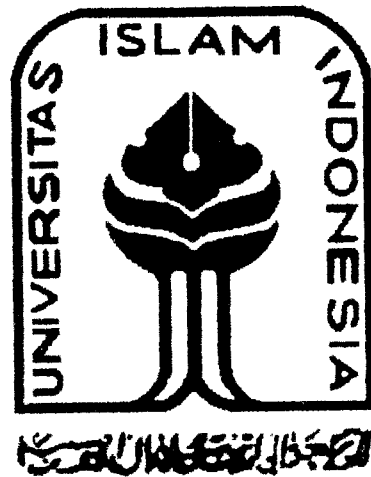


PERPUSTAKAAN FTSP UIN  
HADIAH/BELE  
TGL TERIMA : 30 07 2001 10/9/08  
NO. JUDUL :  
NO. INV. : 185/TA/173  
NO. INDIK. : 02000 3214001

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH LIMBAH BONGKARAN BETON SEBAGAI  
AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN  
PADA PERKERASAN BETON SEMEN**



MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

Disusun oleh :

**AHMAD SYAHRUL RAMADHAN**

NO. MHS : 94310021

NIRM : 940051013114120021

**EVA RAHMAWATI**

NO. MHS : 94310255

NIRM : 940051013114120248

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH LIMBAH BONGKARAN BETON  
SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT  
TEKAN PADA PERKERASAN BETON SEMEN**

Oleh :

**AHMAD SYAHRUL RAMADHAN**

**NO. MHS : 94310021**

**NIRM : 940051013114120021**

**EVA RAHMAWATI**

**NO. MHS : 94310255**

**NIRM : 940051013114120248**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. BACHNAS, MSc.**

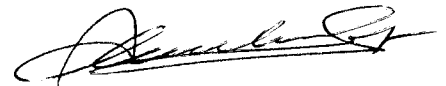
**DOSEN PEMBIMBING I**

**Ir. SUBARKAH, MT.**

**DOSEN PEMBIMBING II**



**TANGGAL : 17-01-2001**



**TANGGAL : 18-01-2001**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Kupersembahkan untuk :*

*Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik tercinta  
yang selalu di hati*

*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi,  
dan sifili bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang yang berakal.  
(Q.S. Ali Imran : 190)*

*..., niscaya Allah akan meninggikan orang-orang beriman  
diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. ...  
(Q.S. Al Mujaadilah : 11)*

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir hayat.

Tugas akhir dalam bentuk penelitian laboratorium dengan judul "PENGARUH LIMBAH BONGKARAN BETON SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN PADA PERKERASAN BETON SEMEN" ini kami ajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Semua ini tidak lepas dari dukungan dan sumbangan pikiran berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati kami haturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak DR. Ir. Widodo, MSCE, PhD., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin BMA, MS., selaku Ketua Jurusan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Ir. H. Bachnas, MSc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tercinta yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan moril maupun materil dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Segenap karyawan laboratorium Jalan Raya dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Pimpinan dan segenap karyawan PT. JAYA READYMIX yang telah membantu dalam menyediakan data dan bahan penelitian Tugas Akhir ini.
8. Rekan-rekan mahasiswa seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata kami berharap semoga hasil penelitian yang kami sajikan dalam Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan khususnya bagi kami sendiri. Amien.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Desember 2000

Penyusun

## INTISARI

Sejalan dengan perkembangan lalu lintas dan jaringan jalan serta jumlah kendaraan yang berdampak bagi bertambahnya frekuensi dan beban kendaraan, sehingga menuntut adanya konstruksi perkerasan yang mampu menerima beban berat tersebut dan memiliki umur pelayanan yang lama. Pemilihan konstruksi perkerasan beton semen merupakan alternatif pemecahan masalah di atas.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka dilakukan suatu penelitian dengan memanfaatkan limbah bongkaran beton sebagai pengganti agregat kasar yang berasal dari alam sebagai alternatif penghematan material. Limbah bongkaran beton yang digunakan berasal dari PT. Jaya Readymix memiliki tingkat keausan 37,7 %, berat jenis  $2,367 \text{ gr/cm}^3$ , dan penyerapan air 3,977 %. Dengan metode ACI dibuat beton mutu tinggi yang menggunakan limbah bongkaran beton dengan mengacu pada kuat tekan  $K_{300}$ ,  $K_{350}$ , dan  $K_{400}$ . Penggunaan beton mutu tinggi dimaksudkan agar beton tidak mudah aus karena konstruksi permukaan jalan setiap waktu dipengaruhi langsung oleh cuaca dan pembebanan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada perencanaan mutu beton  $K_{300}$  dengan umur rendaman 14 dan 28 hari didapat kuat tekan  $348,62 \text{ kg/cm}^2$  dan  $357,43 \text{ kg/cm}^2$ , pada mutu beton  $K_{350}$  dengan umur rendaman 14 dan 28 hari didapat kuat tekan  $381,38 \text{ kg/cm}^2$  dan  $432,62 \text{ kg/cm}^2$ , dan pada mutu beton  $K_{400}$  dengan umur rendaman 14 dan 28 hari didapat kuat tekan  $392,25 \text{ kg/cm}^2$  dan  $426,67 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil-hasil pengujian tersebut memiliki kuat tekan beton yang lebih kecil bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat alam. Pada mutu beton  $K_{300}$  didapat selisih kuat tekan sebesar 4,65 % dan mutu beton  $K_{400}$  didapat selisih kuat tekan sebesar 20,14 %.

Walaupun beton yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran beton memiliki kuat tekan yang lebih kecil daripada beton yang menggunakan agregat alam, tetapi masih memenuhi persyaratan perkerasan beton semen.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>INTISARI</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Umum .....	5
2.2 Beton .....	6
2.3 Bahan Pembentuk Beton .....	9
2.3.1 Semen Portland .....	10
2.3.2 Agregat .....	11

2.3.3	Air .....	17
2.4	Perkerasan Beton Semen .....	18
2.5	Keaslian Penelitian .....	20
2.5.1	Hasil Penelitian Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah .....	20
2.5.2	Hasil Penelitian PT. JAYA READYMIX .....	22
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI .....</b>	<b>25</b>
3.1	Konstruksi Perkerasan Jalan .....	25
3.2	Karakteristik Perkerasan .....	27
3.2.1	Kuat Tekan Beton .....	27
3.2.2	Metode Perancangan Campuran Beton .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>HIPOTESIS .....</b>	<b>34</b>
<b>BAB V</b>	<b>PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
5.1	Tinjauan Umum .....	35
5.2	Bahan-bahan .....	36
5.3	Pemeriksaan Agregat .....	37
5.4	Perencanaan Campuran .....	43
5.5	Perhitungan Perencanaan Campuran Beton .....	44
5.6	Pembuatan Benda Uji .....	46
5.7	Perawatan Benda Uji .....	48
5.8	Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton .....	48
5.9	Analisis .....	49



<b>BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	50
6.1 Hasil Penelitian .....	50
6.1.1 Hasil Pengujian Berat Volume .....	50
6.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	56
6.1.3 Perhitungan Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan .....	68
6.2 Pembahasan .....	75
6.2.1 Berat Volume Beton .....	75
6.2.2 Kuat Tekan Beton.....	75
6.2.3 Aplikasi .....	78
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	80
7.1 Kesimpulan .....	80
7.2 Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	82
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Susunan struktur perkerasan .....	6
Gambar 2.2	Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.1 .....	14
Gambar 2.3	Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.2 .....	15
Gambar 2.4	Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.3 .....	15
Gambar 2.5	Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.4 .....	16
Gambar 2.6	Grafik gradasi pasir Kali Krasak .....	21
Gambar 2.7	Grafik gradasi pasir Kali Progo .....	23
Gambar 5.1	Grafik gradasi pasir Kali Boyong .....	41
Gambar 6.1	Grafik peningkatan kuat tekan beton berdasarkan umur rendaman untuk seluruh benda uji .....	76
Gambar 6.2	Grafik perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan limbah bongkaran beton dan agregat alam .....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persyaratan gradasi agregat halus .....	14
Tabel 2.2	Hasil ayakan pasir asal Kali Krasak .....	20
Tabel 2.3	Hasil kuat tekan karakteristik beton $K_{300}$ .....	21
Tabel 2.4	Hasil ayakan pasir asal Kali Progo .....	23
Tabel 3.1	Perbandingan kuat tekan beton .....	28
Tabel 3.2	Nilai deviasi standar ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ) .....	30
Tabel 3.3	Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton umur 28 hari .....	30
Tabel 3.4	Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus .....	31
Tabel 3.5	Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton .....	31
Tabel 3.6	Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (liter) .....	32
Tabel 3.7	Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butiran .....	32
Tabel 5.1	Pembagian berdasarkan perbandingan campuran dan lama perendaman .....	35
Tabel 5.2	Alat-alat yang digunakan dalam penelitian .....	36
Tabel 5.3	Persyaratan agregat kasar .....	37
Tabel 5.4	Persyaratan agregat halus .....	38

Tabel 5.5	Hasil pemeriksaan keausan limbah bongkaran beton .....	38
Tabel 5.6	Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus Kali Boyong .....	39
Tabel 5.7	Hasil pemeriksaan berat jenis agregat limbah bongkaran beton .....	40
Tabel 5.8	Hasil gradasi pasir asal Kali Boyong .....	41
Tabel 5.9	Hasil pemeriksaan penyerapan agregat halus dan limbah bongkaran beton .....	42
Tabel 5.10	Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar limbah bongkaran beton .....	43
Tabel 5.11	Hasil perhitungan kebutuhan material dalam 1 m <sup>3</sup> adukan beton berdasarkan mutu beton rencana .....	46
Tabel 6.1	Data berat volume beton K <sub>300</sub> pada umur 14 hari .....	50
Tabel 6.2	Data berat volume beton K <sub>350</sub> pada umur 14 hari .....	51
Tabel 6.3	Data berat volume beton K <sub>400</sub> pada umur 14 hari .....	52
Tabel 6.4	Data berat volume beton K <sub>300</sub> pada umur 28 hari .....	53
Tabel 6.5	Data berat volume beton K <sub>350</sub> pada umur 28 hari .....	54
Tabel 6.6	Data berat volume beton K <sub>400</sub> pada umur 28 hari .....	55
Tabel 6.7	Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K <sub>300</sub> pada umur 14 hari .....	56
Tabel 6.8	Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K <sub>350</sub> pada umur 14 hari .....	57
Tabel 6.9	Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K <sub>400</sub> pada umur 14 hari .....	58

Tabel 6.10 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{300}$ pada umur 28 hari .....	59
Tabel 6.11 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{350}$ pada umur 28 hari .....	60
Tabel 6.12 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{400}$ pada umur 28 hari .....	61
Tabel 6.13 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{300}$ pada umur 14 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang .....	62
Tabel 6.14 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{350}$ pada umur 14 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang .....	63
Tabel 6.15 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{400}$ pada umur 14 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang .....	64
Tabel 6.16 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{300}$ pada umur 28 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang .....	65
Tabel 6.17 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{350}$ pada umur 28 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang .....	66
Tabel 6.18 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton $K_{400}$ pada umur 28 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang .....	67
Tabel 6.19 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton $K_{300}$ pada umur 14 hari .....	69
Tabel 6.20 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton $K_{350}$ pada umur 14 hari .....	70
Tabel 6.21 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton $K_{400}$ pada umur 14 hari .....	71

Tabel 6.22 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K <sub>300</sub> pada umur 28 hari .....	72
Tabel 6.23 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K <sub>350</sub> pada umur 28 hari .....	73
Tabel 6.24 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K <sub>400</sub> pada umur 28 hari .....	74
Tabel 6.25 Data berat volume beton .....	75
Tabel 6.26 Hasil kuat tekan karakteristik .....	76
Tabel 6.27 Kuat tekan karakteristik beton antara limbah bongkaran beton dengan agregat alam pada umur 28 hari .....	77
Tabel 6.28 Hasil penelitian sesuai dengan spesifikasi persyaratan pemeriksaan agregat .....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kartu Peserta Tugas Akhir .....	1
Lampiran 2	Lembar Konsultasi Tugas Akhir .....	2
Lampiran 3	Pemeriksaan Keausan Agregat (Abrasi Test) .....	3
Lampiran 4	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus .....	4
Lampiran 5	Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus .....	6
Lampiran 6	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar .....	7
Lampiran 7	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar .....	9
Lampiran 8	Hasil Kuat Tekan Silinder Beton .....	10
Lampiran 9	Photo-photo Pelaksanaan Penelitian .....	16

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )
$B_j$	= Berat jenis ( $\text{t/m}^3$ )
$d$	= Diameter silinder (cm)
$F_{as}$	= Faktor air semen
$f_c'$	= Kuat tekan beton masing-masing benda uji (MPa)
$f_{cr}$	= Kuat tekan rata-rata (MPa)
$m$	= Nilai margin
MHB	= Modulus halus butir
$n$	= Jumlah benda uji
$P$	= Beban maksimum (kg)
$S$	= Deviasi standar (MPa)
SSD	= "Saturated Surface Dry" (jenuh kering permukaan)
$t$	= Tinggi silinder (cm)
$\sigma$	= Tegangan ( $\text{kg/cm}^2$ )



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan merupakan suatu prasarana di bidang angkutan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia sehari-hari, terutama untuk mendukung kelancaran arus orang dan barang antar daerah yang akan meningkatkan perkembangan ekonomi daerah tersebut, dan akhirnya akan meningkatkan pula perkembangan pada bidang lainnya. Karenanya secara tidak langsung jalan dapat dijadikan sebagai ukuran dari kegiatan dan keadaan masyarakat suatu wilayah dimana jalan tersebut berada.

Peningkatan taraf kehidupan masyarakat sangat berpengaruh terhadap peningkatan aktivitasnya, dan akibatnya kebutuhan akan jalan meningkat. Hal ini merupakan suatu tantangan yang harus dihadapi untuk dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut baik dari segi kuantitas maupun dari segi kualitasnya.

Dari segi kuantitas, kebutuhan lalu lintas akan jalan dapat dipenuhi dengan menambah panjang jalan yang ada, sedangkan dari segi kualitasnya seringkali kita menghadapi kenyataan dimana perkerasan jalan cukup peka terhadap perubahan-perubahan beban maupun terhadap keadaan lingkungannya sehingga mengalami kehancuran sebelum masa pelayanannya berakhir.

Hal ini membawa dampak yang sangat berarti bagi bertambahnya frekuensi dan beban kendaraan khususnya pada sentra-sentra industri, pelabuhan, serta jalan-jalan raya yang menghubungkan tempat-tempat tersebut. Peningkatan frekuensi kendaraan (terutama kendaraan berat) dan berat kendaraan, menuntut adanya struktur perkerasan yang mampu menerima beban berat tersebut dan memiliki masa pelayanan yang lama.

Sejalan dengan perkembangan lalu lintas dan jaringan jalan diikuti dengan produksi aspal yang terbatas dan semen yang berlebihan, pemerintah pada tahun 1985 mulai menerapkan konstruksi perkerasan beton semen atau perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada beberapa proyek ruas jalan tol di Jakarta.

Pemilihan konstruksi perkerasan kaku atau perkerasan beton semen (*concrete pavement*) karena konstruksi ini telah dikenal sebagai konstruksi perkerasan jalan yang tahan lama (umur rata-rata 40 - 50 tahun).

Di sisi lain perkerasan beton semen yang telah dikenal keandalannya untuk menerima beban berat, tetapi biaya pembuatannya sangat tinggi sehingga pada umumnya penyedia dana berusaha untuk mencari alternatif lain yang lebih murah. Salah satu alternatif untuk memperkecil biaya pembuatannya yaitu dengan menggunakan limbah bongkaran beton sebagai material agregat buatan pada campuran perkerasan beton semen.

Kenyataan yang sering dijumpai, limbah bongkaran beton hanya dibuang dan digunakan sebagai timbunan untuk tanah dasar konstruksi bangunan. Padahal limbah bongkaran beton masih memiliki sifat dan nilai struktural yang

baik apabila dicampur dengan semen sehingga dapat digunakan sebagai material agregat buatan.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Mengetahui pengaruh penggunaan limbah bongkaran beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap spesifikasi karakteristik kuat tekan beton pada perkerasan beton semen.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Memberikan suatu alternatif penghematan material bila dibandingkan dengan menggunakan material baru secara keseluruhan.
2. Memberikan hasil karakteristik mutu beton dari limbah bongkaran beton yang dapat diaplikasikan pada perkerasan beton semen.

### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Agregat yang digunakan adalah limbah bongkaran beton sebagai agregat kasar dengan ukuran butir 20 mm dan 10 mm dan mempunyai kuat tekan karakteristik antara  $K_{200} - K_{300}$ .
2. Mutu beton yang digunakan untuk perkerasan beton semen adalah  $K_{300}$ ,  $K_{350}$ , dan  $K_{400}$ .
3. Agregat halus yang digunakan berasal dari kali Boyong Yogyakarta.
4. Limbah bongkaran berasal dari PT. JAYA READYMIX.

