....	26
3.4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar .....	26
3.4.1. Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir .....	27
3.4.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Limbah Kerak Tanur Tinggi .....	31
3.4.3. Pemeriksaan Agregat Kasar Limbah Kerak Tanur Tinggi .....	32
3.5. Perhitungan Proporsi Campuran .....	32
a. Kerak tanur tinggi (slag) dengan perbandingan volume 1:2:3 .....	33
b. Kerak tanur tinggi (slag) dengan perbandingan volume 1:1,5:2,5 .....	34
c. Split dengan perbandingan volume 1:2:3 .....	36
d. Split dengan perbandingan volume 1:1,5:2,5 .....	37
3.6. Pembuatan Benda Uji .....	39
3.6.1. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Benda Uji .....	40
3.7. Hasil Penelitian .....	43
BAB IV ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	48
4.1. Analisis Karakteristik Beton.....	48
4.1.1. Variasi Mutu Bahan dari Satu Adukan ke Adukan Berikutnya.....	48
4.1.2. Variasi Cara Pengadukan .....	49
4.1.3. Ketrampilan dan Stabilitas Pengaduk atau Pekerja .....	49
4.2. Pembahasan .....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	57
5.1. Kesimpulan .....	57
5.2. Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Asal Kali Krasak .....	26
Gambar 3.2 Hasil Pemeriksaan Gradasi Kerak Tanur Tinggi .....	29
Gambar 3.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Split .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis Semen Portland .....	9
Tabel 2.2	Data Density Slag .....	18
Tabel 2.3	Komposisi Kimia Slag .....	19
Tabel 3.1	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus .....	25
Tabel 3.2	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan agregat Kasar .....	27
Tabel 3.3	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar (Slag) .....	28
Tabel 3.4	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar (Split) .....	30
Tabel 3.5	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar (Split).....	30
Tabel 3.6	Beton Campuran Split Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	40
Tabel 3.7	Beton Campuran Split Umur 7 Hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas 0,54 .....	41
Tabel 3.8	Beton Campuran Slag Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	41
Tabel 3.9	Beton Campuran Slag Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	42
Tabel 3.10	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Split Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	44
Tabel 3.11	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Split Umur 7 Hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas 0,54 .....	45
Tabel 3.12	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Slag Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	45
Tabel 3.12	Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton Campuran Slag Umur 7 Hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas 0,54 .....	46
Tabel 4.1	Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton dengan Agregat Split Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	51
Tabel 4.2	Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton dengan Agregat Split Umur 7 Hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas 0,54 .....	52
Tabel 4.3	Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton dengan Agregat Slag Umur 7 Hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas 0,54 .....	53

Tabel 4.4	Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton dengan Agregat Slag Umur 7 Hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas 0,54 .....	54
-----------	--	----

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Diagram Alir Penelitian .....	A-1
Lampiran B Pemeriksaan Bahan Batuan .....	B-1
Pengujian Gradasi Agregat Halus .....	B-2
Lampiran C Pemeriksaan Agregat Kasar .....	C-1
Pemeriksaan Absorpsi Agregat Kasar .....	C-2
Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Slag .....	C-3
Lampiran D Pengukuran Density Slag .....	D-1
Lampiran E Chemical Laboratory .....	E-1
Lampiran F Hasil Pengujian Beton dengan Agregat Kasar Split .....	F-1
Hasil Pengujian Beton dengan Agregat Kasar Slag .....	F-3



## NOTASI YANG DIGUNAKAN

$\pi$	= 3,141592654
$\sigma_b'$	= kuat tekan beton dari masing-masing benda uji ( $kg/cm^2$ )
$\sigma_{bk}'$	= kuat tekan karakteristik beton ( $kg/cm^2$ )
$\sigma_{bm}'$	= kuat tekan beton rata-rata ( $kg/cm^2$ )
$\sigma_{ds}'$	= kuat tekan beton ( $kg/cm^2$ )
A	= berat total agregat lolos saringan 25.4, 19 dan 12.5 ( $gr$ )
$A_g$	= luas bruto penampang ( $mm^2$ )
$A_s$	= berat benda uji SSD ( $gr$ )
B	= berat picnometer berisi air ( $gr$ )
$B_a$	= jumlah air didalam gelas ukur ( $cc$ )
$B_b$	= berat benda uji + air ( $cc$ )
BJ	= berat jenis beton ( $kg/m^3$ )
$BJ_k$	= berat jenis butiran agregat kasar ( $gr/cc$ )
$BJ_p$	= berat jenis pasir
$BJ_{tk}$	= berat jenis tusuk kering ( $kg/m^3$ )
$B_K$	= berat pasir setelah dioven ( $gr$ )
$B_o$	= berat benda uji setelah dioven ( $gr$ )
$B_s$	= berat agregat lolos saringan No. 12
$B_t$	= berat picnometer berisi air dan benda uji
$B_u$	= berat benda uji agregat kasar ( $gr$ )
C	= berat pasir SSD ( $gr$ )
D	= diameter ( $mm$ )
$g_1$	= berat ember kosong ( $kg$ )
$g_2$	= berat ember berisi air ( $kg$ )
L	= kandungan lumpur (%)
MIHB	= modulus halus butir
n	= jumlah benda uji
N	= beban maksimum ( $kN$ )
S	= deviasi standar ( $kg/cm^2$ )
T	= tinggi silinder ( $cm$ )
$W_1$	= berat pasir lolos saringan ( $gr$ )
$W_2$	= berat pasir setelah dioven ( $gr$ )

## INTISARI

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, air, dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk masa padat.

Sebagai bahan pengisi campuran beton digunakan agregat halus dan agregat kasar. Agregat yang biasa digunakan adalah pasir, kerikil, split atau batu pecah hasil mesin pemecah batu (*stone crusher*). Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 % volume mortar atau beton.

P.T Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat membuang limbah kerak tanur tinggi (*slag*)  $\pm$  80 ton/jam. Limbah tersebut dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton.

Penelitian ini meninjau penggunaan limbah kerak tanur tinggi (*slag*) terhadap adukan beton dengan perbandingan volume 1:2:3 dan 1:1,5:2,5 serta faktor air semen (*f<sub>a</sub>s*) 0,54 pada umur 7 hari, serta membandingkan berat jenis dan kuat tekan dengan membandingkannya terhadap beton dengan agregat kasar berupa split.

Dari hasil pemeriksaan diperoleh bahwa kuat tekan beton rata-rata dengan agregat kasar kerak tanur tinggi (*slag*) mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar *split*.

Berdasarkan berat jenisnya, beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar slag dapat digolongkan sebagai beton berat. Berat jenis beton rata-rata berada di atas berat jenis beton normal.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton merupakan suatu komposit dari beberapa bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari campuran agregat (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. Secara singkat dapat dikatakan bahwa pasta semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu, kerikil, basalt dan sebagainya). Rongga di antara bahan-bahan kasar diisi oleh bahan-bahan halus<sup>1)</sup>. Perbandingan optimal antara campuran agregat yang bentuknya berbeda-beda sangat diperlukan, agar pembentukan beton dapat dimanfaatkan oleh seluruh material.

Beton merupakan bahan struktur yang cukup luas penggunaannya karena materialnya mudah didapatkan, mudah dibentuk dan harganya relatif murah. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disinte-

grasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu<sup>2)</sup>. Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai disintegrasi alami batuan-batuan alam atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Bahan pengikat pokok terdiri dari campuran semen dan air yang disebut pasta semen.

Kelemahan beton sebagai bahan konstruksi adalah :

1. Memerlukan waktu yang lama mengeras
2. Berat jenisnya besar
3. Mempunyai variasi yang mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan.

Kekuatan beton dipengaruhi oleh faktor air semen, umur beton, jenis semen, Jumlah semen dan jenis agregat. Oleh karena itu upaya untuk menaikkan kekuatan beton adalah wajar agar beton sebagai bahan konstruksi dapat lebih luas penggunaannya.

Salah satu faktor yang berpengaruh pada kekuatan beton adalah kekuatan agregatnya. Dengan mengganti agregat kasar yang umumnya berupa kerikil

---

1. Gideon Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasarkan Sksni T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.
2. \_\_\_\_\_, 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N. 1-2, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Dirjen Cipta Karya.

kil atau batu pecah dengan material lainnya, diharapkan kekuatan beton akan lebih tinggi.

PT. Krakatau Steel di Cilegon Jawa Barat membuang limbah kerak tanur tinggi sebanyak  $\pm 80$  ton tiap jamnya. Limbah tersebut dapat dipergunakan sebagai pengganti agregat kasar pada beton. Limbah kerak tanur tinggi merupakan sisa bahan yang tidak berguna dan mengganggu lingkungan karena tidak dapat didaur ulang. Penggunaan limbah kerak tanur tinggi diharapkan akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton biasa.

## **1.2 Rumusan dan Batasan Masalah**

Sesuai dengan judul "Penggunaan Limbah Kerak Tanur Tinggi Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Pada Beton", maka rumusan dan batasan masalah yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini adalah :

1. Membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan agregat kerak tanur tinggi dengan beton yang menggunakan split.
2. Membandingkan berat jenis beton yang menggunakan agregat kerak tanur tinggi dengan beton yang menggunakan split.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan limbah kerak tanur tinggi PT. Krakatau Steel sebagai bahan pengganti agregat kasar dengan perbandingan volume 1:2:3 dan 1:1,5:2,5, dengan faktor air semen (fas) sebesar 0,54 terhadap berat jenis dan kuat tekan beton.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk pengembangan ilmu pengetahuan bahan struktur khususnya struktur beton, yaitu mencari alternatif penggunaan agregat kasar lain selain batu pecah dan kerikil alam. Dari penelitian ini diharapkan ada tindak lanjut, baik pengembangan ataupun aplikasi dari hasil penelitian ini.

### **1.5 Lingkup Penelitian**

Lingkup penelitian yang dilakukan pada penelitian ini hanya meninjau dan membandingkan penggunaan limbah kerak tanur tinggi sebagai pengganti agregat kasar dengan split. Lingkup penelitian yang digunakan dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan agregat kerak tanur tinggi dengan beton yang menggunakan split.
2. Membandingkan berat jenis beton yang menggunakan agregat kerak tanur tinggi dengan beton yang menggunakan split.
3. Sampel yang dipergunakan adalah kubus beton dengan ukuran 15x15x15 cm.
4. Perbandingan volume yang dipakai adalah 1:2:3 dan 1:1,5:2,5, dengan faktor air semen (fas) sebesar 0,54.
5. Penelitian ini hanya meninjau penggunaan limbah kerak tanur tinggi sebagai agregat kasar tanpa memperhitungkan keawetannya.
6. Semen yang digunakan adalah semen type I dengan merek Nusantara.
7. Pasir yang digunakan berasal dari kali Krasak.
8. Limbah kerak tanur tinggi berasal dari PT. Krakatau Steel Cilegon, Jawa Barat.
9. Air yang digunakan berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS FTSP UII, jalan Kaliurang km 14,4 Yogyakarta.

## 1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan perbandingan volume pada umur benda uji 7 hari. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Penelitian ini merupakan studi eksperimental/laboratorium.
2. Benda uji beton yang digunakan sebanyak 80 buah kubus beton dengan ukuran 15x15x15 cm. Setiap 20 kubus beton digunakan untuk variasi fas sebesar 0,54.
3. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada saat benda uji berumur 7 hari.
4. Perencanaan campuran beton didasarkan atas perbandingan volume.
5. Analisis data hasil penelitian menggunakan statistik sederhana dengan metoda perbandingan (komparatif).
6. Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain adalah cetakan kubus, oven, mollen, kerucut abrams, mesin uji desak beton, timbangan, kaliper dan peralatan bantu lainnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (kadang-kadang dengan bahan tambah yang sangat bervariasi, mulai dari bahan kimia tambahan, serat hingga bahan buangan non kimia) dengan perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan, maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen. Reaksi kimia ini terjadi pada waktu yang panjang yang berakibat campuran tersebut bertambah keras sesuai dengan umurnya. Beton yang sudah mengeras dapat dianggap sebagai batuan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar, kerikil atau batu pecah) diisi oleh butiran yang lebih kecil (agregat halus, pasir) dan pori-pori antar agregat halus ini diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Air dan semen dalam adukan beton membentuk pasta yang disebut pasta semen. Selain mengisi pori-pori antara agregat halus, pasta semen juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terikat dengan kuat. Dengan terikatnya butiran agregat, maka terbentuklah suatu massa yang kompak dan padat. Beton terdiri atas material-material penyusun, yaitu semen, agregat dan air.