5. Semen yang dipakai adalah semen portland Gresik type I kemasan 40 kg.
6. Air yang digunakan berasal dari air di laboratorium Bahan Bangunan Universitas Islam Indonesia.
7. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Jalan Raya dan Bahan Bangunan Universitas Islam Indonesia.
8. Parameter yang digunakan pada penelitian ini hanya berdasarkan pada kuat tekan beton.
9. Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 14 hari dan 28 hari.
10. Penelitian ini terbatas hanya pada sifat fisik tanpa membahas unsur-unsur kimia yang dikandung oleh bahan-bahan yang digunakan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

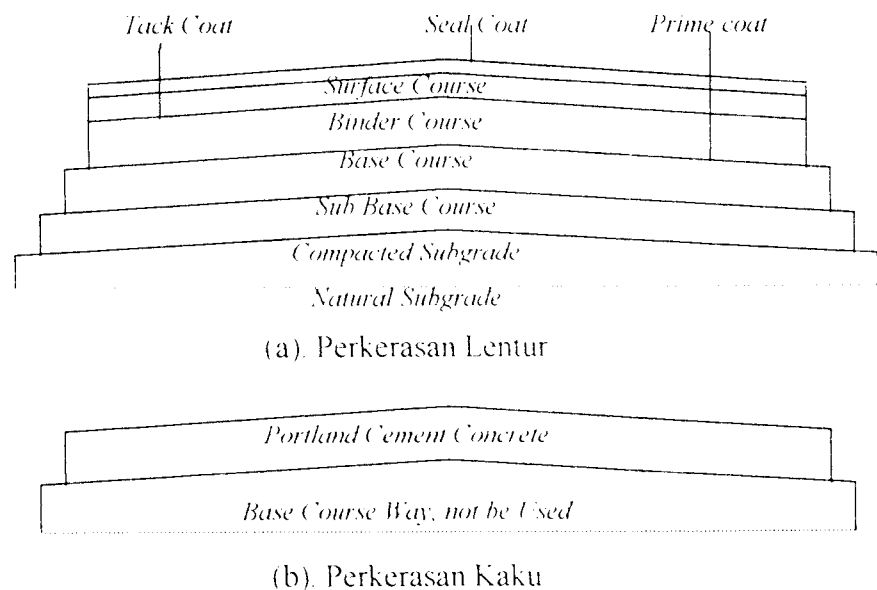
Pemberian konstruksi lapis keras pada suatu tanah dasar dimaksudkan agar tegangan yang terjadi sebagai akibat dari beban lalu lintas dapat direduksi sehingga tegangannya yang sampai pada tanah dasar (*subgrade*) tidak melampaui kapasitas dukung tanah dasar.

Fungsi utama perkerasan adalah untuk mendukung beban lalu lintas secara cukup aman dan nyaman selama umur rencana serta tidak terjadi kerusakan yang berarti. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut, konstruksi perkerasan harus :

1. Mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar (sebagai akibat beban lalu lintas) sampai batas-batas yang masih mampu didukung tanah dasar tersebut, tanpa menimbulkan perbedaan lendutan/penurunan yang dapat merusak perkerasan.
2. Direncanakan dan dibangun sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, serta pengaruh cuaca dan kondisi lingkungan. (Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku, DPU Bina Marga, 1985) [2]

Konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi dua kelompok menurut jenis dan bahan pengikat yang digunakan, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Lapis perkerasan lentur dibuat dari agregat dan bahan ikat aspal. jenis perkerasan ini terbuat dari beberapa lapisan dan masing-masing lapisan mempunyai kekuatan yang berlainan. Lapisan perkerasan kaku terbuat dari agregat dan bahan ikat semen, terdiri dari satu lapisan plat beton dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah (*subbase*) antara perkerasan dan tanah dasar (*subgrade*).

Perbedaan susunan lapisan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Susunan Struktur Perkerasan

(Sumber : *Principle of Pavement Design*, E. J. Yoder, 1975) [14]

Pada perkerasan beton semen beban yang didistribusikan ke atas permukaan subgrade akan relatif lebih luas dibandingkan dengan perkerasan lentur. Hal ini terjadi karena beton semen mempunyai kekakuan serta modulus elastisitas yang cukup tinggi. (Hartom, Seminar *Rigid Pavement*, 1988) [7]

## 2.2 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material yaitu : semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. (Tjokrodimulyo, 1995) [9]

Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan semen, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan *finishing*, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9 % - 15 % saja dari kuat tekannya. Penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai  $\pm 70\% - 75\%$  dari seluruh volume massa padat beton. Untuk mencapai kuat tekan beton yang baik, perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena pada umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). Untuk membentuk massa padat diperlukan susunan gradasi butiran yang baik. Nilai kuat tekan beton yang dicapai ditentukan oleh mutu bahan agregat ini. (Dipohusodo, 1994) [8]

Untuk mendapatkan beton yang baik, maka harus dipilih unsur-unsur pembentuk beton seperti semen, agregat dan air yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku serta dalam tahap pelaksanaan pembuatan dan perawatannya harus mendapat perhatian yang baik pula.

Pada dasarnya beton terdiri dari dua bagian utama, yaitu pasta semen dan agregat. Pasta semen terdiri dari semen portland, air dan bahan campuran

tambahan (*admixture*), yang bervariasi antara 25 % sampai dengan 40 %. Pasta semen akan berkelakuan sebagai pelumas pada campuran beton yang masih plastis dan berperilaku sebagai bahan pengikat saat campuran beton mengeras. (Agustiyani dan Nanik, 1998) [4]

Menurut Neville (1990) [11] secara umum mutu beton sangat tergantung pada pemakaian, yaitu :

- a. semen (mutu, komposisi dan kehalusan butiran),
- b. ukuran agregat (kekompakkan gradasi butiran),
- c. mutu agregat (kekerasan, bentuk butiran),
- d. jenis bahan tambah,
- e. perbandingan air dan semen,
- f. pemadatan yang dilakukan, dan
- g. perawatan (jenis, lama dan suhunya).

Menurut Neville (1990) [11] campuran beton yang baik harus memenuhi faktor-faktor berikut ini :

1. Kekuatan (*strength*) tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kekuatan tarik tinggi dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
2. Tahan lama (*durability*), yakni sifat tahan terhadap pengkaratan/ pembusukkan oleh kondisi lingkungan.
3. Kemudahan pengerjaan (*workability*), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan untuk diaduk, diangkat, dituang dan dipadatkan.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan beton antara lain (Tjokrodimulyo, 1995) [9] :



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 fas tetap,
3. gradasi campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, sehingga adukan beton mudah dikerjakan,
4. pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempengaruhi cara pengerjaan dan kekuatan beton.
5. pemakaian butiran maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh pada tingkat kemudahan pengerjaan, dan
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.

### **2.3 Bahan Pembentuk Beton**

Untuk mendapatkan beton yang baik dan sesuai dengan mutu yang disyaratkan, maka sifat-sifat dan persyaratan-persyaratan material beton mutlak harus diketahui, karena sifat bahan yang tidak sesuai dan tidak memenuhi syarat akan berpengaruh terhadap mutu beton yang diperoleh. Material-material pembentuk beton seperti semen portland, agregat dan air harus memenuhi persyaratan material beton.

### 2.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan tambahan gips (kalsium sulfat). Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Suatu semen jika dicampur dengan agregat kasar, agregat halus dan air akan terbentuk beton setelah mengalami proses pengerasan.

Bahan-bahan dasar yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi, menjadi unsur-unsur pokok dari semen. Sebagai hasil perubahan susunan kimia yang terjadi diperoleh susunan kimia yang kompleks selama proses peleburan yaitu :

- a. Trikalsium silikat ( $C_3S$ ) atau  $3CaO.SiO_2$
- b. Dikalsium silikat ( $C_2S$ ) atau  $2CaO.SiO_2$
- c. Trikalsium aluminat ( $C_3A$ ) atau  $3CaO.Al_2O_3$ , dan
- d. Tetrakalsium aluminoforit ( $C_4AF$ ) atau  $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

(Tjokrodimulyo, 1995) [9]

Dalam pemakaian semen portland, perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala terhadap sifat-sifat fisik agar tetap memenuhi syarat dan kualitas yang ditetapkan sehingga dapat berfungsi secara efektif. Sifat-sifat semen yang penting adalah : kehalusan butir, waktu ikatan, kekuatan dan panas hidrasi.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentasi empat komponen utama semen dapat menghasilkan

beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI, 1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV: Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Pada penelitian ini dipakai semen Gresik yang termasuk semen portland dengan jenis I kemasan 40 kg yang ada di pasaran.

### **2.3.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa hasil pengolahan (pemecahan dan penyaringan) dari mesin pemecah batu dengan memecah batu alam. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang menempati sekitar 70 % volume beton, karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Menurut proses terbentuknya, agregat yang dapat dipergunakan sebagai bahan jalan meliputi :

1. Batuan alami, contoh : pasir, kerikil dan batu pecah,
2. Batuan buatan, contoh : klinker, *fly ash*,
3. Batuan dari bahan sisa atau bekas, contoh : terak baja, terak tembaga, pecahan beton.

Khusus untuk bahan jalan dari sisa atau bekas, ada beberapa hal yang harus diperhatikan adalah :

1. Kriteria penggunaannya :
  - a. Jumlah bahan yang tersedia pada suatu lokasi cukup, kecuali pada kondisi tertentu,
  - b. Jarak angkutan yang terjangkau,
  - c. Bahan tidak bersifat terlalu beracun (*toxic*), dan
  - d. Bahan tidak larut dalam air

2. Klasifikasi :

Bahan ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Klas I : Bahan yang berpotensi tinggi, karena karakteristik bahannya secara alami (*by product*), contoh : terak baja, terak nikel.

Klas II : Bahan yang menentukan proses lanjut karena kualitasnya tidak masuk kategori I, contoh : terak tembaga, sisa bahan tambang.

Klas III : Bahan yang tidak masuk kategori I dan II hanya digunakan pada kondisi tertentu, contoh : pecahan beton, pecahan keramik.

Klas IV : Bahan yang tidak dapat dipergunakan untuk pekerjaan jalan.

(Soeprapto Totomiharjo, 1995) [13]

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butiran lebih besar dari 4,75 mm disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,75 mm disebut agregat halus.

### **1. Agregat Halus**

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami oleh batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,75 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam (Tjokrodimulyo, 1995) [9] sebagai berikut :

#### **a. Pasir galian**

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

#### **b. Pasir sungai**

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

#### **c. Pasir laut**

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta

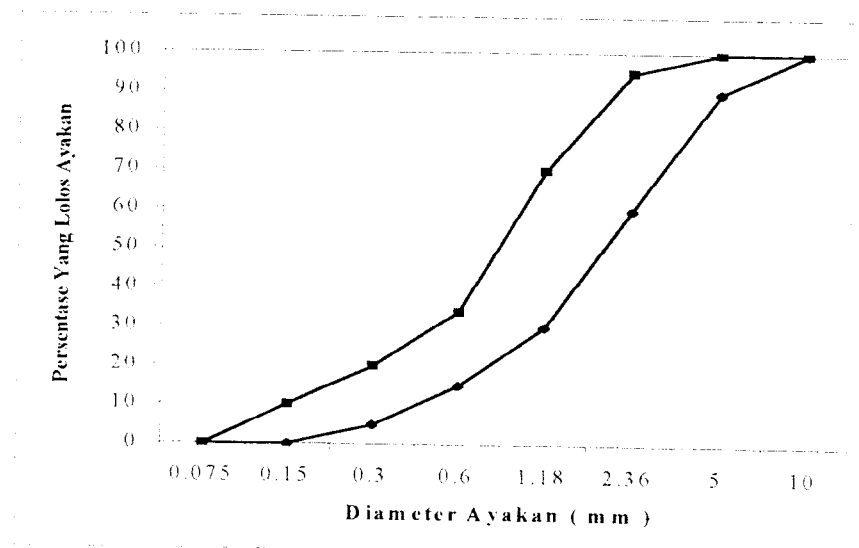
menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan dan dapat mengakibatkan korosi terhadap struktur beton. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Persyaratan gradasi agregat halus dibagi dalam empat daerah gradasi sebagai berikut :

Tabel 2.1 Persyaratan gradasi agregat halus

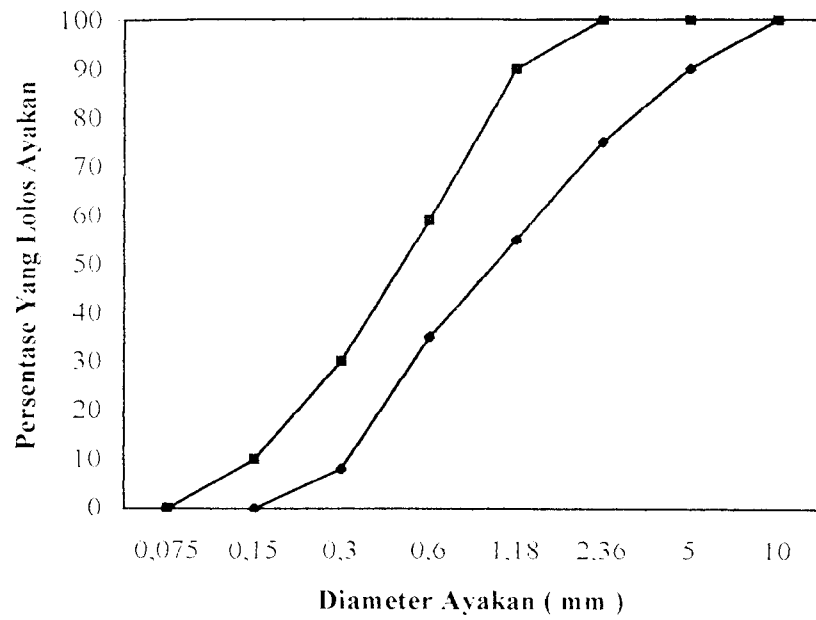
Ukuran Saringan	Ukuran Butir ( mm )	Prosentase Lolos Saringan			
		Gradasi Zona 1	Gradasi Zona 2	Gradasi Zona 3	Gradasi Zona 4
	9.50	100	100	100	100
No.4	4.75	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
No.8	2.36	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
No.16	1.18	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
No.30	0.6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
No.50	0.3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
No.100	0.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15
<b>Modulus Kehalusan</b>		<b>4.00 – 2.71</b>	<b>3.37 – 2.1</b>	<b>2.78 – 1.71</b>	<b>2.25 – 1.35</b>

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), 1985 [2]



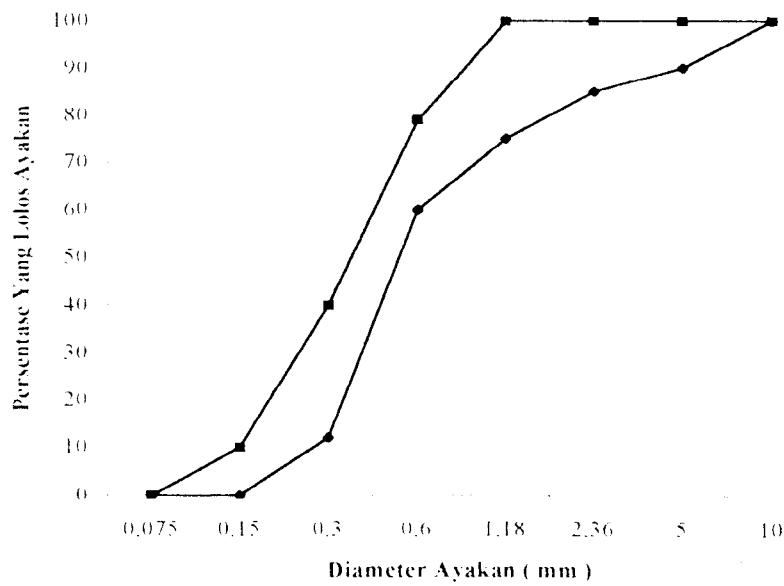
Gambar 2.2 Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.1

Sumber : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, 1990 [3]



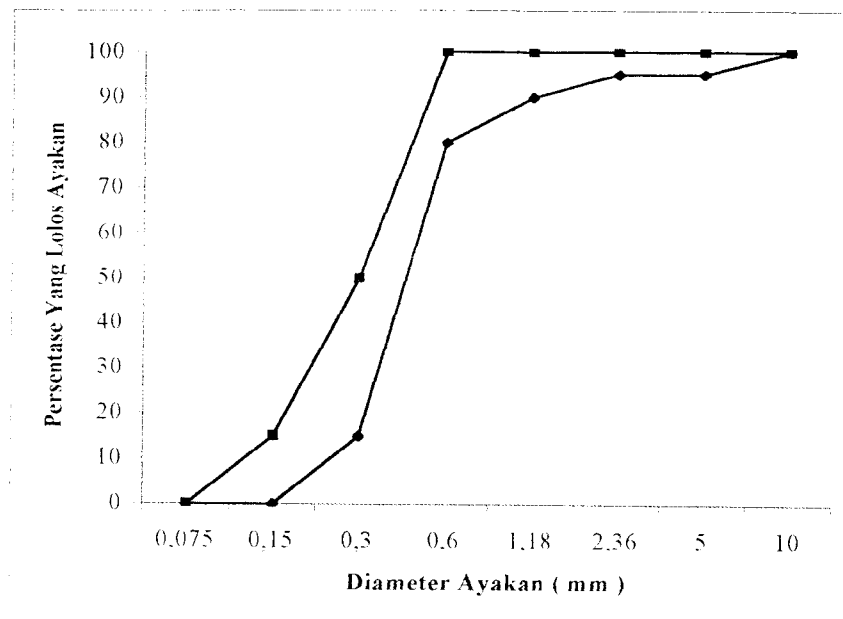
Gambar 2.3 Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.2

Sumber : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, 1990 [3]



Gambar 2.4 Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.3

Sumber : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, 1990 [3]



Gambar 2.5 Grafik gradasi pasir dalam daerah gradasi no.4

Sumber : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, 1990 [3]

Penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari Kali Boyong Yogyakarta, yang memenuhi daerah gradasi no. 2.

## 2. Agregat kasar dari limbah bongkaran beton

Limbah bongkaran beton merupakan pecahan-pecahan beton yang sudah tidak dapat dipergunakan. Limbah bongkaran beton yang digunakan sebagai agregat kasar yaitu beton yang telah ditumbuk dengan alat penumbuk, digunakan untuk menyusun campuran beton semen dengan ukuran butir 20 mm dan 10 mm menggunakan perbandingan dan berat ideal sebagai berikut :

Fraksi 10 mm : Fraksi 20 mm = 1 : 2 (Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku, DPU Bina Marga, 1985) [2]

Fungsinya sebagai bahan pengganti agregat kasar dari batu pecah yang biasa digunakan dalam campuran.



Untuk penelitian ini digunakan limbah bongkaran beton yang mempunyai kuat tekan karakteristik antara  $K_{200} - K_{300}$  berasal dari limbah beton PT. JAYA READYMIX.

### 2.3.3 Air

Air dalam campuran beton mempunyai dua fungsi yaitu untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan serta sebagai pelumas campuran butir-butir kerikil, pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Seperti pada reaksi kimia lainnya, semen dan air dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Untuk bereaksi dengan semen, air yang dibutuhkan sekitar 30 % dari berat semen, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya *porous*. Selain itu, kelebihan air mengakibatkan *bleeding* dan kemudian menjadi lapisan buih yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

Menurut Tjokrodimulyo (1995) [9] pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut :

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

Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % kekuatan beton yang memakai air suling. Penelitian ini menggunakan air dari Laboratorium Bahan Bangunan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

#### 2.4 Perkerasan Beton Semen

Perkerasan beton semen adalah perkerasan yang memakai system satu lapis (*Single Layer System*) dan menggunakan plat beton dengan tebal relatif tipis langsung diletakkan di atas *subgrade* atau di atas suatu lapisan *subbase*.

Pada perkerasan beton semen, permukaannya langsung dipakai oleh pengguna jalan setelah mengalami perawatan (*curing*). Karena tidak ada lapisan pelindung seperti ubin pada bangunan gedung ataupun permukaan aspal pada lantai jembatan, padahal konstruksi permukaan jalan setiap waktu dipengaruhi langsung oleh cuaca dan pembebanan, maka perkerasan beton semen perlu dibuat dari beton mutu tinggi agar tidak mudah 'aus'. Untuk perkerasan beton semen, menggunakan beton mutu tinggi K<sub>300</sub> hingga K<sub>450</sub>. ("Beberapa Aspek pada Pelaksanaan Konstruksi Permukaan Perkerasan Jalan Beton Semen", Rudy Mathias, 1990) [12]

Perilaku plat beton pada perkerasan beton semen sangat dipengaruhi oleh beban roda serta keadaan lingkungannya seperti temperatur, perubahan volume baik dari *subgrade* ataupun *subbase*. Beban roda yang bekerja pada plat beton pada suatu perkerasan beton semen merupakan faktor eksternal yang akan

mengakibatkan bagian luar dari plat beton mengalami tegangan-tegangan baik tekan maupun tarik yang relatif cukup besar.

Faktor lingkungan yang pengaruhnya cukup besar terhadap perilaku beton semen adalah temperatur. Temperatur tidak hanya mempengaruhi perkerasan beton semen selama jalan dibuka, tetapi juga pada masa pelayanan.

Pada perkerasan beton semen sebenarnya daya dukung tanah dasar tidak begitu berperan terhadap kekuatan struktur perkerasan. Hal ini disebabkan karena kekakuan maupun modulus elastisitas dari plat beton yang relatif tinggi, sehingga penyebaran beban relatif cukup luas.

Memperhatikan unsur perencanaan dan pelaksanaannya, konstruksi perkerasan beton semen dibagi dalam lima tipe, yaitu :

1. Perkerasan beton semen yang tidak menggunakan tulangan dan memiliki sambungan (*Jointed plain concrete pavement*),
2. Perkerasan beton semen yang menggunakan tulangan dan memiliki sambungan (*Jointed reinforced concrete pavement*),
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan (*Continuous reinforced concrete pavement*),
4. Perkerasan beton semen yang menggunakan sistim pratekan (*Prestressed concrete pavement*), dan
5. Perkerasan beton semen yang menggunakan campuran beton yang tanpa slump (*Roller compacted concrete pavement*).

(Majalah Teknik Jalan dan Transportasi, Gani, no. 048, Mei-Juni, 1987) [6]

## 2.5 Keaslian Penelitian

Sebagai pembandingan, pada penelitian ini kami mengambil hasil penelitian yang menggunakan agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari alam.

### 2.5.1 Hasil Penelitian Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah tentang “Studi Komparasi Karakteristik Pasir Pecah Dan Pasir Alam Untuk Campuran Beton” (1997) [6], agregat kasar yang digunakan berasal dari Kali Krasak yang berdiameter antara 19 mm sampai dengan 4,75 mm, dan agregat halus yang digunakan berasal dari Kali Krasak dengan kategori pasir termasuk pada daerah gradasi II seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Hasil ayakan pasir asal Kali Krasak

No.	Lubang Aayakan ( mm )	Berat Tertahan		Berat Tertahan Komulatif ( % )	Berat Lolos Komulatif ( % )	Daerah Gradasi II
		Gram	( % )			
1	9,5	0	0	0	0	100
2	4.75	61,5	6,15	6,15	93,85	90 – 100
3	2.36	60	6	12,15	87,85	75 – 100
4	1.18	191	19,1	31,25	68,75	55 – 90
5	0.85	226	22,6	57,85	42,15	35 – 59
6	0,3	207	20,7	78,55	21,45	8 – 30
7	0,15	163	16,3	94,85	5,15	0 – 10
8	PAN	51,5	5,15	100	0	-
<b>Jumlah</b>		1000	100	280,8		

Sumber : Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah, 1997. [6]

11			41,940	41,940	- 1,588	2,52
12			39,903	39,903	- 3,625	13,13
13			42,805	42,805	- 0,722	0,52
14			37,972	37,972	- 5,555	30,85
15			744,458	744,458	0,931	0,86
16	28	1	42,450	42,450	- 1,077	1,16
17			36,453	36,453	- 7,074	50,04
18			43,932	43,932	0,404	0,16
19			40,121	40,121	- 3,407	11,60
20			40,904	40,904	- 2,263	6,88
JUMLAH				870,545		870,54

Sumber : Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah. 1997. [5]

**Kuat tekan rata-rata :**

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{\sum f_{c28}}{N} \\
 &= \frac{870,545}{20} \\
 &= 25,485 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

**Deviasi Standar :**

$$\begin{aligned}
 S_d &= \sqrt{\frac{\sum (f_{c28} - f'_{cr})^2}{N - 1}} \\
 &= \sqrt{\frac{870,54}{20 - 1}} \\
 &= 3,684 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

**Kuat tekan karakteristik :**

$$\begin{aligned}
 \bar{f}_{cr} &= f'_{cr} - 1,64 \cdot S_d \\
 &= 43,527 - 1,64 \cdot 3,684 \\
 &= 37,485 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

## 2.5.2 Hasil Penelitian PT. JAYA READYMIX

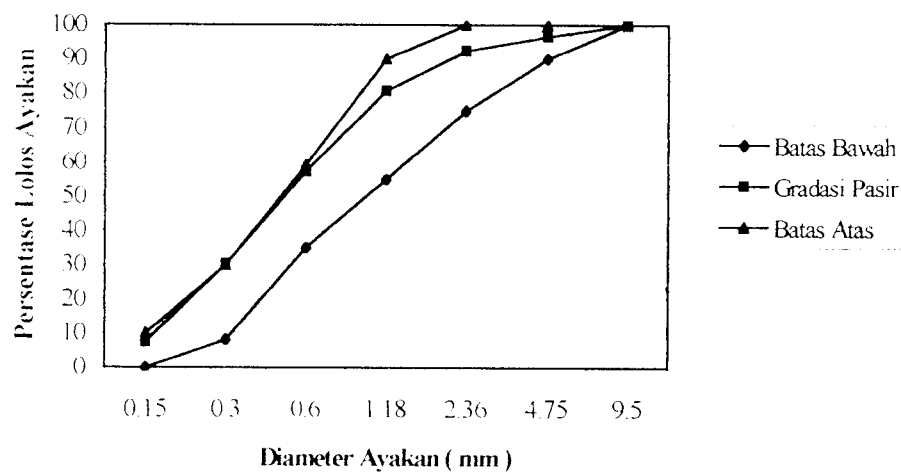
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh PT. JAYA READYMIX, agregat yang digunakan berasal dari Kali Progo, dimana diameter agregat kasar yang digunakan adalah maksimal 25 mm dan minimal 4,75 mm. Sedangkan untuk agregat halus yang digunakan adalah seperti yang tercantum di bawah ini :

Tabel 2.4 Hasil ayakan pasir asal Kali Progo

No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan		Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)	Gradasi zona 2 (sedang)
		gram	%			
1	9.50	0.0	0,0	0,0	100,0	100
2	4.75	33,4	3,34	3,34	96,66	90-100
3	2.36	42,6	4,26	7,60	92,40	75-100
4	1.18	115,5	11,55	19,15	80,85	55-90
5	0.60	236,0	23,60	42,75	57,25	35-59
6	0.30	268,5	26,85	69,60	30,40	8-30
7	0.15	230,0	23,00	92,60	7,40	0-10
8	PAN	74,0	7,40	-	-	-
		1000	100,0	235,06		

**Modulus Halus Butir = 2,351**

Sumber : PT. JAYA READYMIX



Gambar 2.7 Grafik gradasi pasir Kali Progo

(Sumber : PT. JAYA READYMIX)

Hasil kuat tekan untuk mutu beton  $K_{400}$  dengan jumlah sampel sebanyak 4 buah pada umur 7 hari adalah sebagai berikut :

Kuat tekan minimal : 351,03 kg/cm<sup>2</sup>

Kuat tekan maksimal : 385,00 kg/cm<sup>2</sup>

Kuat tekan rata-rata : 369,43 kg/cm<sup>2</sup>

Standar deviasi : 13,5

Kuat tekan karakteristik : 347,28 kg/cm<sup>2</sup>

Kuat tekan karakteristik beton pada umur 28 hari adalah 534,2769 kg/cm<sup>2</sup>

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar (*subgrade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban dan meneruskannya ke lapisan tanah dasar, sehingga tanah tidak menerima tekanan yang lebih besar dari daya dukungnya. Perkerasan dapat dikelompokkan menjadi tiga macam :

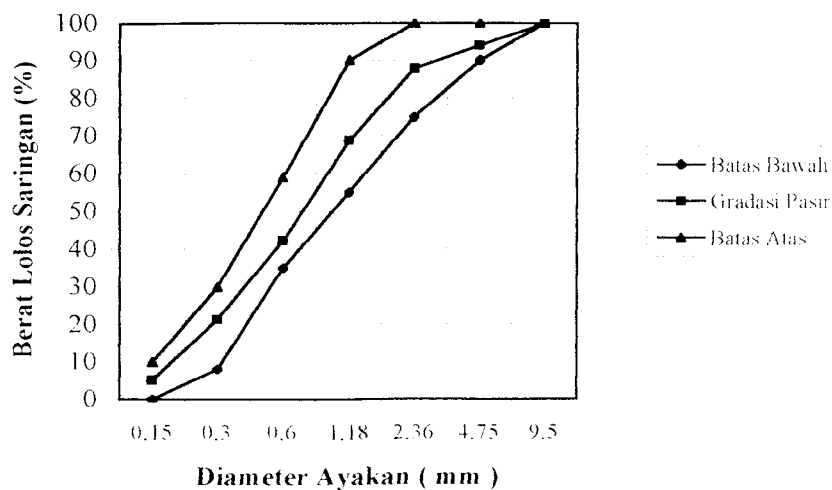
1. perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat agregat,
2. perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland sebagai bahan ikat agregat, dan
3. perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku dengan pelat beton sebagai lapis pondasi dan aspal sebagai lapis permukaan.

Tugas akhir ini hanya membahas perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan kaku adalah struktur yang terdiri dari pelat (*slab*) beton semen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan, dan terletak di atas tanah dasar (*subgrade*) dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah (*subbase*).

Fungsi dari setiap lapisan tersebut adalah sebagai berikut :



1. Lapisan pondasi bawah (*subbase*) adalah material pilihan, direncanakan dengan ketebalan tertentu, diletakkan sebagai pondasi perkerasan beton semen. Lapisan ini berfungsi :
  - a. memberikan dukungan yang mantap dan seragam (*uniform*) pada pelat, menghindari kemungkinan terjadinya “*pumping*” pada daerah sambungan, retakan dan tepi-tepi perkerasan.  
  
“*Pumping*” adalah proses pengocokan butiran-butiran *subgrade* dan *subbase* pada daerah sambungan (basah atau kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalu lintas, kejadian ini mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.
  - b. meningkatkan dukungan pada sambungan bilamana terjadi alih beban kendaraan (*load transfer*).
  - c. sebagai unsur katalisator bilamana terjadi susut dan muai yang kelebihan dari pengaruh tanah dasar yang mengandung tanah *expansive*.
  - d. mengurangi kerusakan akibat pembekuan (*frost action*), dan
  - e. berfungsi sebagai lantai kerja (*working platform*).
2. Plat (*slab*) beton semen, berfungsi sebagai :
  - a. memikul langsung beban lalu lintas dan meneruskan ke lapisan di bawahnya,
  - b. menahan gaya geser dari beban roda,
  - c. sebagai lapis aus (*wearing course*) akibat gaya gesek dan cuaca, dan
  - d. sebagai lapis kedap air untuk melindungi lapis di bawahnya.



Gambar 2.6 Grafik gradasi pasir kali Krasak

(Sumber : Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah, 1997) [5]

Adapun hasil perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Komulatif berat tertinggal}}{100 \%} = \frac{280,8}{100} = 2,808$$

Tabel 2.3 Hasil kuat tekan karakteristik beton K<sub>300</sub>

No	Umur ( Hari )	Faktor Umur	f <sub>c</sub> ( MPa )	f <sub>c28</sub> ( MPa )	( f <sub>c28</sub> - f <sub>cr</sub> ) ( Mpa )	( f <sub>c28</sub> - f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup> ( MPa )
1	7	0,65	28,570	43,954	0,427	0,18
2			30,525	42,962	3,343	11,79
3			28,371	43,648	0,121	0,01
4			32,788	50,444	6,916	47,83
5			30,861	47,479	3,951	15,61
6			27,311	42,016	- 1,511	2,28
7			32,762	50,403	6,875	47,27
8			28,431	43,740	0,213	0,04
9			30,818	74,412	3,885	15,09
10			28,308	43,551	0,024	0,00

3. Tanah dasar (*subgrade*) adalah tanah dasar galian (*cut*) atau timbunan (*embankment*) dan dapat mempengaruhi perencanaan ketebalan perkerasan beton semen.

### **3.2 Karakteristik Perkerasan**

Karakteristik perkerasan merupakan sifat-sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan tinggi rendahnya mutu suatu perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik akan dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan, baik berupa kekuatan (sesuai umur rencana), keawetan serta kenyamanan.

Karakteristik tidak lepas dari mutu dan komposisi bahan penyusunnya, terutama perilaku beton pada saat dan setelah pencampuran untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya. Karakteristik perkerasan dapat ditunjukkan dengan parameter berikut.

#### **3.2.1 Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton ditentukan dengan pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kuat tekan beton. Semakin rendah perbandingan air terhadap semen, semakin tinggi kuat tekan beton. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan reaksi kimia di dalam pengerasan beton. Kelebihan air akan meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi menurunkan kuat tekan beton.

Dalam PBT 1971 NI-2 kuat tekan beton ialah kuat tekan yang diperoleh dari pemeriksaan benda uji kubus yang bersisi 15 cm pada umur 28 hari. Apabila kuat tekan beton tidak ditentukan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, tetapi dengan benda uji yang bersisi 20 cm atau dengan benda uji silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kuat tekan yang didapat dari benda uji – benda uji terakhir ini dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, harus diambil menurut tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan kuat tekan beton

Benda uji	Perbandingan kekuatan beton
Kubus 15x15x15 cm	1,00
Kubus 20x20x20 cm	0,95
Silinder 15x30 cm	0,83

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia. DPU, 1979 [1]

Kuat tekan beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :  $\sigma$  = tegangan, kg/cm<sup>2</sup>

P = beban maksimum, kg

A = luas penampang benda uji, cm<sup>2</sup>

Beton dari hasil pengujian perlu diperiksa dengan perkiraan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beton yang telah diuji. Perkiraan yang lebih baik dengan standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus berikut ini :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(fc' - fcr)^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

S = deviasi standar, MPa

fc' = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji, Mpa

fcr = kuat tekan beton rata-rata, MPa

n = jumlah benda uji

### 3.2.2 Metode Perancangan Campuran Beton

Pada penelitian ini digunakan ACI (*American Concrete Institute*) sebagai metode perancangan beton. Metode ini digunakan karena menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperlihatkan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan beton menentukan tingkat konsistensi/kekentalan adukan beton.

Tahapan perhitungan perancangan campuran beton berdasarkan metode ACI (Tjokrodimulyo, 1995) [9] sebagai berikut ini.