### **2.1.1 Semen**

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Meskipun definisi ini ditetapkan untuk banyak jenis bahan, semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan jadi yang mengeras dengan adanya air (hydration) dan dinamakan semen hidrolis.

Semen semacam ini terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat (batu tulis) yang digiling halus, dicampur dan dibakar di dalam pembakaran kapur (kiln), kemudian dihancurkan menjadi tepung.

Semen hidrolis yang biasa dipakai untuk beton bertulang dinamakan semen portland, karena setelah mengeras mirip dengan batu portland yang ditemukan di dekat Dorset, Inggris. Nama ini diawali dengan sebuah hak paten yang diperoleh oleh Joseph Aspdin dari Leeds, Inggris pada tahun 1824.

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan sekitar 14 hari untuk mencapai kekuatan yang cukup agar acuan dapat dibongkar dan beban-beban mati serta konstruksi dapat dipikul. Kekuatan rencana beton yang demikian dalam waktu sekitar 28 hari. Semen portland biasa diidentifikasi oleh ASTM C150 (8) sebagai type I. Type lain dari semen portland berikut penggunaannya dicantumkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis-jenis Semen Portland

JENIS	PENGGUNAAN
I	Konstruksi biasa, dimana sifat yang khusus tidak diperlukan
II	Konstruksi biasa, dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfur atau panas dari hidrasi
III	Jika diinginkan kekuatan permulaan yang tinggi
IV	Jika diinginkan panas yang rendah dari hidrasi
V	Jika diinginkan daya tahan yang tinggi terhadap sulfat

Campuran semen hidrolis (ASTM C595) terdiri atas beberapa kategori, misalnya semen bara portland yang dikeringkan dalam dapur api, semen portland pozzolan, semen bara dan semen portland yang dimodifisir dengan bara.

Semen portland bara yang dikeringkan dalam dapur api mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan semen biasa dari type I dan digunakan untuk konstruksi beton masif seperti bendungan, karena daya lawannya yang tinggi terhadap sulfat, maka lazim digunakan untuk konstruksi didalam air.

Semen portland-pozzolan adalah campuran dari semen type I biasa dengan pozzolan. Semen campuran dengan pozzolan ini memperoleh kekuatan lebih lambat dibandingkan dengan semen tanpa pozzolan dan mengeluarkan suhu yang lebih rendah sewaktu hidrasi. Semen jenis ini dipakai secara luas untuk konstruksi semen yang masif<sup>3)</sup>.

Fungsi semen adalah untuk melekatkan butir-butir agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butir agregat. Semen mengisi kira-kira 10 % dari volume beton<sup>4)</sup>. Apabila dicampur dengan air dan membentuk adukan yang halus, bahan tersebut lambat laun akan mengeras dan menjadi padat. Proses tersebut dikenal sebagai proses pemadatan dan pengerasan. Semen dikatakan telah memadat apabila telah mencapai kekuatan yang cukup untuk memikul suatu tekanan tertentu yang diberikan. Proses akan terus berlanjut dalam jangka yang cukup lama hingga mengeras, yaitu untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar. Air didalam adukan melarutkan material pada permukaan butir-butir semen dan membentuk suatu koloida yang secara berangsur-angsur bertambah volume dan kekuatannya. Proses ini mengakibatkan terjadinya suatu proses pe-

- 
3. Wang , Chu-Kia, Salmon, Charles. G, 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Edisi Keempat Jilid I, Penerbit Erlangga
  4. Kardiono Tjokrodimulyo, 1992 TEKNOLOGI BETON, Pusat Antar Universitas (PAU) UGM, Yogyakarta.

ngakuan yang cepat dari adukan, yaitu sekitar 2 hingga 4 jam setelah air bercampur dengan semen. Proses hidrasi akan berlangsung lebih dalam ke dalam butir-butir semen dengan kecepatan makin lama makin berkurang sesuai dengan berlangsungnya suatu proses pengakuan dan pengerasan dari masa tersebut.

Pada beton biasa, semen mungkin tidak pernah mengalami proses hidrasi secara lengkap. Struktur koloida dari adukan yang mengeras tampaknya merupakan alasan utama terjadinya perubahan volume pada beton yang disebabkan oleh variasi kelembaban yang ada, seperti terjadinya penyusutan pada beton sewaktu mengering.

Agar terjadi proses hidrasi secara lengkap pada sejumlah semen, H. Rusch menyatakan bahwa secara kimiawi diperlukan jumlah air yang beratnya kurang lebih 25 % dari jumlah semen. Diperlukan suatu tambahan air sebanyak 10 % - 15 % untuk memungkinkan gerak air dalam adukan semen selama berlangsungnya proses hidrasi, sehingga air tersebut bisa tercampur merata dengan partikel-partikel semen. Hal tersebut menyebabkan perbandingan berat minimum air terhadap semen adalah 0,35-0,45. Kekuatan adukan yang telah mengeras akan berkurang dan berbanding terbalik dengan volume total yang diisi oleh pori-pori. Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa kekuatan

akan bertambah dan berbanding lurus dengan bagian volume yang padat, karena bagian padat beton akan memikul tegangan dan bukan bagian berongga. Hal ini yang menyebabkan kekuatan ditentukan oleh pengaturan perbandingan antara semen, agregat kasar, agregat halus dan berbagai jenis campuran.

### **2.1.2 Agregat**

Agregat adalah bahan campuran beton yang akan saling diikat oleh semen. Dalam struktur beton biasa, agregat menempati kurang lebih 70-75 % dari volume massa yang telah mengeras. Agregat pada umumnya diklasifikasikan sebagai agregat halus dan agregat kasar.

Agregat halus adalah pasir alam, yaitu hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu, dengan ukuran terbesar 5,0 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu :

#### 1. Pasir Galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara penggalian. Pasir jenis ini biasanya berbentuk tajam, berpori, bersudut dan bebas dari kandungan garam. Biasanya harus dicuci terlebih dahulu untuk membersihkan dari kotoran tanah.

## 2. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai. Umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat akibat proses gesekan. Daya ikat antar butir agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

## 3. Pasir Laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai, butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir jenis ini merupakan pasir jelek karena mengandung garam-garaman. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir akan selalu agak basah dan akan menyebabkan pengembangan, oleh sebab itu pasir jenis ini sebaiknya tidak dipergunakan.

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alam atau berasal dari mesin pemecah batu, dengan ukuran 5-40 mm<sup>5)</sup>. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan atas tiga golongan, yaitu agregat normal, berat dan ringan.

### 1. Agregat Normal

Agregat normal ialah agregat dengan berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit,

---

5. Gideon Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasarkan Sksni T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.

kwarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis sekitar  $2,3 \text{ gr/cm}^3$ .

## 2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat dengan berat jenis lebih dari  $2,8 \text{ gr/cm}^3$ . Agregat jenis ini misalnya adalah serbuk besi, barit dan limonit. Beton yang dihasilkan oleh agregat ini mempunyai berat jenis hingga sampai  $5 \text{ gr/cm}^3$ , biasa dipergunakan sebagai dinding penahan radiasi sinar X.

## 3. Agregat Ringan

Agregat ringan ialah agregat dengan berat jenisnya kurang dari  $2,0 \text{ gr/cm}^3$ . Biasa dipakai untuk beton non struktural, namun dapat juga untuk beton struktural atau blok dinding tembok. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air tinggi, sehingga mempercepat pengerasan adukan beton. Kebaikan beton dengan agregat ringan adalah menghasilkan struktur ringan, sehingga dapat mempergunakan pondasi yang kecil. Beton ringan selain berbobot rendah juga tahan api dan dapat dipergunakan sebagai bahan isolasi panas yang baik.



Gradasi yang baik adalah hal yang penting pada penggunaan agregat kasar. Bila agregat bergradasi sama atau seragam, maka volume pori akan besar dan sebaliknya jika gradasi bervariasi, maka volume akan kecil. Hal ini diakibatkan karena butiran yang kecil akan mengisi pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori menjadi sedikit dan kemampatannya tinggi. Kemampatan yang tinggi diperlukan untuk pembuatan mortar dan beton, karena berarti hanya memerlukan bahan ikat yang relatif lebih sedikit.

Agregat untuk bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Butir-butirnya tajam, kuat dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus (abrasion test) dengan menggunakan mesin uji Los Angeles atau bejana Rudeloff. Syarat maksimum bagian hancur lolos saringan 1,7 mm adalah 50 %.
2. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus, jumlah kandungan kotoran tidak boleh lebih dari 5%. Pada agregat kasar, kandungan kotoran dibatasi hingga 1 %. Jika kandungan kotoran melebihi batas maksimum, harus dilakukan proses pencucian terlebih dahulu.
3. Tidak mengandung garam yang menghisap air dari udara.

4. Tidak mengandung zat organik.
5. Mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Modulus halus butir (MHB) pasir berkisar antara 1,5 - 3,8, sehingga hanya memerlukan sedikit pasta semen.
6. Bersifat kekal, tidak hancur karena pengaruh cuaca.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat harus mempunyai tingkat keawetan reaktif yang negatif terhadap alkali.
8. Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang

### **2.1.3 Air**

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting dan harganya paling murah. Air diperlukan untuk reaksi dengan semen, serta berfungsi sebagai pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sekitar 30 % dari berat semen. Namun dalam kenyataan, nilai faktor air semen (fas) yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air tersebut dipergunakan untuk pelumas, namun tambahan air sebagai pelumas tersebut tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan kekuatan beton menjadi rendah dan beton porous. Kelebihan

air akan menyebabkan air dan semen bersama-sama naik ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (bleeding) yang akan menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal sebagai selaput tipis (laitance). Selaput tipis tersebut akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambungan yang lemah.

Air yang memenuhi persyaratan sebagai campuran beton adalah air minum, namun tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai sebagai bahan pencampur beton adalah air yang jika dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang mempergunakan air suling. Kekuatan beton dan daya tahannya akan berkurang jika mempergunakan air yang mengandung kotoran, sehingga berpengaruh pada lama waktu ikatan awal adukan serta kekuatan setelah mengeras. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung chlorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.

4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air yang dipakai untuk perawatan sebaiknya adalah air yang dipakai untuk pengadukan, namun tidak boleh yang dapat menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan, sehingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya adalah penyebab utama pengotoran dan perubahan warna, terutama jika dipergunakan peralatan yang cukup lama.

## 2.2 Limbah Kerak Tanur Tinggi

Limbah kerak tanur tinggi (slag) yang dipergunakan berasal dari PT. Purna Baja Heckett dan Chemical Laboratory Superintendent PT. Krakatau Steel di Cilegon Jawa Barat. Ukuran dan bentuknya hampir sama dengan kerikil. Data density rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Data Density Slag

UKURAN (mm)	BERAT ISI (kg/dm <sup>3</sup> )
0 - 10	1,90
10 - 35	1,95
35 - 70	1,87
70 - 280	1,84

Komposisi kimia slag yang dipergunakan sebagai pengganti agregat kasar diperoleh dari chemical laboratory report. Komposisi kimia yang terkandung dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Slag

UNSUR KIMIA	KOMPOSISI KIMIA (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (aluminat)	5,14
SiO <sub>2</sub> (silikat)	11,76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (fosfor penta oksida)	0,40
MgO (magnesium monoksida)	7,98
MnO (mangan monoksida)	1,32
CaO (kalsium monoksida)	30,42
FeO (ferro monoksida)	38,52
S (sulfur)	0,04

Dalam penelitian ini menggunakan slag dengan ukuran rata-rata 10 - 35 mm (lolos saringan 2 inch). Dengan pemakaian slag ini diharapkan akan menaikkan kuat tekan beton jika dibandingkan beton dengan agregat split.