1. Menghitung kuat tekan beton rata-rata berdasarkan kuat tekan karakteristik beton dan nilai margin

$$fcr = fc' + m \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan : fc' = kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji, MPa

fcr = kuat tekan beton rata-rata, MPa

m = nilai margin, MPa

Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai :

$$m = 1,64 \cdot S_d \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan :  $S_d$  = nilai deviasi standar, yang dihitung dengan menggunakan rumus (3.2) dan dapat dilihat dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai deviasi standar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Volume Pekerjaan ( $\text{m}^3$ )	Mutu Pekerjaan		
	baik sekali	Baik	Cukup
Kecil : < 1000	$45 < S_d \leq 55$	$55 < S_d \leq 65$	$65 < S_d \leq 85$
Sedang : 1000-3000	$35 < S_d \leq 45$	$45 < S_d \leq 55$	$55 < S_d \leq 75$
Besar : > 3000	$25 < S_d \leq 35$	$35 < S_d \leq 45$	$45 < S_d \leq 65$

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia, DPU, 1979 [1]

- Menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada tabel 3.3, dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada tabel 3.4, dan keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.3 Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan silinder beton umur 28 hari

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

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995 [9]

Tabel 3.4 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembeconan dan lingkungan khusus

Jenis pembeconan	Fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, atau disebabkan oleh kondensasi atau uap air	0,52
Berat di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau dari air tanah	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia, DPU, 1979 [1]

3. Berdasarkan jenis strukturnya, ditetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

Jenis konstruksi	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, pondasi bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembeconan masal	7,5	2,5

Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia, DPU, 1979 [1]

4. Menentukan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dilihat dari tabel 3.6.

Tabel 3.6 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (liter)

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

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995 [9]

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (2) dan (4) di atas.
6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan per satuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum dari agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya, dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butiran

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butiran			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,64	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995 [9]



Modulus halus butir didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan mulai dari diameter lubang ayakan yang terbesar dari atas ke bawah yaitu 38.1 mm, 19.0 mm, 9.50 mm, 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.3 mm dan 0,15 mm. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan makin besar butiran agregatnya. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butiran antara 1,5 sampai 3,8. Untuk agregat kasar antara 5 sampai 8. Modulus halus campuran agregat kasar dan agregat halus berkisar antara 5 sampai 6,5.

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan (lihat tabel 3.6), dengan cara hitungan volume absolut.
8. Menghitung berat masing-masing bahan susun beton.

## **BAB IV**

### **HIPOTESIS**

Limbah bongkaran beton sebagai alternatif pengganti agregat kasar yang masih mempunyai sifat dan nilai struktural yang baik bila dicampurkan dengan bahan dasar penyusun beton semen lainnya dan sesuai dengan persyaratan pengerjaan beton semen dapat membentuk beton semen yang memenuhi karakteristik kuat tekan yang disyaratkan untuk perkerasan beton semen.

## BAB V

### PELAKSANAAN PENELITIAN

#### 5.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimental dan dilakukan untuk mencari pemecahan masalah. Agar penelitian tersebut berjalan lancar, runtut dan terarah, digunakan metode penelitian dalam pelaksanaannya. Metode ini disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian sebagai berikut :

1. Penentuan sampel benda uji sebanyak 96 buah sampel silinder beton dengan pembagian ditunjukkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pembagian berdasarkan perbandingan campuran dan lama perendaman

<b>Lama Perendaman</b>	<b>14 hari</b>	<b>28 hari</b>
<b>Mutu Beton Rencana (<math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>)</b>		
K <sub>300</sub>	16	16
K <sub>350</sub>	16	16
K <sub>400</sub>	16	16

2. Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 14 dan 28 hari.
3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Islam Indonesia.

4. Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

NO	ALAT	KEGUNAAN
1	Oven	Pengering agregat
2	Piring logam	Menampung agregat di oven
3	Mesin siever	Pengayak mekanik
4	Ayakan	Menyaring agregat
5	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6	Gelas ukur	Menakar air
7	Ember	Menampung agregat
8	Kerucut Abrams	Pengujian slump
9	Tempat adukan beton	Wadah untuk mengaduk beton
10	Sekop besar	Mengaduk bahan-bahan
11	Cetok	Memasukkan adukan beton ke cetakan
12	Penggaris	Mengukur slump
13	Tongkat penumbuk	Memadatkan beton dalam cetakan
14	Cetakan silinder	Tempat mencetak beton
15	Kaliper	Mengukur benda uji
16	Mesin uji Los Angeles	Tes keausan agregat
17	Mesin uji tekan merk "Control"	Tes tekan beton
18	Terpal, kolam penampung benda uji dan karung goni basah	Menjaga kelembaban beton/perawatan beton

5. Campuran beton berdasarkan metode ACI dengan mutu beton rencana yaitu

$$f_c' = 30,0 \text{ Mpa}, f_c' = 35,0 \text{ MPa dan } f_c' = 40,0 \text{ MPa.}$$

## 5.2 Bahan-Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

### 1. Semen

Semen yang digunakan, yaitu Semen Portland Pozolan type I merek Gresik dengan berat 40 kg per sak dan berat jenis  $3,15 \text{ t/m}^3$ .

## 2. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Kali Boyong Yogyakarta.

## 3. Limbah bongkaran beton

Agregat kasar yang digunakan adalah limbah bongkaran beton (*artificial agregat*) yang didapat dari sisa-sisa benda uji beton yang diambil dari PT. Jaya Readymix. Material ini didapat dengan menghancurkan benda uji beton dengan alat pemukul sehingga didapat pecahan-pecahan berupa butiran agregat. Setelah itu disaring dengan ukuran butir 20.0 mm dan 10.0 mm.

## 4. Air

Air yang digunakan dalam adukan adalah air di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Islam Indonesia, dan dianggap telah memenuhi persyaratan untuk pekerjaan adukan beton.

### 5.3 Pemeriksaan Agregat

Agregat yang digunakan memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Adapun persyaratan-persyaratan tersebut terlihat pada tabel 5.3 dan tabel 5.4.

Tabel 5.3 Persyaratan agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Keausan agregat dengan mesin Los Angeles	$\leq 45,0 \%$
2	Penyerapan air	$\leq 2,0 \%$
3	Berat jenis	$\geq 2,5 \%$
4	Berat volume agregat	$\geq 1,2 \text{ kg/l}$

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), 1985 [2]

## 2. Pemeriksaan berat jenis agregat halus

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dengan volume agregat. Untuk mendapatkan volume agregat digunakan air suling. Pemeriksaan berat jenis mengikuti prosedur PB-0203-76 (AASHTO T-84-74) dengan persyaratan minimum 2,5. Peralatan yang digunakan adalah timbangan halus dengan ketelitian 0,1 gram, *picnometer* dengan kapasitas 500 ml, *cone/kerucut* terpancung dengan ukuran diameter atas  $(40 \pm 3)$  mm, diameter bawah  $(90 \pm 3)$  mm dan tingginya  $(75 \pm 3)$  mm dengan tebal logam 0,8 mm dan ukuran penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata dengan berat  $(340 \pm 15)$  gram, diameter permukaan penumbuk  $(25 \pm 3)$  mm, saringan no. 4, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , loyang seng dan loyang plastik, kuas, bejana tempat air dan alat yang lainnya, termometer, pompa hampa udara dan air suling.

Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus asal Kali Boyong

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat agregat (W)	400 gram
Gelas ukur + air (V1)	500 cc
Gelas ukur + air + agregat (V2)	645 cc
<b>BERAT JENIS (BJ) = <math>\frac{W}{V2 - V1}</math></b>	2,75 gr/cm <sup>3</sup>

## 3. Pemeriksaan berat jenis limbah bongkaran beton

Pemeriksaan berat jenis ini mengikuti prosedur PB-0202-76 (AASHTO T-85-74) dengan persyaratan minimum 2,5. Peralatan yang digunakan adalah timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh

Tabel 5.4 Persyaratan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Penyerapan air	$\leq 3,0 \%$
2	Berat jenis	$\geq 2,5 \%$

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen), 1985 [2]

Pemeriksaan agregat ini terdiri dari :

### 1. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin Los Angeles

Ketahanan agregat terhadap penghancuran diperiksa dengan percobaan abrasi dengan menggunakan mesin Los Angeles berdasarkan PB-0206-76. Nilai abrasi menunjukkan banyaknya agregat kasar yang hancur akibat tumbukan dan gesekan antara partikel dengan bola-bola baja pada saat terjadinya putaran. Peralatan yang digunakan adalah mesin Los Angeles, saringan, timbangan dengan ketelitian 5 gram, bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm dengan berat masing-masing antara 390 gram sampai 445 gram, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Hasil pemeriksaan keausan agregat dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hasil pemeriksaan keausan limbah bongkaran beton

JENIS GRADASI		B
SARINGAN		BENDA UJI
LOLOS	TERTAHAN	
25,4 mm (1")	19,0 mm (3/4")	-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gram
12,5 mm (0,5")	9,5 mm (3/8")	2500 gram
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-
<b>JUMLAH BENDA UJI (A)</b>		5000 gram
<b>JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)</b>		3115 gram
<b>KEAUSAN = <math>\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%</math></b>		37,7 %

yang ditimbang, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , saringan no. 4, gelas ukur kapasitas 1000 cc, piring, dan sekop kecil.

Hasil pemeriksaan berat jenis limbah bongkaran beton dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut..

Tabel 5.7 Hasil pemeriksaan berat jenis limbah bongkaran beton

KETERANGAN	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	400 gram	500 gram
Gelas ukur + air (V1)	500 cc	500 cc
Gelas ukur + air + agregat (V2)	670 cc	710 cc
<b>BERAT JENIS (BJ) = <math>\frac{W}{V2 - V1}</math></b>	2.353 gr/cm <sup>3</sup>	2.381 gr/cm <sup>3</sup>
<b>BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA</b>	2.367 gr/cm <sup>3</sup>	

#### 4. Analisa saringan dan Modulus Halus Butir (MHB)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan menentukan Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan ini mengikuti prosedur PB-0201-76 (AASHTO T-27-74). Cara pemeriksaan gradasi pasir sebagai berikut :

- a. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan aturan diameter yaitu dari atas ke bawah mulai dari diameter 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm, dan PAN.
- b. Contoh pasir ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas dan kemudian ditutup rapat-rapat.
- c. Ayakan digetarkan dengan mesin siever selama kurang lebih 15 menit.



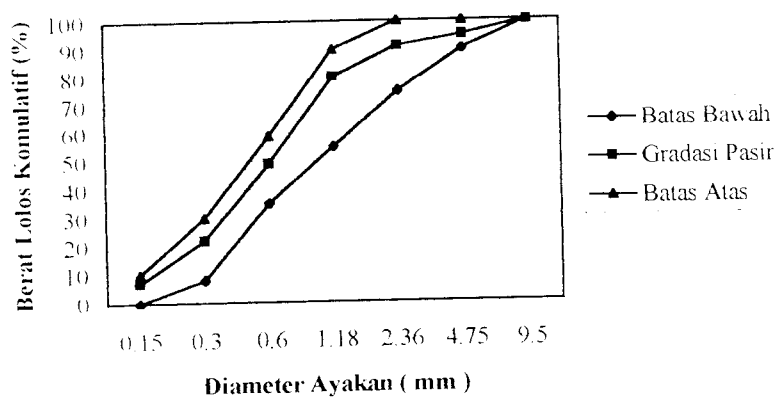
- d. Pasir yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring, kemudian ditimbang.
- e. Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Komulatif berat tertinggal}}{100 \%}$$

Hasil pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil gradasi pasir asal Kali Boyong

No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan		Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)	Gradasi zona 2 (sedang)
		gram	%			
1	9.50	0,0	0,0	0,0	100,0	100
2	4.75	50,0	5,0	5,0	95,0	90-100
3	2.36	39,0	3,9	8,9	91,1	75-100
4	1.18	108,0	10,8	19,7	80,3	55-90
5	0.60	310,0	31,0	50,7	49,3	35-59
6	0.30	272,0	27,2	77,9	22,1	8-30
7	0.15	160,0	16,0	93,0	7,0	0-10
8	PAN	61,0	6,1	-	-	-
		1000,0	100,0	256,1		



Gambar 5.1 Grafik gradasi pasir Kali Boyong

## 6. Pemeriksaan berat volume agregat kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan berat volume agregat kasar yaitu perbandingan berat dan volume (PB-0204-76). Berat volume agregat kasar yang diijinkan mempunyai nilai minimum ( $\geq 1,2 \text{ kg/l}$ ). Peralatan yang digunakan yaitu : timbangan kapasitas 20 kg, talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan agregat kasar, tongkat pemadat berdiameter 16 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat, mistar perata, serok/cetok dan wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan alat pemegang.

Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Hasil pemeriksaan berat volume agregat kasar limbah bongkaran beton

KETERANGAN	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat cetakan silinder (W1)	4,789 kg	5,245 kg
Berat cetakan silinder + agregat (W2)	11,875 kg	12,525 kg
Volume silinder ( $V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$ )	$5,301 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	$5,301 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
<b>Berat volume agregat</b> = $\frac{W2 - W1}{V}$	$1336,6186 \text{ kg/m}^3$	$1373,2124 \text{ kg/m}^3$
<b>Berat volume agregat rata-rata</b>	$1354,9155 \text{ kg/m}^3 = 1.355 \text{ gr/cm}^3$	

## 5.4 Perencanaan Campuran

Penelitian ini menggunakan metoda ACI (*American Concrete Institute*) sebagai perancangan dasar campuran. Salah satu tujuan yang hendak dicapai dengan perancangan campuran ACI adalah menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump.

## 5.5 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton

Uraian perencanaan campuran beton berdasarkan cara *American Concrete Institute (ACI)* dengan mempergunakan data-data perhitungan di bawah ini sebagai contoh :

- |                                             |                            |
|---------------------------------------------|----------------------------|
| 1. Kuat tekan rencana                       | : 30 MPa                   |
| 2. Diameter maksimum agregat kasar          | : 20 mm                    |
| 3. Modulus Halus Butir (MHB) pasir          | : 2,561                    |
| 4. Berat jenis pasir (SSD)                  | : 2,75 gr/cm <sup>3</sup>  |
| 5. Berat jenis bongkaran beton (SSD)        | : 2,367 gr/cm <sup>3</sup> |
| 6. Berat jenis bongkaran beton kering tusuk | : 1,355 gr/cm <sup>3</sup> |
| 7. Berat jenis semen                        | : 3,15 gr/cm <sup>3</sup>  |

Perhitungan rencana campuran beton :

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

Berdasarkan tabel 3.2 untuk volume pekerjaan kecil dengan pengawasan baik nilai  $S_d = 6.0$  Mpa, sehingga mutu beton rata-rata adalah :

$$f_{cr} = f_c' + 1.64 \cdot S_d = 30 + 1.64 \cdot 6 = 39,84 \text{ MPa}$$

### 2. Menetapkan faktor air semen

- Berdasarkan tabel 3.3 dan kekuatan tekan yang dikehendaki didapatkan nilai  $f_{as}$  dengan interpolasi  $f_{as} = 0,377777$
- Berdasarkan tabel 3.4 beton yang tidak terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung didapat nilai  $f_{as} = 0,60$
- Dari dua nilai  $f_{as}$  di atas, dipakai nilai  $f_{as}$  yang terkecil yaitu 0,377777

Adapun hasil perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Komulatif berat tertinggal}}{100 \%} = \frac{256,1}{100} = 2,561$$

### 5. Pemeriksaan penyerapan agregat terhadap air

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya air yang terserap oleh agregat. Besarnya penyerapan yang diijinkan mempunyai nilai maksimum ( $\leq 2\%$ ) untuk agregat kasar dan ( $\leq 3\%$ ) untuk agregat halus. Air yang telah diserap oleh agregat sukar dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga mempengaruhi dalam pencampuran bahan-bahan beton. Peralatan yang digunakan adalah : timbangan halus dengan ketelitian 0,1 gram, picnometer dengan kapasitas 500 ml, saringan no. 4, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi ( $110 \pm 5$ )°C, loyang seng dan loyang plastik, kuas, bejana tempat air dan alat yang lainnya, termometer, pompa hampa udara (*vacum pump*), air suling.

Hasil pemeriksaan penyerapan agregat terhadap air dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9 Hasil pemeriksaan penyerapan agregat halus dan limbah bongkaran beton

KETERANGAN	BENDA UJI	
	Pasir	Bongkaran Beton
Berat sampel kering permukaan jenuh ( $B_J$ )	500 gram	1647 gram
Berat sampel kering oven ( $B_K$ )	494 gram	1584 gram
Penyerapan = $\frac{(B_J - B_K)}{B_K} \times 100 \%$	1,215 %	3,977 %

### 3. Menetapkan nilai slump

Berdasarkan tabel 3.5 untuk jenis perkerasan jalan didapat nilai slump 5,0 – 7,5 cm.

### 4. Menetapkan kebutuhan air

Berdasarkan tabel 3.6 untuk nilai slump 50 – 75 mm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air ( $V_a$ ) 182 liter dan udara terperangkap ( $V_u$ ) 2 %.