### 2.3 Kuat Tekan Beton

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air, susut kecil, tahan aus, tahan terhadap pengaruh cuaca serta tahan terhadap zat-zat kimia yang akan merusak mutu beton. Apabila kuat tekan beton tinggi, maka sifat-sifat lainnya cenderung baik. Peninjauan secara kasar biasanya hanya ditujukan pada kuat tekan saja.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Selain perbandingan air semen dan tingkat pematatannya, faktor-faktor lain yang berpengaruh adalah sebagai berikut ini :

1. Jenis semen dan kualitasnya.

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan bentuk permukaan agregat.

Penggunaan agregat kasar dengan permukaan kasar pada kenyataannya akan menghasilkan beton dengan kuat desak yang lebih besar daripada agregat kasar dengan permukaan halus.

3. Efisiensi perawatan (curing).

Pengeringan yang dilakukan sebelum waktunya akan dapat menghilangkan kekuatan beton hingga sekitar 40 %.

4. Faktor umur.

Kekuatan beton pada keadaan normal akan bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan beton berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.

#### 5. Mutu agregat.

Pada umumnya, kekuatan dan ketahanan terhadap aus (abrasi) agregat kasar sangat berpengaruh besar terhadap kuat tekan beton, disamping faktor lainnya.

## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Penelitian ini merupakan studi eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium, yaitu di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Benda uji berbentuk kubus beton dengan jumlah 80 buah berukuran 15x15x15 cm. Campuran beton pada benda uji mempergunakan perbandingan volume 1 : 2 : 3 dan 1 : 1,5 : 2,5 serta faktor air semen (fas) sebesar 0,54.

Benda uji dibuat sebanyak 20 buah kubus beton untuk setiap perbandingan volume benda uji, dengan waktu pengujian pada umur 7 hari. Dalam penelitian ini terdapat 8 tahapan, yaitu persiapan bahan, pemeriksaan agregat halus, pemeriksaan agregat kasar, penentuan proporsi campuran beton, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, hasil penelitian dan analisis hasil penelitian. Diagram alir jalannya penelitian dapat dilihat pada lampiran A-1.



### **3.2 Persiapan Bahan**

Persiapan bahan yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Menakar dan menimbang bahan seperti semen, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (split dan kerak tanur tinggi) sesuai dengan perbandingan.
2. Mengaduk bahan dengan mesin pengaduk atau molen.
3. Menuangkan adukan ke dalam cetakan kubus yang telah dilumuri oli.

Bahan pembentuk beton yang dipergunakan pada penelitian ini adalah :

1. Semen portland merek Nusantara,
2. agregat halus (pasir) berasal dari kali Krasak yang lolos saringan 4,75 mm,
3. agregat kasar berupa limbah kerak tanur tinggi (slag) berasal dari P.T Krakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat serta split yang berasal dari kali Progo, Sleman,
4. air berasal dari laboratorium Bahan Konstruksi teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

### **3.3 Pemeriksaan Agregat Halus**

Pemeriksaan agregat halus (pasir) asal kali Krasak bertujuan supaya agregat yang digunakan memenuhi persyaratan PBI 1971 dan ASTM. Pemeriksaan agregat halus meliputi :

1. Pemeriksaan kadar lumpur.

2. Pemeriksaan kandungan zat-zat organik.
3. Analisis saringan dan modulus halus butir.
4. Pemeriksaan berat jenis.

### **3.3.1 Pemeriksaan Kadar Lumpur**

Tujuan pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan adukan beton. Kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus ini tidak boleh lebih dari 5 %. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kandungan lumpur pada pasir yang berasal dari kali Krasak adalah sebesar 2,99 % ( $< 5$  %), berarti memenuhi persyaratan PBI sehingga dapat langsung digunakan tanpa harus dicuci terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada lampiran B-1.

### **3.3.2 Pemeriksaan Kandungan Zat Organik**

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kandungan zat organik secara kualitatif yang akan menentukan mutu agregat halus (pasir). Dalam pemeriksaan ini digunakan larutan NaOH (natrium oksida) 3 %. Warna larutan NaOH akan berubah tergantung dari banyaknya senyawa organik pada agregat halus. Dari hasil pemeriksaan didapatkan warna larutan jernih kekuningan, yang berarti bahwa pasir tersebut dapat digunakan. Langkah-langkah pemeriksaan kandungan zat organik adalah sebagai berikut :

1. Pasir sebanyak 100 cc dimasukkan dalam tabung.
2. Larutan NaOH dimasukkan kedalam tabung berisi pasir dan air sebanyak 200 cc dikocok 3 menit kemudian didiamkan selama 24 jam.

3. Jika warna larutan berubah menjadi kuning tua hingga coklat tua, berarti pasir banyak mengandung bahan organik. Warna jernih kekuning-kuningan menunjukkan bahwa pasir mengandung sedikit zat organik.

### 3.3.3 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui variasi butiran (gradasi) agregat halus dan menentukan nilai modulus halus butir (MHB) dengan mempergunakan saringan. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

No	Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33 (%)
4	4,75	0	0	0	100	95 - 100
8	2,36	163,8	8,19	8,19	91,81	80 - 100
16	1,18	376,5	18,82	27,01	72,99	50 - 85
30	0,60	714,5	35,70	62,71	37,29	26 - 60
50	0,30	454,2	22,71	84,42	14,58	10 - 30
100	0,15	228	11,40	96,82	3,18	2 - 10
	P A N	63	3,15	-	-	-
JUMLAH		2000	100	280,15	-	-

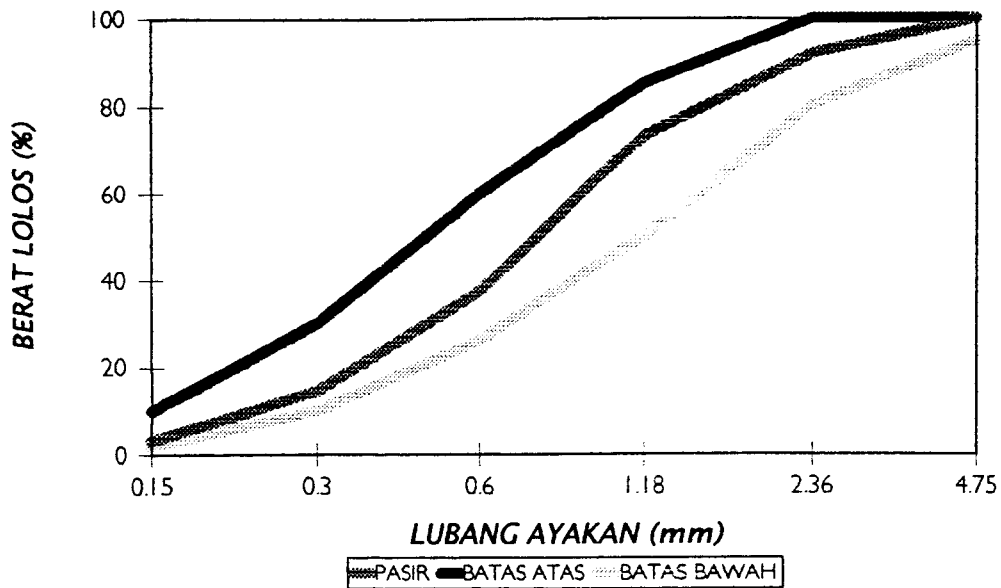
Perhitungan modulus halus butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{\% \text{ berat tertahan}} \\
 &= \frac{280,15}{100} \\
 &= 2,80
 \end{aligned}$$

Modulus halus butir adalah angka yang menunjukkan kehalusan butir suatu agregat. Hasil pengujian gradasi diatas memenuhi persyaratan ASTM C-

33-74a, yang berarti pasir asal kali Krasak cukup baik untuk campuran beton.

Grafik hasil pemeriksaan gradasi dapat dilihat gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Asal Kali Krasak

### 3.3.4 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Pemeriksaan berat jenis agregat dimaksudkan untuk menentukan berat jenis kering permukaan (SSD). Diperoleh berat jenis kering permukaan (SSD) pasir kali Krasak sebesar 2,67. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus dapat dilihat pada lampiran B-2.

### 3.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar berupa limbah kerak tanur tinggi (slag) dari P.T Krakatau Steel yang dilakukan di laboratorium meliputi :

1. Analisis saringan
2. Pemeriksaan berat jenis absorpsi
3. Pemeriksaan keausan (abrasi)

#### 3.4.1 Analisis Saringan dan Modulus Halus Butir

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui variasi dan modulus halus butiran (MHB) agregat dengan menggunakan saringan. Dalam pemeriksaan ini, jumlah agregat kasar adalah sebesar 1000 gram. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar (Slag)

<b>SARINGAN</b>	<b>LUBANG AYAKAN</b> <i>(mm)</i>	<b>BERAT TERTAHAN</b> <i>(gram)</i>
1.5 "	37,5	0
¾"	19,00	93,35
3/8"	9,50	568,89
No.4	4,75	175,08
No. 8	2,36	162,68

Hasil pemeriksaan agregat kasar jika dibandingkan dengan persyaratan ASTM C 33-74 a dapat dilihat pada tabel 3.3.

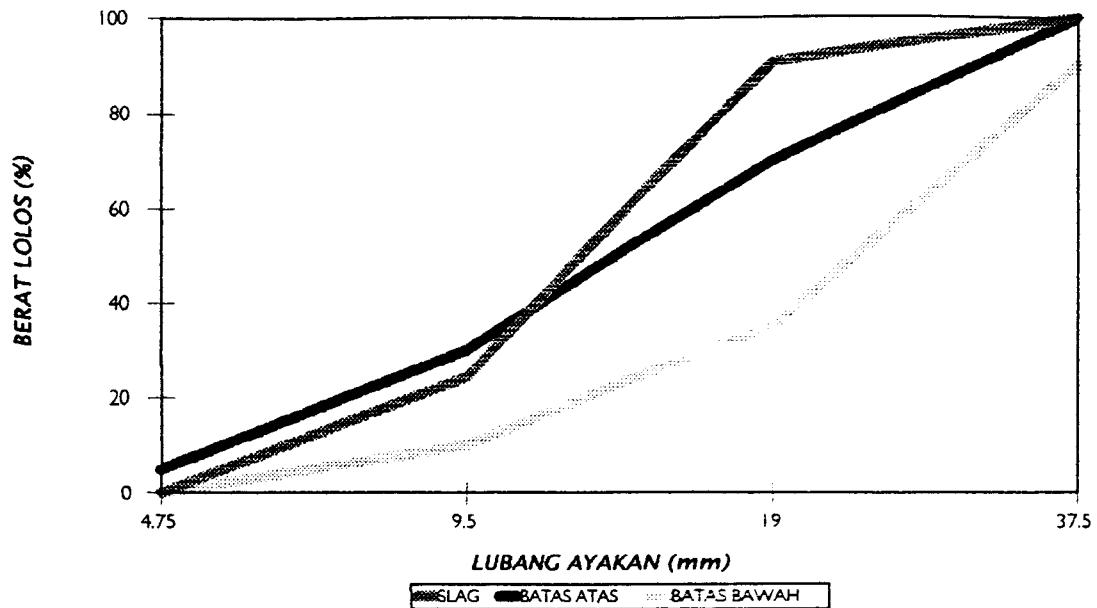
Tabel 3.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar (Slag)

Saringan	Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33 (%)
		GRAM	PERSEN			
1.5"	37,5	0	0	0	100	95 - 100
¾"	19,0	93,35	9,33	9,33	90,67	35 - 70
3/8"	9,5	568,89	56,89	66,22	24,45	10 - 30
No. 4	4,75	175,08	17,51	83,73	-	0 - 5
No. 8	2,36	162,68	16,27	100	-	-
No. 16	1,18	-	-	100	-	-
No. 30	0,60	-	-	100	-	-
No. 50	0,30	-	-	100	-	-
No. 100	0,15	-	-	100	-	-
JUMLAH		1000	100	659,28		

Perhitungan modulus halus butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{\% \text{ berat tertahan}} \\
 &= \frac{659,28}{100} \\
 &= 6,60
 \end{aligned}$$

Grafik hasil pemeriksaan gradasi kerak tanur tinggi (slag) dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil Pemeriksaan Gradasi Kerak Tanur Tinggi

Dari hasil pemeriksaan gradasi, agregat kasar kerak tanur tinggi asal P.T Karakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat sesuai dengan persyaratan ASTM C-33-74a. Ukuran nominal lolos saringan dengan lubang persegi ukuran 19 - 4,75 mm berjumlah antara 90 - 100 %<sup>6)</sup>, sehingga dapat digunakan sebagai campuran beton.