### 5. Menghitung kebutuhan semen

$$F_{as} = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{F_{as}} = \frac{182}{0,377777} = 481,7746 \text{ kg}$$

$$Vol_{semen} (V_s) = \frac{W_{semen}}{Bj_{semen}} = \frac{0,4817746}{3,15} = 0,15294 \text{ m}^3$$

### 6. Menetapkan volume bongkaran beton per meter kubik beton

Berdasarkan tabel 3.7 untuk bongkaran beton diameter maksimum 20 mm dan modulus halus butir agregat halus (MHB) = 2,561 didapat volume bongkaran beton dengan interpolasi ( $V_k$ ) = 0,6339 m<sup>3</sup>

Berat bongkaran beton =  $V_k \times B_j$  bongkaran beton kering tusuk

$$= 0,6339 \times 1,355$$

$$= 0,8589345 \text{ ton}$$

$$= 858,9345 \text{ kg}$$

$$Vol_{Agregat} = \frac{W_{agregat}}{B_j \text{ bongkaran beton}} = \frac{0,8589345}{2,367} = 0,36288 \text{ m}^3$$



- b. Bahan-bahan seperti : agregat kasar, agregat halus, semen dan air dengan perbandingan campuran yang telah didapat, kemudian dicampur menjadi satu dalam wadah adukan beton.
- c. Setelah bahan-bahan tercampur secara merata, dilanjutkan dengan pemeriksaan slump. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ukuran kekentalan beton muda. Peralatan yang digunakan yaitu cetakan berupa kerucut "Abrams" terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm, ujung dibulatkan dan terbuat dari baja tahan karat, pelat logam dengan permukaan yang rata, dan cetok. Pelaksanaan pengukuran slump, dilakukan dengan memasukkan adukan beton secara bertahap sebesar  $\frac{1}{3}$  bagian dari tinggi kerucut dan dilakukan pemadatan dengan penusukan sebanyak 25 kali. Setelah kerucut penuh dan sisi atasnya diratakan, adukan dibiarkan selama  $\pm 30$  detik. Selanjutnya kerucut diangkat perlahan-lahan vertikal ke atas. Nilai slump adalah tinggi jatuh adukan dari sisi atas kerucut ke sisi atas adukan.
- d. Dilakukan pengisian adukan dengan menggunakan cetok ke dalam cetakan yang terlebih dahulu diolesi dengan oli, sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
- e. Setelah pengisian dan pemadatan selesai, permukaan cetakan diratakan kemudian diletakkan ke tempat yang terlindung, dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
- f. Setiap benda uji diberi kode agar tidak tertukar dan mudah dikelompokkan.

### **5.7 Perawatan Benda Uji**

Setelah 24 jam cetakan silinder dibuka, kemudian dilakukan perawatan beton. Perawatan beton ialah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan pasir) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi beton yang kurang kuat, dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembaban permukaan tadi juga menambah beton lebih tahan cuaca, dan lebih kedap air.

Beberapa cara perawatan benda uji beton yang biasa dilakukan, yaitu :

1. menaruh benda uji beton di dalam ruangan yang lembab,
2. menaruh benda uji beton di dalam air,
3. menyelimuti permukaan benda uji beton dengan karung basah,
4. menggenangi permukaan benda uji beton dengan air, dan
5. menyirami permukaan benda uji beton setiap saat secara terus menerus.

Pada penelitian ini dilakukan perawatan beton dengan merendam benda uji beton ke dalam kolam berisi air selama 14 dan 28 hari. Perendaman ini dilakukan untuk menghindari penguapan air yang mengakibatkan terhentinya proses hidrasi dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan beton.

### **5.8 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tekan benda uji beton berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan di laboratorium selama 14 dan 28 hari. Kekuatan tekan beton adalah beban persatuan luas yang menyebabkan beton runtuh.

### 3. Menetapkan nilai slump

Berdasarkan tabel 3.5 untuk jenis perkerasan jalan didapat nilai slump 5,0 – 7,5 cm.

### 4. Menetapkan kebutuhan air

Berdasarkan tabel 3.6 untuk nilai slump 50 – 75 mm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air ( $V_a$ ) 182 liter dan udara terperangkap ( $V_u$ ) 2 %.

### 5. Menghitung kebutuhan semen

$$F_{as} = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{F_{as}} = \frac{182}{0,377777} = 481,7746 \text{ kg}$$

$$Vol_{semen} (V_s) = \frac{W_{semen}}{Bj_{semen}} = \frac{0,4817746}{3,15} = 0,15294 \text{ m}^3$$

### 6. Menetapkan volume bongkaran beton per meter kubik beton

Berdasarkan tabel 3.7 untuk bongkaran beton diameter maksimum 20 mm dan modulus halus butir agregat halus (MHB) = 2,561 didapat volume bongkaran beton dengan interpolasi ( $V_k$ ) = 0,6339 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Berat bongkaran beton} &= V_k \times Bj_{\text{bongkaran beton kering tusuk}} \\ &= 0,6339 \times 1,355 \\ &= 0,8589345 \text{ ton} \\ &= 858,9345 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Vol_{Agregat} = \frac{W_{agregat}}{Bj_{\text{bongkaran beton}}} = \frac{0,8589345}{2,367} = 0,36288 \text{ m}^3$$





### 7. Menghitung volume pasir (Vp)

$$\begin{aligned} \text{Vol. Pasir (Vp)} &= 1 - (\text{Va} + \text{Vs} + \text{Vk} + \text{Vu}) \\ &= 1 - (0.182 + 0.15294 + 0.36288 + 0.02) \\ &= 0.28218 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= \text{Vp} \times \text{Bj pasir (SSD)} \\ &= 0,28218 \times 2,75 \\ &= 0,775995 \text{ ton} = 775.995 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 8. Kebutuhan material dalam 1 m<sup>3</sup> adukan beton :

- a. Semen = 481,7746 kg
- b. Pasir = 775,994 kg
- c. Bongkaran beton = 858,9345 kg
- d. Air = 182 liter

Untuk mencari kuat tekan rencana  $K_{350}$  dan  $K_{400}$  dengan cara yang sama seperti di atas dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut ini :

Tabel 5.11 Hasil perhitungan kebutuhan material dalam 1 m<sup>3</sup> adukan beton berdasarkan mutu beton rencana

Mutu Beton Rencana	Semen (kg)	Pasir (kg)	Bongkaran Beton (kg)	Air (liter)
$K_{350}$	580,5682	689,70	858,9345	182
$K_{400}$	730,337	558,9925	858,9345	182

### 5.6 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pembuatan beton dan pemeriksaan slump pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bahan-bahan dan alat yang diperlukan dalam pembuatan beton dipersiapkan sebelumnya sesuai dengan kebutuhan rencana pembuatan campuran beton.

Setelah benda uji diukur dan ditimbang, kemudian diuji dengan mesin tekan merek "Controls" secara perlahan-lahan sampai beton runtuh (beban maksimum).

### **5.9 Analisis**

Setelah semua pengujian dilakukan, dilanjutkan dengan analisis data yang diperoleh. Analisis yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai optimum. Data yang diperoleh adalah kuat tekan beton yang memenuhi persyaratan.

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1 Hasil Penelitian

Hasil uji sampel benda uji ini mencakup dua hal yaitu pengujian berat volume dan hasil pengujian kuat tekan beton. Hasil uji ini didapat pada saat benda uji berumur 14 dan 28 hari.

##### 6.1.1 Hasil Pengujian Berat Volume

Tabel 6.1 Data berat volume beton K<sub>300</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
1	15.0	29.8	5266.0902	12.114	2.3004
2	15.0	30.2	5336.7760	12.314	2.3074
3	15.1	29.7	5318.6310	12.182	2.2904
4	15.0	30.1	5319.1046	12.280	2.3087
5	14.9	29.9	5213.5464	12.134	2.3274
6	15.1	30.0	5372.3545	12.210	2.2727
7	14.9	30.1	5248.4196	12.165	2.3178
8	15.1	29.6	5300.7231	12.264	2.3136
9	14.9	30.0	5230.9830	12.143	2.3214
10	15.0	30.0	5301.4331	12.206	2.3024
11	14.9	29.9	5213.5464	12.153	2.3310
12	14.9	29.9	5213.5464	12.060	2.3132
13	15.0	29.8	5266.0902	12.014	2.2814
14	15.0	30.0	5301.4331	12.164	2.2945
15	14.9	30.0	5230.9830	12.165	2.3256
16	14.9	29.6	5161.2365	11.980	2.3211
<b>JUMLAH</b>					<b>36.9291</b>

$$B_{j\text{rata-rata}} = \frac{\sum B_j}{n} = 2.3081 \text{ ton.m}^3$$

Tabel 6.2 Data berat volume beton K<sub>350</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
1	15,1	29,7	5318,6310	12,154	2,2852
2	15,0	30,1	5319,1046	12,207	2,2949
3	14,9	29,9	5213,5464	12,097	2,3203
4	15,1	29,8	5336,5388	12,193	2,2848
5	14,9	30,0	5230,9830	12,145	2,3217
6	15,0	30,0	5301,4331	12,112	2,2847
7	14,9	30,0	5230,9830	12,108	2,3147
8	15,0	29,9	5283,7617	12,078	2,2859
9	15,0	30,0	5301,4331	12,114	2,2850
10	15,1	30,4	5443,9859	12,755	2,3430
11	15,0	30,0	5301,4331	12,257	2,3120
12	15,0	29,9	5283,7617	12,130	2,2957
13	15,0	30,0	5301,4331	12,205	2,3022
14	15,0	29,9	5280,7617	12,137	2,2970
15	14,9	29,8	5196,1097	12,010	2,3113
16	15,1	29,4	5264,9074	12,011	2,2813
<b>JUMLAH</b>					<b>36,8198</b>

$$B_{J_{rata-rata}} = \frac{\sum BJ}{n} = 2,3012 \text{ ton/m}^3$$

Tabel 6.3 Data berat volume beton K<sub>400</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
1	15,0	30,0	5301,4331	12,154	2,2926
2	15,2	29,4	5334,8722	12,207	2,2882
3	15,0	30,0	5301,4331	12,097	2,2818
4	14,9	30,0	5230,9830	12,193	2,3309
5	15,0	29,6	5230,7474	12,145	2,3218
6	15,0	30,0	5301,4331	12,112	2,2847
7	15,2	30,2	5480,0388	12,108	2,2095
8	15,0	30,2	5336,7760	12,078	2,2632
9	15,0	30,3	5354,4475	12,114	2,2624
10	15,0	30,0	5301,4331	12,755	2,4060
11	14,9	29,9	5213,5464	12,257	2,3510
12	15,1	30,0	5372,3545	12,130	2,2579
13	15,1	30,2	5408,1702	12,205	2,2568
14	14,8	30,0	5161,0041	12,137	2,3517
15	15,2	29,8	5407,4555	12,010	2,2210
16	15,0	30,0	5301,4331	12,011	2,2656
<b>JUMLAH</b>					<b>36,6449</b>

$$B_{j\text{rata-rata}} = \frac{\sum B_j}{n} = 2,2903 \text{ ton.m}^3$$

Tabel 6.4 Data berat volume beton K<sub>300</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
1	14,9	29,6	5161,2365	12,088	2,3421
2	15,0	29,9	5283,7617	12,277	2,3235
3	14,9	29,8	5196,1097	12,119	2,3323
4	15,0	29,7	5248,4188	12,268	2,3375
5	15,0	29,5	5213,0759	12,127	2,3263
6	15,0	29,7	5248,4188	12,121	2,3095
7	15,0	29,9	5283,7617	12,173	2,3039
8	14,9	29,7	5178,6731	12,053	2,3274
9	14,9	29,7	5178,6731	12,075	2,3317
10	14,9	29,8	5196,1097	12,214	2,3506
11	15,1	30,0	5372,3545	12,348	2,2984
12	15,0	30,0	5301,4331	12,288	2,3179
13	15,0	29,9	5283,7617	12,175	2,3042
14	15,0	29,9	5283,7617	12,281	2,3243
15	15,0	29,7	5248,4188	12,212	2,3268
16	14,9	29,9	5213,5464	12,153	2,3310
<b>JUMLAH</b>					<b>37,1873</b>

$$B_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum B_i}{n} = 2,3242 \text{ ton m}^3$$

Tabel 6.5 Data berat volume beton K<sub>350</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
1	15,00	29,50	5213,0759	12,053	2,3121
2	14,90	29,70	5178,6731	12,020	2,3211
3	14,90	30,00	5230,9830	12,225	2,3370
4	15,00	29,60	5230,7474	11,930	2,2807
5	15,00	30,20	5336,7760	12,433	2,3297
6	14,90	29,50	5143,7999	11,961	2,3253
7	14,90	30,10	5248,4196	12,265	2,3369
8	15,00	29,60	5230,7474	12,176	2,3278
9	14,95	29,80	5239,8184	12,256	2,3390
10	14,90	29,80	5196,1097	12,133	2,3350
11	14,90	30,15	5257,1379	12,198	2,3203
12	14,95	30,00	5266,1491	12,176	2,3121
13	14,95	29,95	5257,3722	12,240	2,3282
14	14,95	29,80	5231,1097	12,062	2,3059
15	14,90	29,80	5196,1097	12,085	2,3258
16	14,90	29,80	5196,1097	12,075	2,3239
<b>JUMLAH</b>					<b>37,1607</b>

$$B_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum B_j}{n} = 2,3225 \text{ ton/m}^3$$

Tabel 6.6 Data berat volume beton K<sub>100</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (kg/m <sup>3</sup> )
1	14,90	30,10	5248,4196	11,985	2,2835
2	14,90	30,10	5248,4196	11,960	2,2788
3	15,10	30,00	5372,3545	12,109	2,2539
4	15,00	29,90	5283,7617	11,956	2,2628
5	14,90	29,80	5196,1097	11,888	2,2879
6	14,95	29,90	5248,5953	11,857	2,2591
7	15,20	29,60	5371,1639	11,973	2,2291
8	15,05	30,20	5372,4138	12,135	2,2588
9	15,20	29,90	5425,6013	12,156	2,2405
10	14,90	30,00	5230,9830	11,900	2,2749
11	15,00	29,70	5248,4188	11,891	2,2656
12	14,90	30,20	5265,8562	12,035	2,2855
13	14,90	30,20	5265,8562	11,991	2,2771
14	15,00	30,40	5372,1189	12,107	2,2537
15	15,00	30,10	5319,1046	12,001	2,2652
16	15,05	30,00	5336,8349	11,979	2,2446
<b>JUMLAH</b>					<b>36,2120</b>

$$B_{j\text{rata-rata}} = \frac{\sum B_j}{n} = 2,2632 \text{ ton/m}^3$$



### 6.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Hasil penelitian ini diperoleh setelah dilakukan uji tekan beton dengan menggunakan mesin uji tekan merek "Controls" pada benda uji silinder beton.

Tabel 6.7 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton  $K_{300}$  pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,0	176,7144	625	360,65
2	15,0	176,7144	675	389,50
3	15,1	179,0785	690	392,90
4	15,0	176,7144	715	412,58
5	14,9	174,3661	600	350,88
6	15,1	179,0785	630	358,73
7	14,9	174,3661	705	412,29
8	15,1	179,0785	705	401,44
9	14,9	174,3661	610	356,73
10	15,0	176,7144	700	403,92
11	14,9	174,3661	590	345,03
12	14,9	174,3661	665	388,89
13	15,0	176,7144	670	386,61
14	15,0	176,7144	640	369,30
15	14,9	174,3661	685	400,59
16	14,9	174,3661	650	380,12
<b>JUMLAH</b>				<b>6110,16</b>

$$f_{cr} = \frac{6110,16}{16} = 381,89 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.8 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>350</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,1	179,0785	675	384,36
2	15,0	176,7144	740	427,00
3	14,9	174,3661	720	421,06
4	15,1	179,0785	720	409,98
5	14,9	174,3661	745	435,68
6	15,0	176,7144	770	444,32
7	14,9	174,3661	665	388,89
8	15,0	176,7144	720	415,46
9	15,0	176,7144	750	432,77
10	15,1	179,0785	735	418,52
11	15,0	176,7144	725	418,35
12	15,0	176,7144	745	429,89
13	15,0	176,7144	645	372,19
14	15,0	176,7144	695	401,04
15	14,9	174,3661	630	368,43
16	15,1	179,0785	765	435,60
<b>JUMLAH</b>				<b>6603,54</b>

$$f_{cr} = \frac{6603,54}{16} = 412,72 \text{ kg cm}^{-2}$$

Tabel 6.9 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>400</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.0	176,7144	755	435,66
2	15.2	181,4582	760	427,08
3	15.0	176,7144	770	444,32
4	14.9	174,3661	685	400,59
5	15.0	176,7144	795	458,74
6	15.0	176,7144	710	409,69
7	15.2	181,4582	680	382,12
8	15.0	176,7144	835	481,82
9	15.0	176,7144	860	496,25
10	15.0	176,7144	780	450,09
11	14.9	174,3661	715	418,13
12	15.1	179,0785	780	444,14
13	15.1	179,0785	850	484,00
14	14.8	172,0335	765	453,44
15	15.2	181,4582	710	398,98
16	15.0	176,7144	800	461,63
<b>JUMLAH</b>				<b>7046,68</b>

$$f_{cr} = \frac{7046,68}{16} = 440,42 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.11 Data hasil pemeriksaan kuat desak beton K<sub>350</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,00	176,7144	800	461,63
2	14,90	174,3661	760	444,45
3	14,90	174,3661	820	479,54
4	15,00	176,7144	775	447,20
5	15,00	176,7144	825	476,05
6	14,90	174,3661	700	409,36
7	14,90	174,3661	730	426,91
8	15,00	176,7144	810	467,40
9	14,95	175,5383	785	456,01
10	14,90	174,3661	810	473,69
11	14,90	174,3661	775	453,22
12	14,95	175,5383	790	458,91
13	14,95	175,5383	825	479,24
14	14,95	175,5383	815	473,43
15	14,90	174,3661	750	438,60
16	14,90	174,3661	765	447,38
<b>JUMLAH</b>				<b>7293,02</b>

$$f_{cr} = \frac{7293,02}{16} = 455,81 \text{ kg cm}^2$$

Tabel 6.12 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>400</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,90	174,3661	820	479,54
2	14,90	174,3661	800	467,84
3	15,10	179,0785	765	435,60
4	15,00	176,7144	745	429,89
5	14,90	174,3661	740	432,75
6	14,95	175,5383	840	487,96
7	15,20	181,4582	830	466,42
8	15,05	177,8945	830	475,76
9	15,20	181,4582	820	460,80
10	14,90	174,3661	790	462,00
11	15,00	176,7144	765	441,43
12	14,90	174,3661	755	441,53
13	14,90	174,3661	825	482,46
14	15,00	176,7144	920	530,87
15	15,00	176,7144	820	473,17
16	15,05	177,8945	775	444,23
<b>JUMLAH</b>				<b>7412,25</b>

$$f_{cr} = \frac{7412,25}{16} = 463,27 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan di atas, ternyata ada beberapa data yang menyimpang jauh dari rata-rata kuat tekan yang dicapai pada masing-masing benda uji. Untuk mengurangi turunnya nilai rata-rata kuat tekan dari masing-masing benda uji, maka data yang menyimpang perlu dihilangkan sampai mendapatkan yang sesuai dengan peningkatan nilai kuat tekan dari umur 14 hari ke umur 28 hari.

Hasil kuat tekan yang dicapai setelah data yang menyimpang dihilangkan adalah sebagai berikut :

Tabel 6.13 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>300</sub> pada umur 14 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang (benda uji No. 11 pada tabel 6.7)

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,0	176,7144	625	360,65
2	15,0	176,7144	675	389,50
3	15,1	179,0785	690	392,90
4	15,0	176,7144	715	412,58
5	14,9	174,3661	600	350,88
6	15,1	179,0785	630	358,73
7	14,9	174,3661	705	412,29
8	15,1	179,0785	705	401,44
9	14,9	174,3661	610	356,73
10	15,0	176,7144	700	403,92
11	14,9	174,3661	665	388,89
12	15,0	176,7144	670	386,61
13	15,0	176,7144	640	369,30
14	14,9	174,3661	685	400,59
15	14,9	174,3661	650	380,12
<b>JUMLAH</b>				<b>5765,13</b>

$$f_{cr} = \frac{5765,13}{15} = 384,34 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.14 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton  $K_{350}$  pada umur 14 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang (benda uji No. 15 pada tabel 6.8)

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,1	179,0785	675	384,36
2	15,0	176,7144	740	427,00
3	14,9	174,3661	720	421,06
4	15,1	179,0785	720	409,98
5	14,9	174,3661	745	435,68
6	15,0	176,7144	770	444,32
7	14,9	174,3661	665	388,89
8	15,0	176,7144	720	415,46
9	15,0	176,7144	750	432,77
10	15,1	179,0785	735	418,52
11	15,0	176,7144	725	418,35
12	15,0	176,7144	745	429,89
13	15,0	176,7144	645	372,19
14	15,0	176,7144	695	401,04
15	15,1	179,0785	765	435,60
<b>JUMLAH</b>				<b>6235,11</b>

$$f_{cr} = \frac{6235,11}{15} = 415,67 \text{ kg cm}^2$$

Tabel 6.15 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>400</sub> pada umur 14 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang (benda uji No. 7 pada tabel 6.9)

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,0	176,7144	755	435,66
2	15,2	181,4582	760	427,08
3	15,0	176,7144	770	444,32
4	14,9	174,3661	685	400,59
5	15,0	176,7144	795	458,74
6	15,0	176,7144	710	409,69
7	15,0	176,7144	835	481,82
8	15,0	176,7144	860	496,25
9	15,0	176,7144	780	450,09
10	14,9	174,3661	715	418,13
11	15,1	179,0785	780	444,14
12	15,1	179,0785	850	484,00
13	14,8	172,0335	765	453,44
14	15,2	181,4582	710	398,98
15	15,0	176,7144	800	461,63
<b>JUMLAH</b>				<b>6664,56</b>

$$f_{cr} = \frac{6664,56}{15} = 444,30 \text{ kg/cm}^2$$



Tabel 6.16 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>300</sub> pada umur 28 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang (benda uji No. 7 pada tabel 6.10)

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,9	174,3661	710	415,21
2	15,0	176,7144	715	412,58
3	14,9	174,3661	710	415,21
4	15,0	176,7144	685	395,27
5	15,0	176,7144	625	360,65
6	15,0	176,7144	680	392,38
7	15,0	176,7144	585	337,56
8	14,9	174,3661	765	447,38
9	14,9	174,3661	785	459,07
10	15,1	179,0785	720	409,98
11	15,0	176,7144	780	450,09
12	15,0	176,7144	795	458,74
13	15,0	176,7144	710	409,69
14	15,0	176,7144	755	435,66
15	14,9	174,3661	795	464,92
<b>JUMLAH</b>				<b>6264,39</b>

$$f_{cr} = \frac{6264,39}{15} = 417,63 \text{ kg cm}^{-2}$$

Tabel 6.17 Data hasil pemeriksaan kuat desak beton  $K_{350}$  pada umur 28 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang (benda uji No. 6 pada tabel 6.11)

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15,00	176,7144	800	461,63
2	14,90	174,3661	760	444,45
3	14,90	174,3661	820	479,54
4	15,00	176,7144	775	447,20
5	15,00	176,7144	825	476,05
6	14,90	174,3661	730	426,91
7	15,00	176,7144	810	467,40
8	14,95	175,5383	785	456,01
9	14,90	174,3661	810	473,69
10	14,90	174,3661	775	453,22
11	14,95	175,5383	790	458,91
12	14,95	175,5383	825	479,24
13	14,95	175,5383	815	473,43
14	14,90	174,3661	750	438,60
15	14,90	174,3661	765	447,38
<b>JUMLAH</b>				<b>6883,66</b>

$$f_{cr} = \frac{6883,66}{15} = 458,91 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.18 Data hasil pemeriksaan kuat tekan beton K<sub>400</sub> pada umur 28 hari dengan mengurangi satu sampel yang menyimpang (benda uji No. 14 pada tabel 6.12)

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (kN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )
1	14,90	174,3661	820	479,54
2	14,90	174,3661	800	467,84
3	15,10	179,0785	765	435,60
4	15,00	176,7144	745	429,89
5	14,90	174,3661	740	432,75
6	14,95	175,5383	840	487,96
7	15,20	181,4582	830	466,42
8	15,05	177,8945	830	475,76
9	15,20	181,4582	820	460,80
10	14,90	174,3661	790	462,00
11	15,00	176,7144	765	441,43
12	14,90	174,3661	755	441,53
13	14,90	174,3661	825	482,46
14	15,00	176,7144	820	473,17
15	15,05	177,8945	775	444,23
<b>JUMLAH</b>				<b>6881,38</b>

$$f_{cr} = \frac{6881,38}{15} = 458,76 \text{ kg/cm}^2$$

### 6.1.3 Perhitungan Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan

Perhitungan kekuatan tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan merupakan ukuran dari mutu pelaksanaannya.

Pada perhitungan ini didasarkan pada ketentuan rumus sebagai berikut :

$$f_c' = f_{cr} - 1,64.S$$

Dimana :

$f_c'$  = kuat desak yang disyaratkan,  $\text{kg/cm}^2$

$f_{cr}$  = kuat desak rata-rata,  $\text{kg/cm}^2$

$S$  = deviasi standar

Untuk memenuhi persyaratan di atas perlu dicari deviasi standar dengan rumus sebagai berikut :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f_c' - f_{cr})^2}{(n - 1)}}$$

Dimana :

$S$  = deviasi standar,  $\text{kg/cm}^2$

$f_c'$  = kuat desak beton dari masing-masing benda uji,  $\text{kg/cm}^2$

$f_{cr}$  = kuat desak beton rata-rata,  $\text{kg/cm}^2$

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c'}{n}$$

$n$  = jumlah benda uji

Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton dengan menggunakan data yang telah terkoreksi yaitu data hasil dari pengurangan sampel yang menyimpang, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.19 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K<sub>300</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )	(fc'-fcr) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	15,0	176,7144	625	360,65	561,22
2	15,0	176,7144	675	389,50	26,63
3	15,1	179,0785	690	392,90	73,27
4	15,0	176,7144	715	412,58	797,50
5	14,9	174,3661	600	350,88	1119,57
6	15,1	179,0785	630	358,73	655,87
7	14,9	174,3661	705	412,29	781,20
8	15,1	179,0785	705	401,44	292,41
9	14,9	174,3661	610	356,73	762,31
10	15,0	176,7144	700	403,92	383,38
11	14,9	174,3661	665	388,89	20,70
12	15,0	176,7144	670	386,61	5,15
13	15,0	176,7144	640	369,30	226,20
14	14,9	174,3661	685	400,59	264,06
15	14,9	174,3661	650	380,12	17,81
<b>JUMLAH</b>				<b>5765,13</b>	<b>6642,88</b>

$$f_{cr} = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{5765,13}{15} = 384,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - f_{cr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{6642,88}{(15-1)}} = 21,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = f_{cr} - 1,64.S$$

$$= 384,34 - (1,64 \cdot 21,78)$$

$$= 348,62 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.20 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K<sub>350</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )	(fc'-fcr) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	15,1	179,0785	675	384,36	980,32
2	15,0	176,7144	740	427,00	128,37
3	14,9	174,3661	720	421,06	29,05
4	15,1	179,0785	720	409,98	32,38
5	14,9	174,3661	745	435,68	400,40
6	15,0	176,7144	770	444,32	820,82
7	14,9	174,3661	665	388,89	717,17
8	15,0	176,7144	720	415,46	0,04
9	15,0	176,7144	750	432,77	292,41
10	15,1	179,0785	735	418,52	8,12
11	15,0	176,7144	725	418,35	7,18
12	15,0	176,7144	745	429,89	202,21
13	15,0	176,7144	645	372,19	1890,51
14	15,0	176,7144	695	401,04	214,04
15	15,1	179,0785	765	435,60	397,20
<b>JUMLAH</b>				<b>6235,11</b>	<b>6120,22</b>

$$f_{cr} = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{6235,11}{15} = 415,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - f_{cr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{6120,22}{(15-1)}} = 20,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{c'} = f_{cr} - 1,64.S$$

$$= 415,67 - (1,64 \cdot 20,91)$$

$$= 381,38 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.21 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K<sub>400</sub> pada umur 14 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )	(fc'-fcr) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	15,0	176,7144	755	435,66	74,65
2	15,2	181,4582	760	427,08	296,53
3	15,0	176,7144	770	444,32	0,0004
4	14,9	174,3661	685	400,59	1910,56
5	15,0	176,7144	795	458,74	208,51
6	15,0	176,7144	710	409,69	1197,85
7	15,0	176,7144	835	481,82	1407,75
8	15,0	176,7144	860	496,25	2698,80
9	15,0	176,7144	780	450,09	33,52
10	14,9	174,3661	715	418,13	684,87
11	15,1	179,0785	780	444,14	0,03
12	15,1	179,0785	850	484,00	1576,09
13	14,8	172,0335	765	453,44	83,54
14	15,2	181,4582	710	398,98	2053,90
15	15,0	176,7144	800	461,63	300,33
<b>JUMLAH</b>				<b>6664,56</b>	<b>12526,93</b>

$$f_{cr} = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{6664,56}{15} = 444,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - f_{cr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{12526,93}{(15-1)}} = 29,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = f_{cr} - 1,64.S$$

$$= 444,30 - (1,64 \cdot 29,91)$$

$$= 392,25 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.22 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton  $K_{300}$  pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )	(fc'-fcr) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	14,9	174,3661	710	415,21	5,86
2	15,0	176,7144	715	412,58	25,50
3	14,9	174,3661	710	415,21	5,86
4	15,0	176,7144	685	395,27	499,97
5	15,0	176,7144	625	360,65	3246,72
6	15,0	176,7144	680	392,38	637,56
7	15,0	176,7144	585	337,56	6411,20
8	14,9	174,3661	765	447,38	885,06
9	14,9	174,3661	785	459,07	1717,27
10	15,1	179,0785	720	409,98	58,52
11	15,0	176,7144	780	450,09	1053,65
12	15,0	176,7144	795	458,74	1690,03
13	15,0	176,7144	710	409,69	63,04
14	15,0	176,7144	755	435,66	325,08
15	14,9	174,3661	795	464,92	2236,34
<b>JUMLAH</b>				<b>6264,39</b>	<b>18861,66</b>

$$f_{cr} = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{6264,39}{15} = 417,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - f_{cr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{18861,66}{(15-1)}} = 36,71 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc' = f_{cr} - 1,64.S$$

$$= 417,63 - (1,64 \cdot 36,71)$$

$$= 357,43 \text{ kg/cm}^2$$



Tabel 6.23 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K<sub>350</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )	(fc'-fcr) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	15,00	176,7144	800	461,63	7,40
2	14,90	174,3661	760	444,45	209,09
3	14,90	174,3661	820	479,54	425,60
4	15,00	176,7144	775	447,20	137,12
5	15,00	176,7144	825	476,05	293,78
6	14,90	174,3661	730	426,91	1024,00
7	15,00	176,7144	810	467,40	72,08
8	14,95	175,5383	785	456,01	8,41
9	14,90	174,3661	810	473,69	218,45
10	14,90	174,3661	775	453,22	32,38
11	14,95	175,5383	790	458,91	0,00
12	14,95	175,5383	825	479,24	413,31
13	14,95	175,5383	815	473,43	210,83
14	14,90	174,3661	750	438,60	412,50
15	14,90	174,3661	765	447,38	132,94
<b>JUMLAH</b>				<b>6883,66</b>	<b>3597,89</b>

$$f_{cr} = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{6883,66}{15} = 458,91 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - f_{cr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{3597,89}{(15-1)}} = 16,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$fc' = f_{cr} - 1,64.S$$

$$= 458,91 - (1,64 \cdot 16,03)$$

$$= 432,62 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 6.24 Perhitungan kuat tekan karakteristik beton K<sub>400</sub> pada umur 28 hari

No	Diameter (cm)	Luas (cm <sup>2</sup> )	Beban Maks. (KN)	Kuat Tekan (fc') (kg/cm <sup>2</sup> )	(fc'-fcr) <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>2</sup>
1	14,90	174,3661	820	479,54	431,81
2	14,90	174,3661	800	467,84	82,45
3	15,10	179,0785	765	435,60	536,39
4	15,00	176,7144	745	429,89	833,48
5	14,90	174,3661	740	432,75	676,52
6	14,95	175,5383	840	487,96	852,64
7	15,20	181,4582	830	466,42	58,68
8	15,05	177,8945	830	475,76	289,00
9	15,20	181,4582	820	460,80	4,16
10	14,90	174,3661	790	462,00	10,50
11	15,00	176,7144	765	441,43	300,33
12	14,90	174,3661	755	441,53	296,87
13	14,90	174,3661	825	482,46	561,69
14	15,00	176,7144	820	473,17	207,65
15	15,05	177,8945	775	444,23	211,12
<b>JUMLAH</b>				<b>6881,38</b>	<b>5362,37</b>

$$f_{cr} = \frac{\sum fc'}{n} = \frac{6881,38}{15} = 458,76 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (fc' - f_{cr})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{5362,37}{(15-1)}} = 19,57 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{c'} = f_{cr} - 1,64.S$$

$$= 458,76 - (1,64 \cdot 19,57)$$

$$= 426,67 \text{ kg/cm}^2$$

## 6.2 Pembahasan

### 6.2.1 Berat Volume Beton

Berat volume beton sangat dipengaruhi oleh berat jenis bahan-bahan penyusunnya, sehingga apabila bahan penyusunnya mempunyai berat jenis yang besar maka beton yang dihasilkan akan mempunyai berat volume yang besar pula, begitu juga sebaliknya.

Berdasarkan hasil penelitian, berat volume rata-rata dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 6.25 Data berat volume beton

No	Mutu Beton (kg/cm <sup>2</sup> )	Umur Beton (Hari)	Berat Volume Beton (t/m <sup>3</sup> )
1	K <sub>300</sub>	14	2,3081
2	K <sub>350</sub>	14	2,3012
3	K <sub>400</sub>	14	2,2903
4	K <sub>300</sub>	28	2,3242
5	K <sub>350</sub>	28	2,3225
6	K <sub>400</sub>	28	2,2632
<b>Σ Berat Volume Beton</b>			<b>13,8095</b>

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa berat volume beton dengan agregat limbah bongkaran beton rata-rata :

$$\text{Berat Volume Beton}_{\text{rata-rata}} = \frac{13,8095}{6} = 2,3016 \text{ t/m}^3.$$

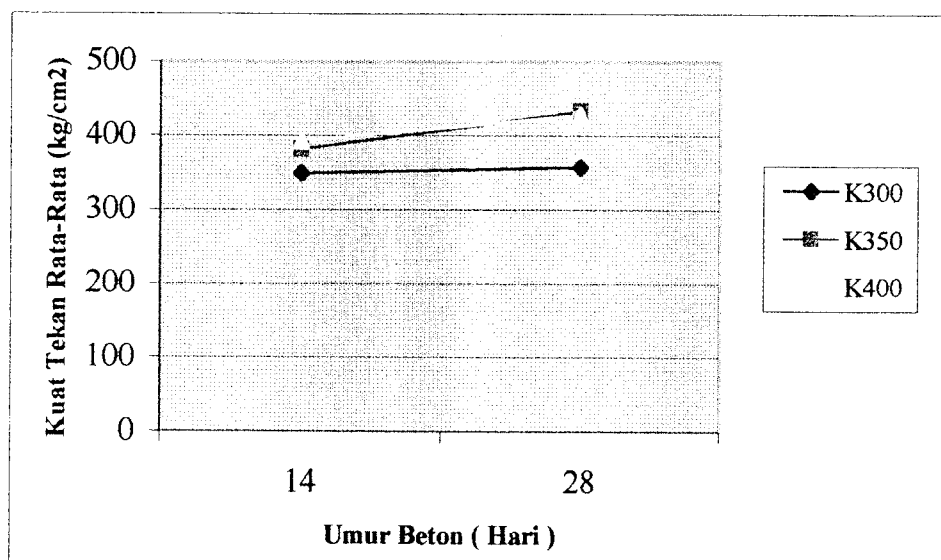
### 6.2.2 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh komposisi dan kekuatan dari masing-masing bahan susun, serta lekatan pasta semen pada semua agregat. Dalam penelitian ini, kuat tekan yang dihasilkan oleh beton dengan agregat kasar menggunakan limbah bongkaran beton dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6.26 Hasil kuat tekan beton karakteristik

No	Mutu Beton Rencana	Umur Beton (Hari)	Kuat Tekan Beton Karakteristik
1	K <sub>300</sub>	14	348,62
2	K <sub>350</sub>	14	381,38
3	K <sub>400</sub>	14	392,25
4	K <sub>300</sub>	28	357,43
5	K <sub>350</sub>	28	432,62
6	K <sub>400</sub>	28	426,67

Grafik di bawah ini menunjukkan perbedaan nilai kuat tekan beton dari umur rendaman 14 hari sampai umur rendaman 28 hari untuk seluruh benda uji.