Pada pemeriksaan ini digunakan split sebanyak 3000 gram. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada tabel 3.4.

6. Murdock, L, J Brook, K, M, 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Tabel 3.4 Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar (Split)

SARINGAN	LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT TERTAHAN (gram)
1.5"	37,5	0
3/4"	19,00	1063
3/8"	9,50	1483,5
No.4	4,75	330
No. 8	2,36	123,5

Hasil pemeriksaan agregat kasar jika dibandingkan dengan persyaratan ASTM C 33-74 a dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar (Split)

Saringan	Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Tertahan Kumulatif (%)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33 (%)
		GRAM	PERSEN			
1.5"	37,5	0	0	0	100	95 - 100
3/4"	19,0	1063	35,43	35,43	64,57	35 - 70
3/8"	9,5	1483,5	49,45	84,88	20,31	10 - 30
No. 4	4,75	330	11,0	95,88	-	0 - 5
No. 8	2,36	123,5	4,12	100	-	-
No. 16	1,18	-	-	100	-	-
No. 30	0,60	-	-	100	-	-
No. 50	0,30	-	-	100	-	-
No. 100	0,15	-	-	100	-	-
JUMLAH		3000	100	716,19		

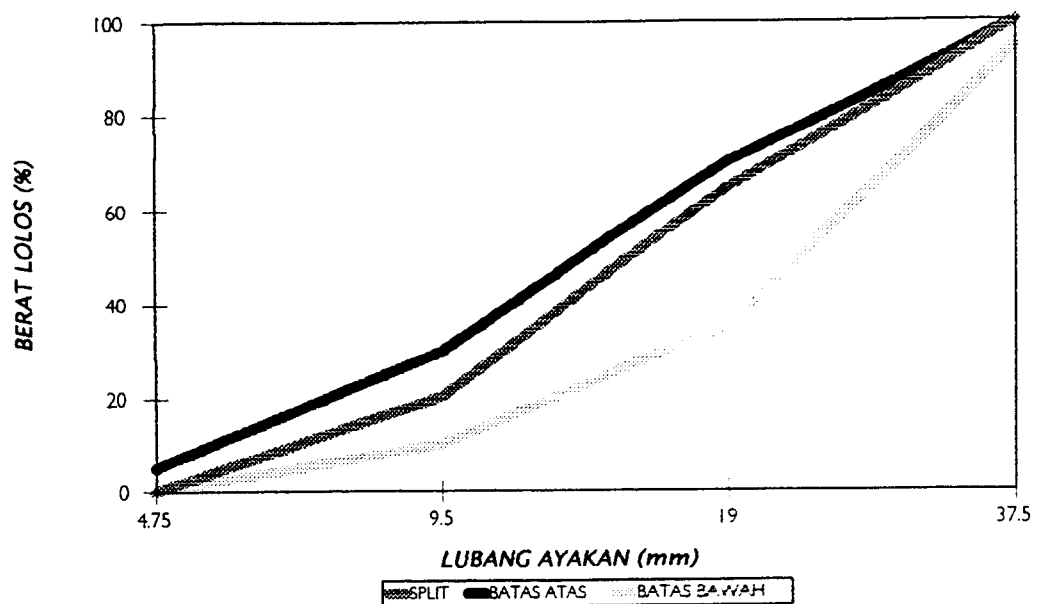
Perhitungan modulus halus butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ kumulatif berat tertahan}}{\% \text{ berat tertahan}}$$

$$= \frac{716,19}{100} = 7,16$$



Grafik hasil pemeriksaan gradasi split dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Split

Dari hasil pemeriksaan gradasi, split yang dipergunakan pada penelitian ini seluruhnya berada pada daerah baik. Agregat kasar (split) asal kali Progo tersebut memenuhi persyaratan ASTM-C-33-74a, sehingga dapat dipergunakan sebagai campuran beton.

#### 3.4.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Limbah Kerak Tanur Tinggi

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat kasar limbah kerak tanur tinggi (slag) dan split dalam keadaan SSD serta mengetahui absorpsi agregat kasar terhadap air. Dari hasil penelitian terhadap agregat kasar didapatkan :

- Berat jenis SSD slag =  $3.58 \text{ gr/cm}^3$

- Absorpsi Slag = 1,35 %
- Berat jenis SSD split = 2,64 gram/cm<sup>3</sup>
- Absorpsi split = 3 %

Berat jenis agregat kasar limbah kerak tanur tinggi lebih tinggi daripada berat jenis split. Absorpsi limbah kerak menunjukkan angka yang kecil, oleh karena itu tidak dibahas lebih lanjut. Hasil pemeriksaan absorpsi dapat dilihat pada lampiran C-2.

### **3.4.3 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Limbah Kerak Tanur Tinggi**

Pemeriksaan keausan agregat dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan agregat kasar. Pemeriksaan ini dilakukan dengan mempergunakan alat Los Angeles Rattler Test. PBI-71 mensyaratkan bahwa prosentase keausan agregat kasar tidak boleh melebihi 50 %. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tingkat keausan agregat kerak tanur tinggi adalah 12,6 %, yang berarti memenuhi persyaratan. Hasil pemeriksaan abrasi selengkapnya dapat dilihat pada lampiran C-3.

### **3.5 Perhitungan Proporsi Campuran**

Perhitungan proporsi campuran beton yang dipergunakan untuk membuat kubus uji mempergunakan perbandingan volume. Perbandingan yang digunakan adalah 1 : 2 : 3 dan 1 : 1,5 : 2,5 dan faktor air semen (fas) = 0,54.

**a. Kerak tanur tinggi (slag) dengan perbandingan volume 1 : 2 : 3**

Hitungan pendekatan banyak bahan yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> beton<sup>7)</sup> :

$$\text{semen} = 340 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{pasir} = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{slag} = 0,82 \text{ m}^3$$

$$\text{fas } 0,54 = 0,54 \times 340 = 183,60 \text{ kg/m}^3$$

Proporsi hitungan untuk 20 kubus beton ukuran 15 x 15 x 15 cm :

$$\text{kebutuhan adukan untuk 20 kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm} = 0,06750 \text{ m}^3$$

$$\text{Sisa adukan} = 0,01830 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{r} \text{jumlah} = 0,08580 \text{ m}^3 \end{array}$$

$$\text{semen 2 ember} \approx 30,3 \text{ kg}$$

$$\text{pasir 4 ember} \approx 52,1 \text{ kg}$$

$$\text{slag 6 ember} \approx 104,2 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah} = 0,08580 \text{ m}^3 \approx 186,6 \text{ kg}$$

$$\text{air} = 0,54 \times 30,3 = 16,36 \text{ kg}$$

Bahan susun untuk tiap m<sup>3</sup> beton :

Kebutuhan agregat halus dan kasar diukur berdasarkan volume ember.

Untuk mencari volume ember :

- berat ember kosong = g<sub>1</sub>
- berat ember diisi air penuh (rata) = g<sub>2</sub>

---

7. J. A. Mukomuko, 1994, DASAR PENYUSUNAN ANGGARAN BIAYA BANGUNAN, Gaya Media Pratama, Jakarta.

$$\text{volume ember} = \frac{(g_2 - g_1) \text{ kg}}{1 \text{ kg / liter}}$$

$$g_1 = 0,348 \text{ kg}$$

$$g_2 = 12,20 \text{ kg}$$

$$\text{volume ember} = \frac{(12,20 - 0,348) \text{ kg}}{1 \text{ kg / liter}} = 11,852 \text{ liter}$$

$$\text{pasir} = 4 \text{ ember} = 4 \times 11,852 \text{ liter} = 47,408 \text{ liter} = 0,047408 \text{ m}^3$$

$$\text{slag} = 6 \text{ ember} = 6 \times 11,852 \text{ liter} = 71,112 \text{ liter} = 0,071112 \text{ m}^3$$

Untuk tiap m<sup>3</sup> beton dibutuhkan bahan :

$$\text{semen} = 340 \text{ kg}$$

$$\text{pasir} = (1/0,0858) \times 0,047408 = 0,550 \text{ m}^3$$

$$\text{slag} = (1/0,0858) \times 0,071112 = 0,830 \text{ m}^3$$

$$\text{air} = 0,54 \times 340 = 183,60 \text{ kg}$$

**b. Kerak tanur tinggi (slag) dengan perbandingan volume 1 : 1,5 : 2,5**

Hitungan pendekatan banyak bahan yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> beton :

$$\text{semen} = 415 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{pasir} = 0,48 \text{ m}^3$$

$$\text{slag} = 0,80 \text{ m}^3$$

$$\text{fas } 0,54 = 0,54 \times 415 = 224,10 \text{ kg/m}^3$$

Proporsi hitungan untuk 20 kubus beton ukuran 15 x 15 x 15 cm :

kebutuhan adukan untuk 20 kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm = 0,06750 m<sup>3</sup>

Sisa adukan = 0,0021 m<sup>3</sup>  
 +  
 jumlah = 0,0696 m<sup>3</sup>

semen 2 ember ≈ 30,3 kg

pasir 3 ember ≈ 38,7 kg

slag 5 ember ≈ 86,8 kg

jumlah = 0,06960 m<sup>3</sup> ≈ 155,8 kg

air = 0,54 x 30,3 = 16,36 kg

Bahan susun untuk tiap m<sup>3</sup> beton :

Kebutuhan agregat halus dan kasar diukur berdasarkan volume ember.