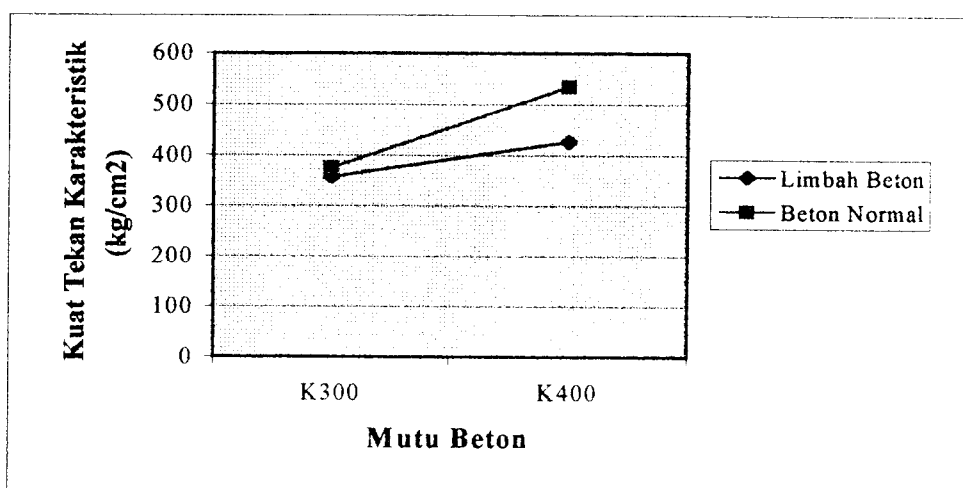


Gambar 6.1 Grafik peningkatan kuat tekan beton berdasarkan umur rendaman untuk seluruh benda uji

Hasil perhitungan kuat tekan karakteristik beton dan normalisasi standar beton yang menunjukkan perbedaan antara yang menggunakan limbah bongkaran beton dan agregat alam dicantumkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 6.27 Kuat tekan karakteristik beton antara limbah bongkaran beton dengan agregat alam pada umur 28 hari

Mutu Karakteristik Beton	Agregat Kasar		Selisih Kuat Tekan (%)
	Limbah Beton (kg/cm <sup>2</sup> )	Batu Pecah (kg/cm <sup>2</sup> )	
K <sub>300</sub>	357,43	374,85	4,65
K <sub>400</sub>	426,67	534,28	20,14



Keterangan : Beton normal mengacu pada penelitian Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah (K<sub>300</sub>) dan PT. Jaya Readymix (K<sub>400</sub>)

Gambar 6.2 Grafik perbandingan kuat tekan beton yang menggunakan limbah bongkaran beton dengan agregat alam

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa penggunaan agregat kasar limbah bongkaran beton dapat mempengaruhi kekuatan beton jika dibanding yang menggunakan agregat yang berasal dari alam.

Beton yang menggunakan agregat alam dan yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran beton dengan membandingkan mutu beton K<sub>300</sub> kuat tekan yang terjadi lebih kecil 4,65 %, sedangkan mutu beton K<sub>400</sub> kuat tekan yang terjadi lebih kecil 20,14 %.

Hal ini menjelaskan bahwa kuat tekan beton yang terjadi lebih kecil disebabkan antara lain :

1. Gradasi butiran halus dari masing-masing sumber agregat halus.

Gradasi butiran halus pada tinjauan referensi yang dibandingkan dengan gradasi yang digunakan pada penelitian ini berada pada gradasi daerah 2, dapat dilihat pada tabel 2.1 dan gambar 2.1 yang berasal dari Kali Krasak, tabel 2.3 dan gambar 2.2 yang berasal dari Kali Progo, serta tabel 5.8 dan gambar 5.1 yang berasal dari Kali Boyong, menunjukkan bahwa semakin kecil Modulus Halus Butir (MHB) maka semakin halus pasirnya atau sebaliknya. Hal tersebut menjadi ukuran untuk mencari nilai perbandingan berat antara pasir dan agregat kasar.

Modulus Halus Butir pasir yang kecil akan membutuhkan agregat kasar yang banyak, hal tersebut menyebabkan terjadinya rongga-rongga antar butiran yang harus diisi untuk mendapatkan adukan yang pampat dan rapat. Apabila pengisian rongga-rongga oleh agregat halus kurang maka akan menyebabkan berkurangnya kepadatan dari beton, sehingga kuat tekan betonnya juga akan turun.

2. Penyerapan air dari agregat kasar limbah bongkaran beton.

Penyerapan air oleh agregat kasar limbah bongkaran beton lebih besar dari yang disyaratkan menyebabkan berkurangnya air dalam adukan. Hal ini bisa menyulitkan dalam pengerjaan, karena dengan jumlah air yang berkurang akan mengakibatkan adukan menjadi kurang plastis (slump terlalu kecil), sedangkan bila jumlah diperbesar maka kualitas atau kuat tekan beton akan menurun.

### **6.2.3 Aplikasi**

Penggunaan agregat kasar limbah bongkaran beton dan pasir yang berasal dari alam pada campuran adukan beton telah diuji dan memenuhi syarat dalam perencanaan perkerasan beton semen.

Berikut ini hasil penelitian agregat berdasarkan spesifikasi persyaratan agregat untuk perkerasan beton semen.

Tabel 6.28 Hasil penelitian sesuai dengan spesifikasi persyaratan pemeriksaan agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Persyaratan		Hasil Penelitian		Cara Pemeriksaan Sesuai
		Agregat Kasar	Agregat Halus	Agregat Kasar	Agregat Halus	
1	Keausan agregat (mesin Los Angeles)	$\leq 45,0 \%$	-	37,7 %	-	PB-0206-76
2	Penyerapan air	$\leq 2,0 \%$	$\leq 5,0 \%$	3,977 %	1,215 %	PB-0202-76
3	Berat jenis	$\geq 2,5 \%$	$\leq 2,5 \%$	2,367 %	2,75 %	PB-0203-76
4	Berat volume agregat	$\geq 1,2 \text{ kg/l}$	-	1,355 kg/l	-	PB-0204-76

Dengan bahan agregat tersebut di atas, dibuat beton mutu tinggi yaitu dengan mutu beton rencana  $K_{300}$ ,  $K_{350}$  dan  $K_{400}$  (Rudy Mathias, 1990).

Beton yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran telah diuji kuat tekan dan hasilnya melebihi dari kuat tekan beton rencana (tabel 6.26), berarti beton tersebut memenuhi syarat untuk digunakan dalam perkerasan beton semen.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dibahas pada bab sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Beton yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran beton mempunyai berat jenis rata-rata sebesar 2,3016 Ton/m<sup>3</sup>.
2. Beton yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran beton memiliki kuat tekan yang lebih kecil daripada beton yang menggunakan agregat alam. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut :
  - a. Penyerapan air oleh agregat kasar limbah bongkaran beton sebesar 3,977 % lebih besar dari yang disyaratkan pada tabel 5.3 dari “Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen) (1985)” sebesar 2,0 %, hal ini mengakibatkan terjadinya penyerapan air yang besar pada saat pengadukan beton muda.
  - b. Tingkat keausan agregat kasar limbah bongkaran beton sebesar 37,7% yang lebih tinggi daripada agregat alam menyebabkan kuat tekannya menjadi lebih kecil.



3. Agregat kasar limbah bongkaran beton mempunyai tingkat keausan sebesar 37,7 % masuk dalam syarat keausan agregat kasar pada tabel 5.3 dari “Petunjuk Pelaksanaan Perkerasan Kaku (Beton Semen),1985”.
4. Walaupun beton yang menggunakan agregat kasar limbah bongkaran beton memiliki kuat tekan yang lebih kecil daripada beton yang menggunakan agregat alam, tetapi masih memenuhi persyaratan perkerasan beton semen.

## **7.2 Saran**

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan, dapat diberikan beberapa saran yang diharapkan dapat berguna nantinya, antara lain :

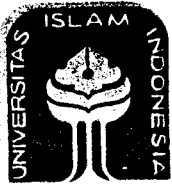
1. Perlu dilakukan pengujian kuat tarik lentur untuk menentukan suatu adukan memenuhi syarat mutu beton.
2. Perlu dicoba metode perencanaan campuran lain, sebagai pembanding dari metode yang dipakai pada penelitian ini.
3. Perlu dicoba penggunaan bahan tambah lain, untuk menambah kuat tekan dari beton dengan menggunakan agregat kasar seperti pada penelitian ini atau dari agregat kasar lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. \_\_\_\_\_, 1979, **PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA**, Departemen Pekerjaan Umum, Cetakan ke 7, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
2. \_\_\_\_\_, 1985, **PETUNJUK PELAKSANAAN PERKERASAN KAKU (BETON SEMEN)**, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung.
3. \_\_\_\_\_, 1990, **TATA CARA PEMBUATAN RENCANA CAMPURAN BETON NORMAL (SK SNI T-15-1990-03)**, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.
4. Aji Ana Agustiyani dan Nanik Sri Bekti, 1998, **LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN LABORATORIUM PEMBUATAN BETON MUTU TINGGI DENGAN VARIASI BAHAN TAMBAH FLY ASH, SILICA FUME DAN SUPERPLATICIZER**, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Edwin Yulistyoputro dan Muhammad Taufiqullah, 1997, **STUDI KOMPARASI KARAKTERISTIK PASIR PECAH DAN PASIR ALAM UNTUK CAMPURAN BETON**, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. F. Gani M., 1987, **KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU/SEMEN BETON UNTUK PERSPEKTIF INDONESIA**, Majalah Teknik, No. 048 (Mei-Juni), Tahun ke IV.

7. Hartom, 1988, **BETON SEBAGAI SALAH SATU ALTERNATIF PERKERASAN JALAN**, Seminar Perencanaan Dan Pelaksanaan Rigid Pavement, ITS, Surabaya.
8. Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG**. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
9. Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
10. Mindness, S. dan Young, J. F., 1981, **CONCRETE**, English Language Book Society, Prentice-Hall, New Jersey.
11. Neville, A. M. dan Brooks, J. J., 1990, **CONCRETE TECHNOLOGY**. English Language Book Society, Long-Man, Singapore.
12. Rudy Mathias, 1990, **BEBERAPA ASPEK PADA PELAKSANAAN KONSTRUKSI PERMUKAAN PERKERASAN JALAN BETON SEMEN**, Konferensi Tahunan Teknik Jalan ke-4.
13. Soeprapto Totomiharjo, 1995, **BAHAN DAN STRUKTUR JALAN RAYA**, BP KMTS, Yogyakarta.
14. Yoder, E. J. dan Witzak, M. W., 1975, **PRINCIPLE OF PAVEMENT DESIGN**, Cetakan ke 2, John Wiley & Sons, Inc, New York.

# **LAMPIRAN**



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

*Program 1st  
 TA 3rd  
 [Signature]*

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	EVA RAHMAWATI	94 310 255		TST
2	AHMAD SYAIKUL RAMADHAN	94 310 021		TST

JUDUL TUGAS AKHIR : ..PENGARUH VARIASI CAMPURAN LIMBAH.....  
 BONGKARAN BETON SEBAGAI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT  
 ..TEKAN PADA PERKERASAN BETON SEMEN.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. BACHNAS, MSc  
 Dosen Pembimbing II : IR. SUBARKAH, MT

1

2









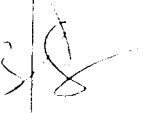

Yogyakarta, 08 Mei 2000  
 a/n  
 Dekan,  
 Ketua Jurusan Teknik Sipil  
 [Signature]

IR. ILTADJUDDIN BM ARIS, MS

## LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

Nama : Ahmad Syahrul Ramadhan  
 Nama : Eva Rahmawati

No. Mhs. : 94 310 021  
 No. Mhs. : 94 310 255

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	24/00 /11	peribon log' lutung $fe. \text{ --- } (fe - fe')^2$ dilubung log	
	28/00 /11	- Berhas pengaruh gradasi Serapan air - Sumber Batu yg be-bede agt kasar. @Berey, Progo, limbah beton Krasal : - Aplikasi utk desain perumahan kalin.	
	4/12	Perbaikan	
	8/12 00	Perbaikan Perbandugri → selisih Perbaikan interior	
	9/12 00	Ace untuk lingkungan ke DPT	
	13/12	Bab I S <sub>1</sub> U di perbaiki Bab II di perbaiki tulis	
	14/12	Bab III di perbaiki secara total di lingkungan	
	15/12 2023	- Ace untuk holding	



# 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 T 96 - 77

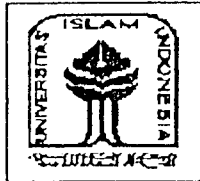
Contoh dari : FT. Jalan Raya UIN Dikerjakan Oleh : \_\_\_\_\_  
 Jenis Contoh : Aspal Beton No. 1001/1002/1003  
 DI TEST TANGGAL : 11 Juli 2000 DIPERIKSA : \_\_\_\_\_  
 Untuk Proyek : Penelitian Tegal Klaten

JENIS GRADASI		B	
SARINGAN		BENDA UJI	
LOLOS	TERTAHAN	I	II
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")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (0,5")	2500 gram	
12,5 mm (0,5")	09,5 mm (3/4")	2500 gram	
09,5 mm (3/8")	06,3 mm (1/4")		
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)		3115 gram	
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100 \%$		37,7 %	

Yogyakarta, 11 Juli 2000

dan  Kepala Lab Jalan Raya FT. UII

Ir. Iskandar S, MT.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji :
Nama Benda uji : PASIR SUNGAI
Asal : KAMPUNG
Keperluan : UJI

Diperiksa oleh :
1) A. SAHRI 97-021
2) EVA KAHUMATI 97-255

Tanggal : 13 JULI 2001

ALAT - ALAT

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

Table with 3 columns: Measurement, BENDA UJI I, BENDA UJI II. Rows include Berat Agregat (W), Gelas ukur + Air (V1), Gelas ukur + Air + Agregat (V2), BERAT JENIS (BJ) formula, and BERAT JENIS (BJ) RATA-RATA.

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA





# LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

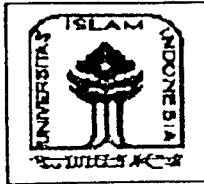
Contoh dari : PT. Jaya Readymix Diperiksa Oleh :  
Jenis Contoh : Banjir Beton A. Sahrul & Eva R.  
Diperiksa tgl : 11 Juli 2000

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAMKEADAAN BASAH JENUH (SSD)	500 gram	
BERAT VICNOMETER + AIR ( B )	670 gram	
BERAT VICNOMETER + AIR + BENDA UJI (BT)	983 gram	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	494 gram	
BERAT JENIS = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,791	
BERAT SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,625	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,889	
PENYERAPAN = $\frac{(500 - BK)}{(BK)} \times 100 \%$	1,215 %	

Yogyakarta, 11 Juli 2000

a.n Kepala Lab. Jalan Raya

In. Iskandar S., FT.