Untuk mencari volume ember :

- berat ember kosong = g<sub>1</sub>
- berat ember diisi air penuh (rata) = g<sub>2</sub>

$$\text{volume ember} = \frac{(g_2 - g_1) \text{ kg}}{1 \text{ kg/liter}}$$

$$g_1 = 0,348 \text{ kg}$$

$$g_2 = 12,20 \text{ kg}$$

$$\text{volume ember} = \frac{(12,20 - 0,348) \text{ kg}}{1 \text{ kg/liter}} = 11,852 \text{ liter}$$

$$\text{pasir} = 3 \text{ ember} = 3 \times 11,852 \text{ liter} = 35,556 \text{ liter} = 0,035556 \text{ m}^3$$

$$\text{slag} = 5 \text{ ember} = 5 \times 11,852 \text{ liter} = 59,260 \text{ liter} = 0,059260 \text{ m}^3$$

Untuk tiap m<sup>3</sup> beton dibutuhkan bahan :

$$\text{semen} = 415 \text{ kg}$$

$$\text{pasir} = (1/0,0696) \times 0,035556 = 0,510 \text{ m}^3$$

$$\text{slag} = (1/0,0696) \times 0,059260 = 0,850 \text{ m}^3$$

$$\text{air} = 0,54 \times 415 = 224,10 \text{ kg}$$

**c. Split dengan perbandingan volume 1 : 2 : 3 dan fas = 0,54**

Hitungan pendekatan banyak bahan yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> beton :

$$\text{semen} = 340 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{pasir} = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{split} = 0,82 \text{ m}^3$$

$$\text{fas } 0,54 = 0,54 \times 340 = 183,60 \text{ kg/m}^3.$$

Proporsi hitungan untuk 20 kubus beton ukuran 15 x 15 x 15 cm :

$$\text{kebutuhan adukan untuk 20 kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm} = 0,0675 \text{ m}^3$$

$$\text{Sisa adukan} = 0,0179 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{r} \text{jumlah} = 0,0854 \text{ m}^3 \end{array} +$$

$$\text{semen 2 ember} \approx 30,2 \text{ kg}$$

$$\text{pasir 4 ember} \approx 51,3 \text{ kg}$$

$$\text{split 6 ember} \approx 75,9 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{r} \text{jumlah} = 0,08540 \text{ m}^3 \approx 157,4 \text{ kg} \end{array} +$$

$$\text{air} = 0,54 \times 30,3 = 16,36 \text{ kg}$$

Bahan susun untuk tiap m<sup>3</sup> beton :

Kebutuhan agregat halus dan kasar diukur berdasarkan volume ember.

Untuk mencari volume ember :

- berat ember kosong =  $g_1$
- berat ember diisi air penuh (rata) =  $g_2$

$$\text{volume ember} = \frac{(g_2 - g_1) \text{ kg}}{1 \text{ kg/liter}}$$

$$g_1 = 0,348 \text{ kg}$$

$$g_2 = 12,20 \text{ kg}$$

$$\text{volume ember} = \frac{(12,20 - 0,348) \text{ kg}}{1 \text{ kg/liter}} = 11,852 \text{ liter}$$

$$\text{pasir} = 4 \text{ ember} = 4 \times 11,852 \text{ liter} = 47,408 \text{ liter} = 0,047408 \text{ m}^3$$

$$\text{split} = 6 \text{ ember} = 6 \times 11,852 \text{ liter} = 71,112 \text{ liter} = 0,071112 \text{ m}^3$$

Untuk tiap m<sup>3</sup> beton dibutuhkan bahan :

$$\text{semen} = 340 \text{ kg}$$

$$\text{pasir} = (1/0,8540) \times 0,047408 = 0,560 \text{ m}^3$$

$$\text{split} = (1/0,8540) \times 0,071112 = 0,830 \text{ m}^3$$

$$\text{air} = 0,54 \times 340 = 183,60 \text{ kg}$$

**d. Split dengan perbandingan volume 1 : 1,5 : 2,5 dan fas = 0,54**

Hitungan pendekatan banyak bahan yang dibutuhkan untuk 1 m<sup>3</sup> beton :

$$\text{semen} = 415 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{pasir} = 0,48 \text{ m}^3$$

$$\text{split} = 0,80 \text{ m}^3$$

$$\text{fas } 0,54 = 0,54 \times 415 = 224,10 \text{ kg/m}^3.$$

Proporsi hitungan untuk 20 kubus beton ukuran 15 x 15 x 15 cm :

$$\text{kebutuhan adukan untuk 20 kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm} = 0,0675 \text{ m}^3$$

$$\text{Sisa adukan} = 0,0036 \text{ m}^3$$

$$\text{jumlah} = 0,0711 \text{ m}^3$$

$$\text{semen 2 ember} \approx 30,4 \text{ kg}$$

$$\text{pasir 3 ember} \approx 39,1 \text{ kg}$$

$$\text{split 5 ember} \approx 64,3 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah} = 0,0711 \text{ m}^3 \approx 133,8 \text{ kg}$$

$$\text{air} = 0,54 \times 30,3 = 16,36 \text{ kg}$$

Bahan susun untuk tiap m<sup>3</sup> beton :

Kebutuhan agregat halus dan kasar diukur berdasarkan volume ember.

Untuk mencari volume ember :

- berat ember kosong =  $g_1$
- berat ember diisi air penuh (rata) =  $g_2$

$$\text{volume ember} = \frac{(g_2 - g_1) \text{ kg}}{1 \text{ kg/liter}}$$

$$g_1 = 0,348 \text{ kg}$$

$$g_2 = 12,20 \text{ kg}$$

$$\text{volume ember} = \frac{(12,20 - 0,348) \text{ kg}}{1 \text{ kg/liter}} = 11,852 \text{ liter}$$

$$\text{pasir} = 3 \text{ ember} = 3 \times 11,852 \text{ liter} = 35,556 \text{ liter} = 0,035556 \text{ m}^3$$



$$\text{split} = 5 \text{ ember} = 5 \times 11,852 \text{ liter} = 59,260 \text{ liter} = 0,059260 \text{ m}^3$$

Untuk tiap m<sup>3</sup> beton dibutuhkan bahan :

$$\text{semen} = 415 \text{ kg}$$

$$\text{pasir} = (1/0,0711) \times 0,035556 = 0,500 \text{ m}^3$$

$$\text{split} = (1/0,0711) \times 0,05926 = 0,830 \text{ m}^3$$

$$\text{air} = 0,54 \times 415 = 224,10 \text{ kg}$$

### **3.6 Pembuatan Benda Uji**

Benda uji dibuat berdasarkan perbandingan volume 1:2:3 dan 1:1,5:2,5 dengan menggunakan faktor air semen (fas) 0,54. Sampel dibuat sebanyak 20 buah untuk setiap perbandingan volume dengan waktu pengujian pada umur 7 hari. Tiap perbandingan volume digunakan agregat kasar berupa slag dan split, sehingga jumlah sampel keseluruhan adalah 80 buah kubus beton dengan ukuran 15x15x15 cm. Hasil pengujian berat jenis kubus beton untuk tiap perbandingan dan agregat kasar yang digunakan dapat dilihat pada bab 3.6.1.

### 3.6.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Benda Uji

Tabel 3.6 Beton Campuran Split Umur 7 hari  
Perbandingan 1:2:3 dengan fas = 0,54

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3493.0152	8.25	2361.8563
2	3476.9464	8.10	2329.6304
3	3509.2281	8.25	2350.9444
4	3491.0266	8.20	2348.8793
5	3442.7407	8.20	2381.8233
6	3404.0995	7.95	2335.4194
7	3550.9967	8.25	2323.2914
8	3438.3531	8.10	2355.7790
9	3463.4341	8.30	2396.4654
10	3525.4499	8.30	2354.3095
11	3479.3312	7.90	2270.5513
12	3470.1267	8.00	2305.3914
13	3453.7116	8.10	2345.3029
14	3569.8328	8.20	2297.0263
15	3490.7496	8.30	2377.7128
16	3410.9939	8.00	2345.3574
17	3465.6192	8.30	2394.9544
18	3451.8650	8.10	2346.5576
19	3488.6754	8.20	2350.4623
20	3505.9804	8.50	2424.4288

$$BJ = \frac{\text{berat}}{\text{volume}} \text{ kg / m}^3$$

$$BJ_{rata-rata} = \frac{\sum BJ}{n} = 2349,8072 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 3.7 Beton Campuran Split Umur 7 hari  
Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas = 0,54

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3484.0455	8.20	2353.5858
2	3500.1772	8.30	2371.3085
3	3484.1273	8.40	2410.9337
4	3497.8365	8.10	2315.7172
5	3534.8401	8.15	2305.6206
6	3516.3635	8.25	2346.1738
7	3477.0729	8.20	2358.3054
8	3431.3806	8.10	2360.5659
9	3447.4916	8.10	2349.5344
10	3497.9578	8.10	2315.6369
11	3449.4692	8.00	2319.1974
12	3399.7290	8.10	2382.5429
13	3490.9631	8.10	2320.2766
14	3476.8903	8.00	2300.9067
15	3461.0543	8.00	2311.4344
16	3431.5490	8.20	2389.5914
17	3486.3754	8.05	2308.9883
18	3406.5165	8.00	2348.4401
19	3438.3289	7.95	2312.1697
20	3445.1074	8.00	2322.1337

$$BJ_{rata-rata} = \frac{\sum BJ}{n} = 2340,1532 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 3.8 Beton Campuran Slag Umur 7 hari  
Perbandingan 1:2:3 dengan fas = 0,54

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3395.2350	9.20	2709.6799
2	3504.8571	9.60	2739.0561
3	3397.5405	9.20	2707.8411
4	3435.9778	9.20	2677.5493
5	3429.2598	9.40	2741.1163
6	3490.8905	9.40	2692.7227
7	3465.6427	9.40	2712.3396

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
8	3479.3214	9.30	2672.9350
9	3502.5528	9.40	2683.7569
10	3390.6691	9.00	2654.3434
11	3525.5408	9.40	2666.2577
12	3445.1344	9.40	2728.4857
13	3465.5625	9.60	2770.1131
14	3514.0211	9.70	2760.3705
15	3350.2471	9.30	2775.9146
16	3465.6973	9.40	2712.2969
17	3456.4820	9.70	2806.3216
18	3474.9495	9.70	2791.4075
19	3417.8564	9.70	2838.0361
20	3500.1984	9.80	2799.8413

$$BJ_{rata-rata} = \frac{\sum BJ}{n} = 2732,0193 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 3.9 Beton Campuran Slag Umur 7 hari  
Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas = 0,54

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
1	3490.9404	9.60	2749.9754
2	3495.5242	9.50	2717.7612
3	3436.1047	9.60	2793.8613
4	3447.2351	9.40	2726.8231
5	3454.1059	9.40	2721.3989
6	3521.0329	9.50	2698.0719
7	3474.8949	9.60	2762.6735
8	3460.8095	9.60	2773.9175
9	3537.0984	9.60	2714.0890
10	3467.5686	9.30	2681.9945
11	3521.0207	9.60	2726.4821
12	3461.1691	9.50	2744.7373
13	3470.3378	9.60	2766.3013
14	3408.8611	9.60	2816.1898
15	3410.9715	9.30	2726.4960
16	3399.7980	9.50	2794.2836

No	VOLUME ( $cm^3$ )	BERAT (kg)	BERAT JENIS ( $kg/m^3$ )
17	3422.4332	9.50	2775.8029
18	3477.2522	9.60	2760.8006
19	3442.8133	9.50	2759.3713
20	3479.5581	9.50	2730.2318

$$BJ_{rata-rata} = \frac{\sum BJ}{n} = 2747,0632 \text{ kg/m}^3$$

### 3.7 Hasil Penelitian

Hasil pengujian kuat tekan benda uji setiap perbandingan dapat dilihat pada bab 3.7.1.

Rumus untuk menghitung kuat tekan beton<sup>8)</sup> adalah :

$$\sigma_{ds} = \frac{N}{A_g} \dots\dots\dots (3.1)$$

keterangan :

$\sigma_{ds}$  = kuat tekan beton ( $kg/cm^2$ )

N = beban maksimum ( $kN$ )

$A_g$  = luas bruto penampang ( $cm^2$ )

---

8. Gideon Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasarkan Sksni T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.

Tabel 3.10 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton  
Campuran Split Umur 7 hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas = 0,54

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
1	228.0036	465	203.944
2	229.6530	570	248.201
3	229.2115	500	218.139
4	229.8240	580	252.367
5	226.4961	425	187.641
6	224.3968	505	225.048
7	230.5842	565	245.030
8	228.0075	530	232.448
9	227.7077	570	250.321
10	229.6710	520	226.411
11	227.5560	530	232.910
12	226.9540	480	211.497
13	224.9975	490	217.780
14	232.5624	470	202.096
15	228.4522	520	227.619
16	224.9996	540	240.000
17	227.1048	500	220.163
18	226.3518	530	234.149
19	228.7656	460	201.079
20	233.4208	500	214.205

$$\begin{aligned}\sigma_{ds} \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma_{ds}}{n} \\ &= 224,552 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tabel 3.11 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton  
Campuran Split Umur 7 hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas = 0,54

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
1	228.4620	585	256.060
2	229.2192	630	274.846
3	229.0682	630	275.027
4	228.9160	630	275.210
5	231.3377	540	233.425
6	232.1032	490	211.113
7	228.4542	635	277.955
8	225.6003	530	234.929
9	228.4620	500	218.855
10	230.4320	550	238.682
11	225.7506	550	243.632
12	224.8498	470	209.028
13	228.7656	520	227.307
14	232.2572	490	210.973
15	227.1033	520	228.971
16	228.0099	485	212.710
17	231.1920	530	229.247
18	226.7987	535	235.892
19	226.8027	510	224.865
20	226.6518	550	242.663

$$\sigma_{ds} \text{ rata-rata} = \frac{\sum \sigma_{ds}}{n}$$

$$= 238,069 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 3.12 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton  
Campuran Slag Umur 7 hari Perbandingan 1:2:3 dengan fas = 0,54

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
1	226.3490	510	225.316
2	231.3437	540	233.419
3	226.3518	540	238.567



No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
4	226.3490	550	242.988
5	228.1610	520	227.909
6	228.3120	515	225.569
7	228.6044	540	236.216
8	231.6459	520	224.481
9	231.0391	520	225.070
10	226.4976	510	225.168
11	230.4275	520	225.668
12	226.9522	545	240.139
13	227.2500	540	237.624
14	231.0336	560	242.389
15	222.9040	510	228.798
16	228.6080	535	234.025
17	228.7546	530	231.689
18	229.8247	510	221.908
19	225.8993	510	225.764
20	229.3708	490	213.628

$$\begin{aligned}\sigma_{ds} \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma_{ds}}{n} \\ &= 230,317 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Tabel 3.13 Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan Kubus Beton

Campuran Slag Umur 7 hari Perbandingan 1:1,5:2,5 dengan fas = 0,54

No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cmm <sup>2</sup> )
1	228.6143	615	269.012
2	229.2147	595	259.582
3	227.2556	615	270.620
4	226.0482	590	261.006
5	226.9452	630	277.600
6	230.7361	570	247.035
7	228.4612	645	282.324
8	226.1967	660	291.781
9	231.0319	580	251.048
10	226.7867	610	268.975



No	LUAS (cm <sup>2</sup> )	BEBAN MAX (KN)	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )
11	230.5842	655	284.061
12	228.9133	635	277.398
13	230.1285	665	288.969
14	226.5024	580	256.068
15	224.8498	600	266.845
16	226.3514	725	320.298
17	227.8584	710	311.597
18	229.0680	720	314.317
19	227.2484	700	308.033
20	229.6738	565	246.001

$$\begin{aligned}\sigma_{ds} \text{ rata-rata} &= \frac{\sum \sigma_{ds}}{n} \\ &= 277,629 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

## **BAB IV**

### **ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Karakteristik Beton**

Kekuatan tekan beton mempunyai kecenderungan untuk bervariasi dari adukan ke adukan. Besar variasi tergantung dari beberapa faktor, antara lain adalah variasi mutu bahan dari satu adukan ke adukan berikutnya, variasi cara pengadukan dan ketrampilan dan stabilitas pengaduk atau pekerja.

##### **4.1.1 Variasi Mutu Bahan dari Satu Adukan ke Adukan Berikutnya**

Bahan penyusun beton harus diaduk sedemikian rupa hingga tercapai penyebaran material yang merata (homogen). Mutu bahan penyusun yang digunakan dapat berpengaruh pada kuat tekan beton yang dihasilkan.

Mutu bahan yang digunakan pada penelitian ini telah diperiksa di laboratorium dan memenuhi persyaratan. Mutu bahan yang memenuhi persyaratan diharapkan akan menghasilkan mutu beton yang baik.

#### 4.1.2 Variasi Cara Pengadukan

Pada percobaan ini, pengadukan dilakukan dengan mesin pengaduk (molen) berkapasitas  $\pm 0,05 \text{ m}^3$ . Karena pada penelitian ini menggunakan 20 kubus beton berukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$  atau  $0,0675 \text{ m}^3$  campuran untuk tiap perbandingan volume, maka dilakukan pengadukan sebanyak dua kali. Pengujian slump dilakukan pada tiap adukan untuk menjaga mutu campuran.

#### 4.1.3 Ketrampilan dan Stabilitas Pengaduk atau Pekerja

Salah satu faktor yang penting adalah ketrampilan dalam melakukan pengadukan, agar dihasilkan mutu beton yang baik. Pengadukan pada penelitian ini dibantu oleh pegawai Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik.

Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan mutu pelaksanaan. Cara perhitungan kekuatan beton karakteristik dipergunakan rumus sebagai berikut<sup>9)</sup>.

$$\sigma_{bm}' = \frac{\sum_1^n \sigma_b'}{n} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4.2)$$

9. \_\_\_\_\_, 1971, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA N. 1-2, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Dirjen Cipta Karya.

Rumus untuk menghitung kuat tekan karakteristik beton adalah :

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1,64 S \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

keterangan :

$\sigma_{bk}'$  = kuat tekan karakteristik beton ( $kg/cm^2$ )

$\sigma_{bm}'$  = kuat tekan beton rata-rata ( $kg/cm^2$ )

$\sigma_b'$  = kuat tekan beton dari masing-masing benda uji ( $kg/cm^2$ )

$S$  = deviasi standar ( $kg/cm^2$ )

$n$  = jumlah benda uji

Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Agregat Split 7 Hari dan Perbandingan 1 : 2 : 3 serta fas 0,54

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	203.944	224.552	424.70
2	248.201	224.552	559.24
3	218.139	224.552	41.13
4	252.367	224.552	773.65
5	187.641	224.552	1362.44
6	225.048	224.552	0.25
7	245.030	224.552	419.32
8	232.448	224.552	62.35
9	250.321	224.552	664.02
10	226.411	224.552	3.45
11	232.910	224.552	69.84
12	211.497	224.552	170.45
13	217.780	224.552	45.86
14	202.096	224.552	504.28
15	227.619	224.552	9.40
16	240.000	224.552	238.64
17	220.163	224.552	19.27
18	234.149	224.552	92.09
19	201.079	224.552	550.99
20	214.205	224.552	107.06
$\Sigma$	4491.048		6118.44

$$\sigma_{bm}' = 4491,048/20 = 224,552 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{6118,44}{20-1}} = 17,945 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1,64 S$$

$$= 224,552 - 1,64 \times 17,945$$

$$= 195,122 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4.2 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Agregat Split Umur 7 Hari dan Perbandingan 1 : 1,5 : 2,5 serta fas 0,54

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	256.060	238.069	323.66
2	274.846	238.069	1352.52
3	275.027	238.069	1365.88
4	275.210	238.069	1379.43
5	233.425	238.069	21.57
6	211.113	238.069	726.65
7	277.955	238.069	1590.86
8	234.929	238.069	9.86
9	218.855	238.069	369.21
10	238.682	238.069	0.38
11	243.632	238.069	30.94
12	209.028	238.069	843.38
13	227.307	238.069	115.83
14	210.973	238.069	734.22
15	228.971	238.069	82.79
16	212.710	238.069	643.10
17	229.247	238.069	77.84
18	235.892	238.069	4.74
19	224.865	238.069	174.36
20	242.663	238.069	21.10
$\Sigma$	4761.390		9868.31

$$\sigma_{bm}' = 4761,390/20 = 238,069 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{9868,31}{20-1}} = 22,790 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bk}' &= \sigma_{bm}' - 1,64 S \\ &= 238,069 - 1,64 \times 22,790 \\ &= 200,693 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Agregat Slag Umur 7 Hari dengan Perbandingan 1 : 2 : 3 serta fas 0,54

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	225.316	230.317	25.01
2	233.419	230.317	9.62
3	238.567	230.317	68.06
4	242.988	230.317	160.55
5	227.909	230.317	5.80
6	225.569	230.317	22.54
7	236.216	230.317	34.80
8	224.481	230.317	34.06
9	225.070	230.317	27.53
10	225.168	230.317	26.51
11	225.668	230.317	21.61
12	240.139	230.317	96.47
13	237.624	230.317	53.39
14	242.389	230.317	145.74
15	228.798	230.317	2.31
16	234.025	230.317	13.75
17	231.689	230.317	1.88
18	221.908	230.317	70.70
19	225.764	230.317	20.72
20	213.628	230.317	278.51
$\Sigma$	4606.333		1119.59

$$\sigma_{bm}' = 4606,333/20 = 230,317 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{1119,59}{20-1}} = 7,676 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1,64 S$$

$$= 230,317 - 1,64 \times 7,676$$

$$= 217,728 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4. 4 Perhitungan Kuat Tekan Karakteristik Beton  
Agregat Slag Umur 7 Hari dengan Perbandingan  
1 : 1,5 : 2,5 serta fas 0,54

No	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bm}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	269.012	277.629	74.24
2	259.582	277.629	325.68
3	270.620	277.629	49.11
4	261.006	277.629	276.30
5	277.600	277.629	0.0008
6	247.035	277.629	935.94
7	282.324	277.629	22.04
8	291.781	277.629	200.30
9	251.048	277.629	706.55
10	268.975	277.629	74.88
11	284.061	277.629	41.38
12	277.398	277.629	0.05
13	288.969	277.629	128.61
14	256.068	277.629	464.86
15	266.845	277.629	116.29
16	320.298	277.629	1820.72
17	311.597	277.629	1153.86
18	314.317	277.629	1346.05
19	308.033	277.629	924.43
20	246.001	277.629	1000.30
$\Sigma$	5552.571		9661.59

$$\sigma_{bm}' = 5552,571/20 = 277,629 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{9661,59}{20-1}} = 22,550 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1,64 S$$

$$= 277,629 - 1,64 \times 22,550$$

$$= 240,647 \text{ kg/cm}^2$$



## 4.2 Pembahasan

Berat jenis beton akan menentukan berat beton yang merupakan berat sendiri dalam perencanaan suatu konstruksi. Berat jenis beton dipengaruhi oleh berat jenis bahan penyusunnya. Semakin berat agregat bahan yang digunakan, maka berat satuan beton akan semakin besar.

Pada penelitian ini, kekerasan agregat kasar mempengaruhi besarnya kuat tekan beton pada perbandingan volume, umur dan faktor air semen yang sama. Berat satuan kerak tanur tinggi (slag) lebih besar daripada berat satuan split.

Dari hasil percobaan didapatkan :

1. Kuat tekan beton dengan agregat slag pada umur 7 hari dengan perbandingan 1:2:3 lebih besar daripada beton dengan agregat split pada umur dan perbandingan yang sama.
2. Kuat tekan beton dengan agregat slag pada umur 7 hari dengan perbandingan 1:1,5:2,5 lebih besar daripada beton dengan agregat split pada umur dan perbandingan yang sama.
3. Kuat tekan beton dengan agregat kasar slag pada umur 28 hari :

Menurut PBI '71, kuat tekan beton pada umur 7 hari baru mencapai 65 %.