DATA PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Jenis Benda Uji : \_\_\_\_\_  
Nama Benda uji : Limbah Beton  
Asal : PT JAYA READY MIX  
Keperluan : Tugas Akhir

Diperiksa oleh :  
1) A. Syahrul R 09-021  
2) Eva Marlina 09-235  
Tanggal : 13 Juli 2000

ALAT - ALAT

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

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat Agregat ( W )	<u>.400....</u> Gram	<u>.500....</u> Gram
Gelas ukur + Air ( V1 )	<u>.500....</u> Cc	<u>.500....</u> Cc
Gelas ukur + Air + Agregat ( V2 )	<u>.670....</u> Cc	<u>.710....</u> Cc
BERAT JENIS ( BJ ) = $\frac{W}{V2 - v1}$	<u>.2353</u>	<u>.2391</u>
BERAT JENIS ( BJ ) RATA-RATA	<u>.2367</u>	

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UIN



# LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UII

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

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : PT. Jaya Ready Mix                      Diperiksa Oleh :  
Jenis Contoh : Bungkaran Beton                      A. Syahid & Iva R  
Diperiksa tgl : 11 Juli 2000

KETERANGAN	BENDA UJI	
	I	II
BERAT BENDA UJI DALAM KEADAAN BASAH JENUH (SSD) → (BJ)	1647 gram	
BERAT BENDA UJI DIDALAM AIR → (BA)	350 gram	
BERAT SAMPE KERING OVEN (BK)	1584 gram	
BERAT JENIS (BLUK) = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,373	
BERAT SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,363	
BJ SEMU = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,436	
PENYERAPAN = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$	3,977 %	

Yogyakarta, 11 Juli 2000

a.n.g. Kepala Lab. Jalan Raya

Ir. Iskandar S, MT.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

**HASIL KUAT TEKAN SILINDER BETON**

Penguji : A. Syahrial & E. M. F.  
 Keperluan : Tugar Akhir

No	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat Satuan (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	5161,1237	174,3661	12,088	28-9-2000	28-10-2000	2,3421	710	415,2109	
2	5283,7617	176,7144	12,277	"	"	2,3235	715	413,8430	
3	5196,1097	174,3661	12,119	"	"	2,3323	710	415,2109	
4	5248,4188	176,7144	12,268	"	"	2,3375	685	395,2674	
5	5213,0759	176,7144	12,127	"	"	2,3263	625	360,6455	
6	5248,4188	176,7144	12,121	"	30-10-2000	2,3095	680	392,3823	
7	5283,7617	176,7144	12,173	"	"	2,3039	585	337,5642	
8	5178,6731	174,3661	12,053	"	"	2,3274	765	447,3751	
9	5178,6731	174,3661	12,075	29-9-2000	"	2,3317	510	298,2501	
10	5196,1097	174,3661	12,214	"	"	2,3506	785	459,0712	
11	5372,3545	179,0785	12,348	"	"	2,2984	720	409,9789	
12	5301,4331	176,7144	12,288	"	"	2,3179	780	450,0856	
13	5283,7617	176,7144	12,175	"	"	2,3042	795	458,7411	
14	5283,7617	176,7144	12,281	"	"	2,3243	710	409,6933	
15	5248,4188	176,7144	12,212	"	"	2,3268	755	435,6597	
16	5213,5464	174,3661	12,153	"	"	2,3310	795	464,9192	

Keterangan : - Kuat tekan rata-rata umur = 28 hari = kg/cm<sup>2</sup>  
 - Mutu beton rencana = 300

Yogyakarta, 2000  
 Asisten Lab. BKT.FT.UJI

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK



**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 8953330 Yogyakarta 68554

**HASIL KUAT TEKAN SILINDER BETON**

Penguji : *A. Syahrial & C. A. R.*  
 Keperluan : *Tugas Akhir*

No	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat Satuan (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	5213,0759	176,7144	12,053	30-9-2000	2-11-2000	2,3121	800	461,6262	
2	5178,6731	174,3661	12,020			2,3211	760	444,4511	
3	5230,9830	174,3661	12,225			2,3370	820	479,5393	
4	5230,7474	176,7144	11,930			2,2807	775	<b>447,2004</b>	
5	5336,7760	176,7144	12,433			2,3297	825	476,0520	
6	5143,7999	174,3661	11,961			2,3253	700	409,3628	
7	5248,4196	174,3661	12,265			2,3369	730	426,9070	
8	5230,7474	176,7144	12,176			2,3278	810	467,3965	
9	5239,8184	175,5383	12,256			2,3390	785	456,0056	
10	5196,1097	174,3661	12,133			2,3350	810	473,6913	
11	5257,1379	174,3661	12,198			2,3203	775	453,2231	
12	5266,1491	175,5383	12,176			2,3121	790	458,9101	
13	5257,3722	175,5383	12,240			2,3282	825	479,2416	
14	5231,0415	175,5383	12,062			2,3064	815	473,4326	
15	5196,1097	174,3661	12,085			2,3258	750	438,6030	
16	5196,1097	174,3661	12,075			2,3239	765	447,3751	

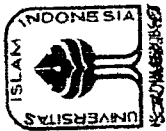
Keterangan : - Kuat tekan rata-rata umur = 28 hari =  $\text{kg/cm}^2$   
 - Mutu beton rencana = 350

Yogyakarta, 2000  
 Asisten Lab. BKT.F.T.U.II

**LABORATORIUM**

**BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK**

**FAKULTAS TEKNIK**



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 8953330 Yogyakarta 68554

**HASIL KUAT TEKAN SILINDER BETON**

Penguji : A. Syahrul & Eva K.  
 Keperluan : Tugas Akhir

No	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat Satuan (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	5248,4196	174,3661	11,985	1 - 10 - 2000	3 - 11 - 2000	2,2835	820	479,5393	
2	5248,4196	174,3661	11,960			2,2788	800	467,8432	
3	5372,3545	179,0785	12,109			2,2539	765	435,6025	
4	5283,7617	176,7144	11,956			2,2628	745	429,8894	
5	5196,1097	174,3661	11,888			2,2879	740	432,7550	
6	5248,5953	175,5383	11,857			2,2591	840	487,9551	
7	5372,4138	181,4582	11,973			2,2291	830	466,4165	
8	5372,4138	177,8945	12,135			2,2588	830	475,7601	
9	5425,6013	181,4582	12,156			2,2405	820	460,7970	
10	5230,9830	174,3661	11,900			2,2749	790	461,9952	
11	5248,4188	176,7144	11,891			2,2656	765	441,4301	
12	5265,8562	174,3661	12,035			2,2855	755	441,5271	
13	5265,8562	174,3661	11,991			2,2771	825	476,0520	
14	5372,1189	176,7144	12,107			2,2537	920	530,8701	
15	5319,1046	176,7144	12,001			2,2562	820	473,1669	
16	5336,8349	177,8945	11,979			2,2446	775	444,2338	

Keterangan : - Kuat tekan rata-rata umur = 28 hari = kg/cm<sup>2</sup>  
 - Mutu beton rencana = 400

Yogyakarta, 2000  
 Asisten Lab. BKT.FT.UII

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 895330 Yogyakarta 68554

**HASIL KUAT TEKAN SILINDER BETON**

Penguji : A. Syahril & Eva. R  
 Keperluan : Tugas Akhir

No	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat Satuan (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	5301,4331	176,7144	12,017	4-10-2000	21-10-2000	2,2667	755	435,66	
2	5334,8722	181,4582	12,019			2,2529	760	427,08	
3	5301,4331	176,7144	11,976			2,2590	770	444,32	
4	5230,9830	174,3661	12,020			2,2978	685	400,59	
5	5230,7474	176,7144	12,036			2,3010	795	458,74	
6	5301,4331	176,7144	12,012			2,2658	710	409,69	
7	5480,0888	181,4582	12,113			2,2104	680	382,12	
8	5336,7760	176,7144	12,108			2,2688	835	481,82	
9	5354,4475	176,7144	12,052			2,2508	860	496,25	
10	5301,4331	176,7144	12,060			2,2749	780	450,09	
11	5213,5464	174,3661	11,971			2,2961	715	418,13	
12	5372,3545	179,0785	12,131			2,2580	780	444,14	
13	5408,1702	179,0785	12,437			2,2997	850	484,00	
14	5161,0041	172,0335	12,030			2,3309	765	453,44	
15	5402,4555	181,4582	12,096			2,2369	710	398,98	
16	5301,4331	176,7144	12,075			2,2777	800	461,63	

Keterangan : - Kuat tekan rata-rata umur = 14 hari = kg/cm<sup>2</sup>  
 - Mutu beton rencana = 400

Yogyakarta, 2000  
 Asisten Lab. BKT.FT.UII

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 8953330 Yogyakarta 68554

**HASIL KUAT TEKAN SILINDER BETON**

Penguji : A. Saiful & Eva Ik  
 Keperluan : Tugas Akhir

No	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat Satuan (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	5318,6310	179,0785	12,154	3. 10 - 2000	20. 10 - 2000	2,2852	675	384,36	
2	5319,1046	176,7144	12,207			2,2949	740	427,00	
3	5213,5464	174,3661	12,097			2,3203	720	421,06	
4	5336,5388	179,0785	12,193			2,2848	720	409,98	
5	5230,9830	174,3661	12,145			2,3217	745	435,68	
6	5310,4331	176,7144	12,112			2,2808	770	444,32	
7	5230,9830	174,3661	12,108			2,3147	665	388,89	
8	5283,7617	176,7144	12,078			2,2859	720	415,46	
9	5310,4331	176,7144	12,114			2,2812	750	432,77	
10	5433,9859	179,0785	12,755			2,3430	735	418,52	
11	5310,4331	176,7144	12,257			2,3081	725	418,35	
12	5283,7617	176,7144	12,130			2,2957	745	429,89	
13	5310,4331	176,7144	12,205			2,2983	645	372,19	
14	5283,7617	176,7144	12,137			2,2970	695	401,04	
15	5196,1097	174,3661	12,010			2,3113	630	368,43	
16	5264,9074	179,0785	12,011			2,2813	765	435,60	

Keterangan : - Kuat tekan rata-rata umur = 14 hari = kg/cm<sup>2</sup>  
 - Mutu beton rencana = 350

Yogyakarta, 2000  
 Asisten Lab. BKT.F.T.UH

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI  
 FAKULTAS TEKNIK





UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone : 8953330 Yogyakarta 68554

HASIL KUAT TEKAN SILINDER BETON

Penguji : A Syahrul { Eva. R.  
 Keperluan : Tugas Akhir

No	Volume (cm <sup>3</sup> )	Luas (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Dibuat tanggal	Diuji tanggal	Berat Satuan (Ton/m <sup>3</sup> )	Beban max (KN)	Kuat desak (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	5266,0902	176,7144	12,114	2-10-2000	19-10-2000	2,3004	625	360,65	
2	5336,7760	176,7144	12,314			2,3074	675	389,50	
3	5318,6310	179,0785	12,182			2,2904	690	392,90	
4	5319,1046	176,7144	12,280			2,3087	715	412,58	
5	5213,5464	174,3661	12,134			2,3374	600	350,88	
6	5372,3545	179,0785	12,210			2,2727	630	358,73	
7	5248,4196	174,3661	12,165			2,3178	705	412,29	
8	5300,7231	179,0785	12,264			2,3136	705	401,44	
9	5230,9830	174,3661	12,143			2,3214	610	356,73	
10	5301,4331	176,7144	12,206			2,3024	700	403,92	
11	5213,5464	174,3661	12,153			2,3310	590	345,03	
12	5213,5464	174,3661	12,060			2,3132	665	388,89	
13	5266,0902	176,7144	12,014			2,2814	670	386,61	
14	5301,4331	176,7144	12,164			2,2945	640	369,30	
15	5230,9830	174,3661	12,165			2,3256	685	400,59	
16	5161,1237	174,3661	11,980			2,3212	650	380,18	

Keterangan : - Kuat tekan rata-rata umur = 14 hari = kg/cm<sup>2</sup>  
 - Mutu beton rencana = 300 kg/cm<sup>2</sup>

Yogyakarta, 2000  
 Asisten Lab. BKT.F.T.U.II  
 LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS (TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN)



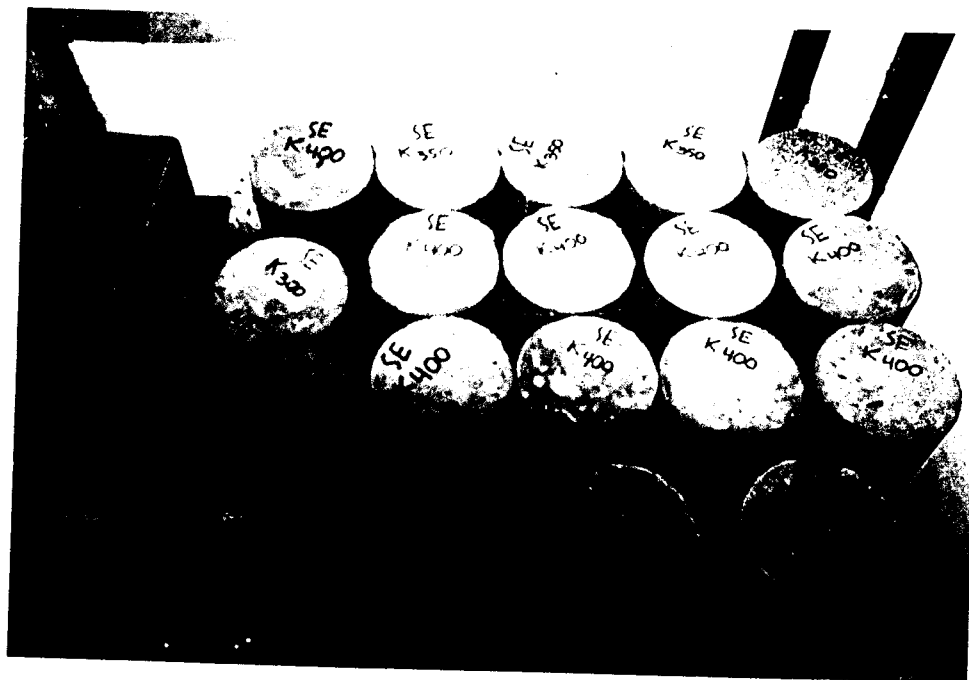
Pemeriksaan slump adukan beton dengan kerucut "Abrams"



Pengukuran nilai slump adukan beton



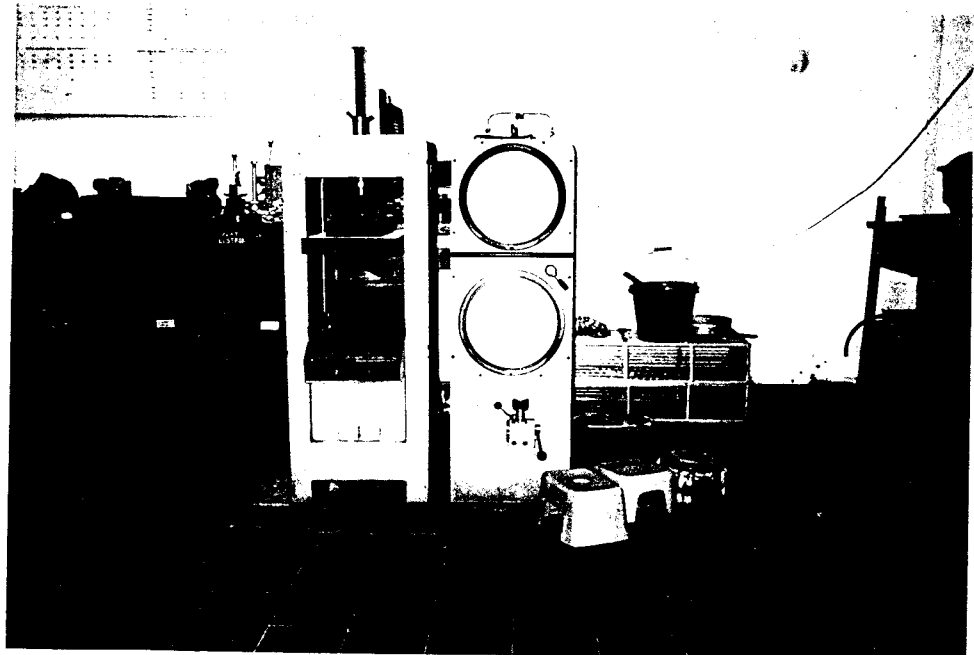
Beton dicetak dan diletakkan pada tempat yang terlindung



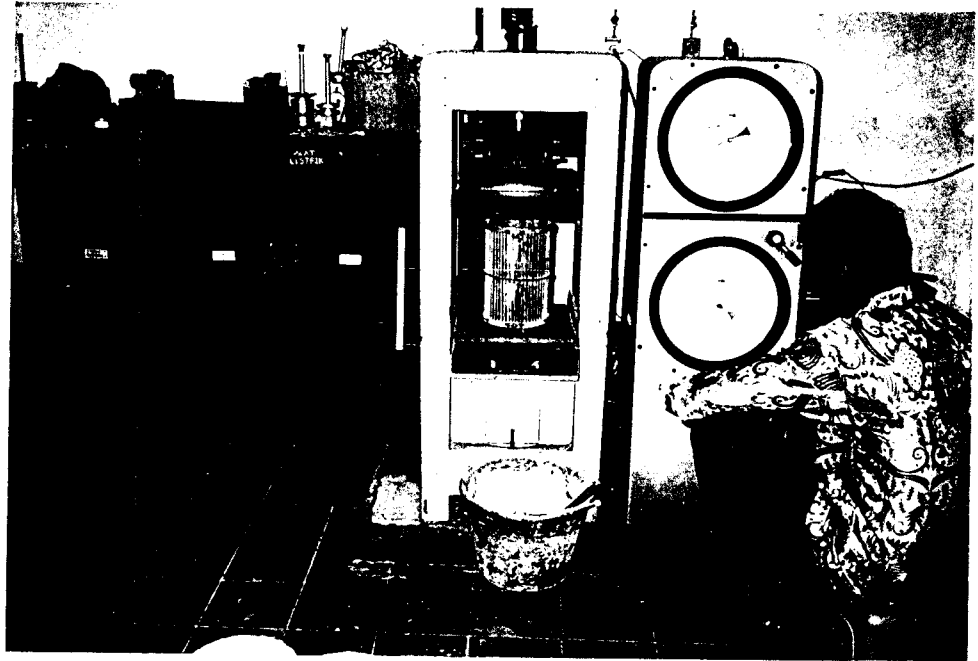
Beton yang telah dibuka dari cetakan setelah didiamkan selama 24 jam



Perawatan beton dengan cara merendam di dalam air



Mesin tekan merk "Controls"



Pengujian kuat tekan silinder beton sampai runtuh (beban maksimum)