- Kuat tekan beton dengan perbandingan 1:2:3

$$\sigma_{bk}' = \frac{217,728}{0,65} = 334,966 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan beton dengan perbandingan 1:1,5:2,5

$$\sigma_{bk}' = \frac{240,647}{0,65} = 370,226 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan beton mutu tinggi adalah jika  $K_{300}$  atau sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga beton dengan agregat kasar slag pada penelitian ini dapat digolongkan sebagai beton mutu tinggi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil pengujian kuat desak dan berat jenis beton berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm pada umur 7 hari dengan perbandingan volume 1:2:3 dan 1:1,5:2,5 serta fas 0,54 di laboratorium, diperoleh bahwa beton dengan agregat kasar kerak tanur tinggi (*slag*) mempunyai kuat desak yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton dengan agregat kasar split pada umur, perbandingan volume dan fas yang sama.
2. Beton dengan agregat kasar kerak tanur tinggi (*slag*) asal P.T Karakatau Steel, Cilegon, Jawa Barat, berdasarkan berat jenisnya dapat dikategorikan sebagai beton berat. Berat jenis beton rata-rata dengan agregat slag adalah 2732,0193 kg/m<sup>3</sup> dan 2747,0632 kg/m<sup>3</sup> yang berada diatas berat jenis beton normal yaitu sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>

3. Kuat tekan beton karakteristik tertinggi yang dicapai pada penelitian ini adalah sebesar 240,647 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan beton karakteristik tertinggi dicapai pada campuran dengan perbandingan volume 1:1,5:2,5 dengan agregat kasar berupa slag.
4. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tingkat keausan agregat kerak tanur tinggi adalah 12,60 %, lebih kecil dari persyaratan PBI '71 sebesar 50 %. Agregat kerak tanur tinggi yang digunakan memenuhi persyaratan bahan agregat kasar untuk campuran beton.
5. Beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar kerak tanur tinggi (slag) pada penelitian ini dapat digolongkan sebagai beton mutu tinggi.

## 5.2 Saran

1. Pencampuran adukan beton dengan perbandingan volume masih dapat menghasilkan beton dengan mutu yang cukup baik, tetapi harus dilakukan pengawasan dan perbandingan campuran yang memenuhi syarat kekuatan, kelecakan (*workability*) dan ketahanan (*durability*).
2. Penggunaan agregat kasar berupa kerak tanur tinggi sebaiknya digunakan pada proyek yang relatif tidak jauh dari lokasi pabrik penghasil limbah,

karena biaya pengangkutan merupakan faktor ekonomis yang harus dipertimbangkan.

3. Penggunaan agregat kasar berupa kerak tanur tinggi (slag) harus dikaji lebih lanjut. Kerak tanur tinggi mengandung FeO (*ferro monoksida*) kurang lebih sebesar 38,31 %, yang mungkin dapat berpengaruh pada beton.

## DAFTAR PUSTAKA

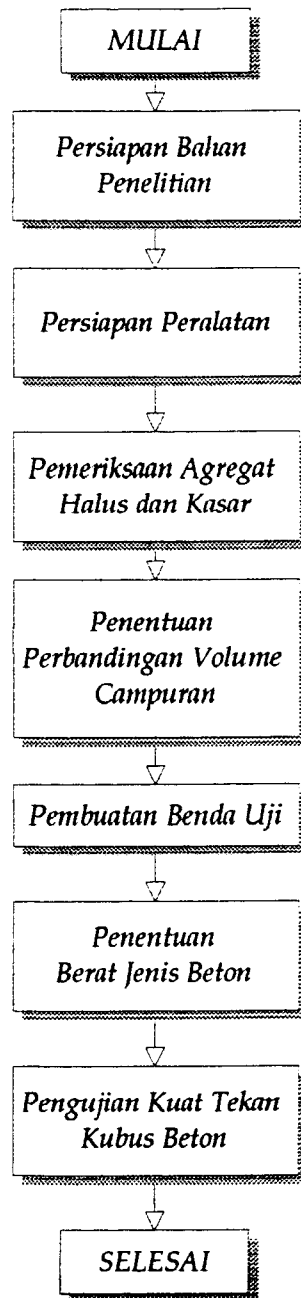
1. \_\_\_\_\_, 1979, PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 NI-2, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, Yayasan LPMB, Bandung.
2. \_\_\_\_\_, 1987, PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN UNTUK RU-MAH DAN GEDUNG, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
3. \_\_\_\_\_, 1989, PEDOMAN BETON, DRAFT KONSENSUS, Badan Penelitian dan Pengembangan P.U, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
4. \_\_\_\_\_, 1991, TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BETON SK-SNI, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Cipta Karya, Yayasan LPMB, Bandung.
5. \_\_\_\_\_, 1992, PETUNJUK PRAKTIKUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK, LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, Yogyakarta.
6. Ahmad, Antono, 1985, DIKTAT BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK SIPIL I, Laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
7. Gideon, Kusuma, 1993, PEDOMAN Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03, Penerbit Erlangga.
8. J.A, Mukomoko, 1994, DASAR PENYUSUNAN ANGGARAN BIAYA BANGUNAN, Gaya Media Pratama, Jakarta.
9. Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, TEKNOLOGI BETON, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

10. Murdoch, L. J Brook, K. M, 1986, BAHAN DAN PRAKTEK BETON, edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
11. Wang, Chu Kia, Salmon, Charles G, 1993, DESAIN BETON BERTULANG, Edisi Keempat Jilid I, Penerbit Erlangga.

**LAMPIRAN**  
**TUGAS AKHIR**



## DIAGRAM ALIR PENELITIAN



## 1. Pemeriksaan Bahan Batuan

### 1.1 Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

#### a. Cara dan Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam Pasir.

- ◆ Mengambil pasir kering oven yang lolos saringan 4,75 mm dan seberat 100 gram ( $W_1$ ).
- ◆ Pasir dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc kemudian menuangkan air kedalamnya sehingga tinggi air mencapai 12 cm diatas permukaan pasir. Campuran tersebut dikocok sebanyak 10 kali, kemudian air yang kotor dibuang. Diusahakan tidak ada butiran yang terbuang saat membuang air kotor.
- ◆ Pasir yang telah dicuci dituangkan dalam pan alumunium, air yang terbawa diambil dengan mempergunakan pipet. Pasir tersebut dimasukkan kedalam oven dengan suhu 120°C selama 24 jam.
- ◆ Pasir dari oven dimasukkan kedalam desikator untuk mendapatkan suhu kamar, kemudian pasir ditimbang beratnya ( $W_2$ ).  $W_2 = 97,01$  gram.
- ◆ Prosentase kandungan lumpur diperoleh dengan rumus :

$$\begin{aligned} L &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \\ &= \frac{100 - 97,01}{100} \times 100 \% \\ &= 2,99 \text{ (lebih kecil dari 5 \%)} \end{aligned}$$

### **b. Cara Pengujian Gradasi Agregat Halus (Pasir)**

- ◆ Menyiapkan agregat halus sebanyak 2000 gram.
- ◆ Memasang ayakan sesuai dengan urutan, yaitu 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.3 mm, 0.15 mm.
- ◆ Menuangkan contoh agregat halus (pasir) kedalam ayakan teratas dan menutupnya rapat.
- ◆ Menggoyangkan set ayakan dengan mesin selama  $\pm 15$  menit.
- ◆ Menimbang dan mencatat jumlah butiran agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.

### **c. Penelitian Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)**

- ◆ Menyiapkan agregat halus yang telah dioven pada suhu 105-110 °C.
- ◆ Mendinginkan agregat dalam suhu ruang, kemudian merendam kedalam air selama 24 jam.
- ◆ Membuang air perendam dan menjaga supaya tidak ada butiran yang terbang, Menuangkan agregat kedalam talam dan mengeringkan pada udara panas dengan cara dibalik-balikkan hingga kering permukaan jenuh.
- ◆ Memeriksa keadaan kering permukaan jenuh dengan cara memasukkan kedalam kerucut terpancung dan memadatkan dengan menumbuk sebanyak 25 kali. Keadaan permukaan jenuh adalah apabila saat kerucut tersebut diangkat, benda uji runtuh namun masih dalam keadaan tercetak.
- ◆ Mengambil pasir dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram (C) dan memasukkan kedalam picnometer dan mengisinya dengan air suling hingga 90 % isi picnometer. Picnometer diputar dan digoncangkan hingga tidak terlihat gelembung udara didalamnya.

- ◆ Picnometer didiamkan selama 24 jam.
- ◆ Menimbang picnometer berisi air dan benda uji tersebut (BT). BT = 1005 gram
- ◆ Mengeluarkan dan mengeringkan agregat dari picnometer dan mengeringkan dalam oven pada suhu 105-110 °C selama 24 jam.
- ◆ Mengeluarkan dan menimbang benda uji (BK). BK = 492 gram.
- ◆ Menimbang picnometer berisi air (B). B = 689 gram.
- ◆ Berat jenis diperoleh dengan rumus :

$$\begin{aligned}BJ_p &= \frac{BK}{B + C - BT} \\ &= \frac{492}{689 + 500 - 1005} \\ &= 2,67\end{aligned}$$

## 1.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

### a. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan penyerapan air terhadap agregat kasar.

Tahap pelaksanaan pemeriksaan adalah :

- ◆ Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu dan bahan lain yang melekat di permukaan.
- ◆ Mengeringkan benda uji dalam oven dengan suhu 105° C.
- ◆ Mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- ◆ Menimbang benda uji ( $B_u$ ).
- ◆ Merendam benda uji dalam air selama 24 jam.
- ◆ Mengeluarkan benda uji dari rendaman air. Benda uji dilap hingga selaput air pada permukaan hilang (SSD).
- ◆ Menimbang benda uji didalam air. Keranjang untuk penimbangan digoncang-goncang untuk mengeluarkan udara yang terserap.
- ◆ Menentukan berat jenis kerak tanur dalam air ( $B_a$ ) yang diperoleh dengan rumus :

$$BJ_k = \frac{B_u}{Bb - Ba}$$

<b>KERAK TANUR TINGGI (SLAG)</b>	<b>SPLIT</b>
$B_u = 1000 \text{ gram}$ $B_a = 500 \text{ cc}$ $B_b = 799 \text{ cc}$	$B_u = 1000 \text{ gram}$ $B_a = 500 \text{ cc}$ $B_b = 878,8 \text{ cc}$
$BJ_{slag} = \frac{1000}{779 - 500}$ $BJ_{slag} = 3,58 \text{ gram/cc}$	$BJ_{split} = \frac{1000}{878,8 - 500}$ $BJ_{split} = 2,64 \text{ gram/cc}$

**b. Pemeriksaan Berat Tusuk Kering**

- ◆ Berat cetakan silinder ( $B_s$ ) : 10,5 kg
- ◆ Ukuran silinder
  - diameter (D) : 15 cm
  - tinggi (T) : 30 cm
- ◆ Berat silinder + kerak tanur tinggi ( $B_{sk}$ ) : 21 kg
- ◆ Berat tusuk kering diperoleh dengan rumus :

$$BJ_{dk} = \frac{B_{sk} - B_s}{\frac{1}{4} \pi D^2 T}$$

$$= 2263,537 \text{ kg/m}^3.$$

**c. Pemeriksaan Absorpsi Agregat Kasar**

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui absorpsi agregat. Langkah-langkah pemeriksaan absorpsi agregat kasar adalah sebagai berikut :

- ◆ Menimbang agregat kasar sebanyak 500 gram ( $A_s$ ).
- ◆ Agregat kasar dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 105° Celcius.
- ◆ Mengeluarkan agregat kasar dari oven
- ◆ Menimbang agregat kasar setelah dioven ( $B_o$ )

Penyerapan (absorpsi) agregat kasar dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Absorpsi} = \frac{(A_s - B_o)}{B_o} \times 100 \%$$

<b>KERAK TANUR TINGGI (SLAG)</b>	<b>SPLIT</b>
$B_o = 493,30 \text{ gram}$	$B_o = 485 \text{ gram}$
$\text{Absorpsi}_{\text{slag}} = \frac{A_s - B_o}{B_o} \times 100 \%$	$\text{Absorpsi}_{\text{split}} = \frac{A_s - B_o}{B_o} \times 100 \%$
$\text{Absorpsi}_{\text{slag}} = 1,35 \%$	$\text{Absorpsi}_{\text{split}} = 3 \%$

#### d. Pemeriksaan Ketahanan Terhadap Aus Kerak Tanur Tinggi

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui daya tahan agregat terhadap aus. Pengujian ini mempergunakan mesin *Los Angeles Rattler Test* di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Alat ini dilengkapi dengan sepuluh buah bola baja dengan diameter rata-rata 4,66 mm, dengan berat antara 390 hingga 445 gram.

Tahap pelaksanaan pemeriksaan adalah :

- ◆ Menyiapkan agregat kasar (kerak tanur tinggi) sebanyak 5000 gram (A), yang berasal dari agregat yang tertahan saringan ukuran 25,4 mm, 19 mm, 12,5 mm dan 9,5 mm masing-masing seberat 1250 gram.
- ◆ Memasukkan agregat kasar kedalam mesin *Los Angeles*.
- ◆ Mesin diputar dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 500 putaran.
- ◆ Mengeluarkan agregat dari mesin *Los Angeles* dan melakukan penyaringan dengan saringan No. 12. Menimbang butiran agregat yang tertahan saringan No. 12 (B).
- ◆ Ketahanan terhadap aus diperoleh dengan rumus :

$$\begin{aligned}\text{Ketahanan Aus} &= \frac{A - B}{A} \times 100 \% \\ &= 12,6 \%\end{aligned}$$



# LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

### AASHTO T96 - 77

Contoh dari : Cilegon (Jabar) Dikerjakan Oleh : \_\_\_\_\_  
Jenis Contoh : SLAG Syamsudin  
DI TEST TANGGAL : 26 Juli 1996 DIPERIKSA : \_\_\_\_\_  
Untuk Proyek : Penelitian Tugas Akhir. Suroto :No.Mhs.85310206

JENIS GRADASI		BENDA UJI	
SARINGAN		I	II
LOLOS	TERTAHAN		
72,2 mm (3")	63,5 mm (2,5")		
63,5mm (2,5")	50,8 mm (2")		
50,8mm (2")	37,5 mm (1,5")		
37,5 mm (1,5")	25,4 mm (1")		
25,4mm (1")	19,0 mm (3/4")	1250 gram	
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	1250 gram	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/8")	1250 gram	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")	1250 gram	
06,3 mm (1/4")	4,75 mm (No 4)		
4,75 mm (No 4)	2,36 mm (No 8)		
JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gram	
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4370 gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		12,6 %	

Yogyakarta, 26 Juli 1996.

Kepala Lab Jalan Raya FT. UII  
Subarkah MS.



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

Jl. Kaliurang Km 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554



Nama Benda Uji : Split fas : 0,54  
Umur Benda Uji : 7 hari Dibuat : 9 Sept 1996  
Perbandingan : 1:2:3 Diuji : 16 Sept 1996

No	Panjang	Lebar	Tinggi	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT (kg)	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	BEBAN MAK (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP (cm)
1	15.02	15.18	15.32	3493.0152	8.25	2361.8563	465	203.9441	7
2	15.01	15.30	15.14	3476.9464	8.10	2329.6304	570	248.2005	7
3	15.05	15.23	15.31	3509.2281	8.25	2350.9444	500	218.1391	7
4	15.12	15.20	15.19	3491.0266	8.20	2348.8793	580	252.3670	7
5	14.97	15.13	15.20	3442.7407	8.20	2381.8233	425	187.6412	7
6	15.04	14.92	15.17	3404.0995	7.95	2335.4194	505	225.0478	7
7	15.19	15.18	15.40	3550.9967	8.25	2323.2914	565	245.0298	7
8	15.05	15.15	15.08	3438.3531	8.10	2355.7790	530	232.4485	7
9	15.11	15.07	15.21	3463.4341	8.30	2396.4654	570	250.3209	7
10	15.10	15.21	15.35	3525.4499	8.30	2354.3095	520	226.4108	7
11	15.12	15.05	15.29	3479.3312	7.90	2270.5513	530	232.9097	7.5
12	15.08	15.05	15.29	3470.1267	8.00	2305.3914	480	211.4966	7.5
13	15.05	14.95	15.35	3453.7116	8.10	2345.3029	490	217.7802	7.5
14	15.24	15.26	15.35	3569.8328	8.20	2297.0263	470	202.0963	7.5
15	15.01	15.22	15.28	3490.7496	8.30	2377.7128	520	227.6187	7.5
16	14.98	15.02	15.16	3410.9939	8.00	2345.3574	540	240.0004	7.5
17	15.06	15.08	15.26	3465.6192	8.30	2394.9544	500	220.1627	7.5
18	15.03	15.06	15.25	3451.8650	8.10	2346.5576	530	234.1488	7.5
19	15.13	15.12	15.25	3488.6754	8.20	2350.4623	460	201.0792	7.5
20	15.04	15.52	15.02	3505.9804	8.50	2424.4288	500	214.2054	7.5



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
 Jl. Kaliurang Km 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

Nama Benda Uji : Split fas : 0,54  
 Umur Benda Uji : 7 hari Dibuat : 10 Sept 1996  
 Perbandingan : 1:1,5:2,5 Diuji : 17 Sept 1996

No	Panjang	Lebar	Tinggi	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT (kg)	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP (cm)
1	15.15	15.08	15.25	3484.0455	8.20	2353.5858	465	203.5349	8
2	15.16	15.12	15.27	3500.1772	8.30	2371.3085	570	248.6703	8
3	15.14	15.13	15.21	3484.1273	8.40	2410.9337	500	218.2756	8
4	15.10	15.16	15.28	3497.8365	8.10	2315.7172	580	253.3680	8
5	15.29	15.13	15.28	3534.8401	8.15	2305.6206	425	183.7141	8
6	15.19	15.28	15.15	3516.3635	8.25	2346.1738	505	217.5756	8
7	15.21	15.02	15.22	3477.0729	8.20	2358.3054	565	247.3143	8
8	15.03	15.01	15.21	3431.3806	8.10	2360.5659	530	234.9288	8
9	15.15	15.08	15.09	3447.4916	8.10	2349.5344	570	249.4944	8
10	15.16	15.20	15.18	3497.9578	8.10	2315.6369	520	225.6631	8
11	15.03	15.02	15.28	3449.4692	8.00	2319.1974	530	234.7724	8.5
12	15.01	14.98	15.12	3399.7290	8.10	2382.5429	480	213.4758	8.5
13	15.12	15.13	15.26	3490.9631	8.10	2320.2766	490	214.1930	8.5
14	15.26	15.22	14.97	3476.8903	8.00	2300.9067	470	202.3619	8.5
15	15.11	15.03	15.24	3461.0543	8.00	2311.4344	520	228.9707	8.5
16	15.09	15.11	15.05	3431.5490	8.20	2389.5914	540	236.8318	8.5
17	15.21	15.20	15.08	3486.3754	8.05	2308.9883	500	216.2705	8.5
18	14.99	15.13	15.02	3406.5165	8.00	2348.4401	530	233.6874	8.5
19	15.09	15.03	15.16	3438.3289	7.95	2312.1697	460	202.8195	8.5
20	15.09	15.02	15.20	3445.1074	8.00	2322.1337	500	220.6027	8.5



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
 Jl. Kaliurang Km 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

Nama Benda Uji : Kerak Tanur fas : 0,54  
 Umur Benda Uji : 7 hari Dibuat : 11 Sept 1996  
 Perbandingan : 1:2:3 Diuji : 18 Sept 1996

No	Panjang	Lebar	Tinggi	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT (kg)	BERAT JENIS (kg/m <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DEBAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SUMPA (cm)
1	15.10	14.99	15.00	3395.2350	9.20	2709.6799	465	205.4350	7
2	15.23	15.19	15.15	3504.8571	9.60	2739.0561	570	246.3867	7
3	15.03	15.06	15.01	3397.5405	9.20	2707.8411	500	220.8951	7
4	14.99	15.10	15.18	3435.9778	9.20	2677.5493	580	256.2415	7
5	15.10	15.11	15.03	3429.2598	9.40	2741.1163	425	186.2720	7
6	15.10	15.12	15.29	3490.8905	9.40	2692.7227	505	221.1885	7
7	15.02	15.22	15.16	3465.6427	9.40	2712.3396	565	247.1518	7
8	15.27	15.17	15.02	3479.3214	9.30	2672.9350	530	228.7975	7
9	15.23	15.17	15.16	3502.5528	9.40	2683.7569	570	246.7115	7
10	15.12	14.98	14.97	3390.6691	9.00	2654.3434	520	229.5830	7
11	15.11	15.25	15.30	3525.5408	9.40	2666.2577	530	230.0073	7.2
12	15.11	15.02	15.18	3445.1344	9.40	2728.4857	480	211.4983	7.2
13	15.00	15.15	15.25	3465.5625	9.60	2770.1131	490	215.6216	7.2
14	15.12	15.28	15.21	3514.0211	9.70	2760.3705	470	203.4336	7.2
15	14.96	14.90	15.03	3350.2471	9.30	2775.9146	520	233.2843	7.2
16	15.04	15.20	15.16	3465.6973	9.40	2712.2969	540	236.2122	7.2
17	15.02	15.23	15.11	3456.4820	9.70	2806.3216	500	218.5748	7.2
18	15.19	15.13	15.12	3474.9495	9.70	2791.4075	530	230.6105	7.2
19	15.07	14.99	15.13	3417.8564	9.70	2838.0361	460	203.6306	7.2
20	15.16	15.13	15.26	3500.1984	9.80	2799.8413	500	217.9876	7.2



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
 Jl. Kaliurang Km 14.4 Phone 895330 Yogyakarta 68554

Nama Benda Uji : Kerak Tanur fas : 0,54  
 Umur Benda Uji : 7 hari Dibuat : 12 Sept 1996  
 Perbandingan : 1:1.5:2.5 Diuji : 19 Sept 1996

No	Panjang	Lebar	Tinggi	VOLUME (cm <sup>3</sup> )	BERAT (kg)	BERAT JENIS (kg/cm <sup>3</sup> )	BEBAN MAX (kg/cm <sup>2</sup> )	KUAT DESAK (kg/cm <sup>2</sup> )	SLUMP (cm)
1	15.13	15.11	15.27	3490.9404	9.20	2635.3931	465	203.3993	7.5
2	15.07	15.21	15.25	3495.5242	9.60	2746.3692	570	248.6752	7.5
3	15.07	15.08	15.12	3436.1047	9.20	2677.4504	500	220.0166	7.5
4	14.98	15.09	15.25	3447.2351	9.20	2668.8055	580	256.5824	7.5
5	15.16	14.97	15.22	3454.1059	9.40	2721.3989	425	187.2699	7.5
6	15.19	15.19	15.26	3521.0329	9.40	2669.6712	505	218.8648	7.5
7	15.07	15.16	15.21	3474.8949	9.40	2705.1178	565	247.3068	7.5
8	14.97	15.11	15.30	3460.8095	9.30	2687.2326	530	234.3093	7.5
9	15.11	15.29	15.31	3537.0984	9.40	2657.5455	570	246.7192	7.5
10	15.19	14.93	15.29	3467.5686	9.00	2595.4785	520	229.2903	7.5
11	15.18	15.19	15.27	3521.0207	9.40	2669.6804	530	229.8510	8
12	15.07	15.19	15.12	3461.1691	9.40	2715.8454	480	209.6864	8
13	15.19	15.15	15.08	3470.3378	9.60	2766.3013	490	212.9245	8
14	15.06	15.04	15.05	3408.8611	9.70	2845.5251	470	207.5033	8
15	15.01	14.98	15.17	3410.9715	9.30	2726.4960	520	231.2655	8
16	15.07	15.02	15.02	3399.7980	9.40	2764.8701	540	238.5671	8
17	15.07	15.12	15.02	3422.4332	9.70	2834.2409	500	219.4345	8
18	15.15	15.12	15.18	3477.2522	9.70	2789.5589	530	231.3723	8
19	14.99	15.16	15.15	3442.8133	9.70	2817.4633	460	202.4217	8
20	15.14	15.17	15.15	3479.5581	9.80	2816.4496	500	217.7001	8