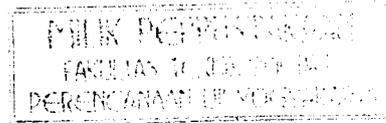


PERPUSTAKA...	HAGIANY/BELI
TGL. TERIMA :	12-4-2007 3.9.08
NO. JUDUL :	00 3062
NO. INV. :	...
NO. INDUK :	...

510003062001

**TUGAS AKHIR**

**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT  
INDUSTRI TEKSTIL (SLUDGE)  
PADA PAVINGBLOCK**



TA  
6113  
HID  
D  
C

Disusun oleh :

Nama : Wahyu Hidayat  
No. Mhs. : 93 310 100  
NIRM : 9330051013114120097

Nama : Sabdo Luhur Utomo  
No. Mhs. : 93 310 168  
NIRM : 9330051013114120165

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2001**

**TUGAS AKHIR**  
**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT**  
**INDUSTRI TEKSTIL (*SLUDGE*)**  
**PADA *PAVINGBLOCK***

*Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan Untuk Memperoleh  
Derajat Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia*

*Disusun Oleh :*

Nama : Wahyu Hidayat  
No. Mhs. : 93 310 100  
NIRM : 9330051013114120097

Nama : Sabdo Luhur Utomo  
No. Mhs. : 93 310 168  
NIRM : 9330051013114120165

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2001**

**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT  
INDUSTRI TEKSTIL (*SLUDGE*)  
PADA *PAVINGBLOCK***

*Oleh :*

1. Nama : **WAHYU HIDAYAT**  
No. Mhs. : 93 310 100  
NIRM : 9330051013114120097
2. Nama : **SABDO LUHUR UTOMO**  
No. Mhs. : 93 310 168  
NIRM : 9330051013114120165

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Ir. H. Tadjuddin, BMA, MS.**

Dosen Pembimbing I



Tanggal : 30-3-2001

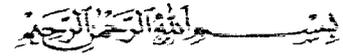
**Ir. H. Kasam, MT.**

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 30-3-2001

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji bagi Allah SWT, yang telah mengajarkan kepada manusia tentang banyak hal yang tidak diketahui sebelumnya dan shalawat serta salam semoga selalu terlimpahkan kepada junjungan kita Rasulullah Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, ulama dan para pengikutnya yang selalu menjaga ajaran-ajarannya.

Atas berkat, karunia, rahmat dan hidayah serta barokah dari Allah SWT, penulis telah diberi kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PEMANFAATAN LIMBAH PADAT INDUSTRI TEKSTIL (SLUDGE) PADA PAVINGBLOCK”**.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu kewajiban guna melengkapi syarat-syarat studi pada tingkat sarjana Strata-I di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Selama pelaksanaan penelitian hingga tersusunnya Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak dan tidak lupa bahwa semua ini terlaksana hanya karena ridho Allah SWT semata, untuk itu tidak lupa penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya

kepada semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. H. Tadjuddin B.M. Aris, MS, Dosen Pembimbing I dan Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Kasam, MT, Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Agung, Pimpinan IPAL PT. JOGJATEX beserta seluruh staff.
5. Bapak dan Ibu, kakak dan adik-adik, serta teman-teman semua, yang telah memberikan bantuan dan motivasi kepada penulis selama menuntut ilmu, mengerjakan tugas-tugas kuliah sampai terlesainya Tugas Akhir ini.

Segala daya cipta, rasa dan karsa yang telah penulis curahkan hingga terwujudnya Tugas Akhir yang sederhana ini, dimana masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Semoga Allah SWT selalu membimbing kita menuju jalan kebenaran dan kebaikan serta selalu melimpahkan rahmat, hidayah, barokah dan maghfiroh-Nya kepada kita semua, Amin.

Akhirul kalam, *Wassalamu `alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.*

Yogyakarta, Maret 2001

Penulis

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xv
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
1.5 Batasan Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 <i>Pavingblock</i> .....	9
2.2 Limbah Padat Industri Tekstil ( <i>Sludge</i> ) .....	10
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	13
3.1 <i>Pavingblock</i> .....	13
3.1.1 Bahan Susun <i>Pavingblock</i> .....	16
3.1.1.1 Semen <i>Portland (Portland Cement)</i> .....	16
3.1.1.2 Agregat .....	19
3.1.1.3 Air .....	22

3.1.2 Syarat Mutu .....	23
3.1.3 Kuat Desak <i>Pavingblock</i> .....	24
3.1.4 Daya Serap Air.....	29
3.1.5 Berat Satuan .....	30
3.1.6 <i>Pavingblock</i> yang Memanfaatkan Limbah Padat	
Industri Tekstil.....	31
3.2 Perancangan Campuran <i>Pavingblock</i> .....	32
3.3 Biaya Produksi pada Alternatif Bahan Baku .....	39
<b>BAB IV HIPOTESA .....</b>	<b>41</b>
<b>BAB V METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Umum .....	43
5.2 Bahan dan Alat.....	44
5.2.1 Bahan Susun.....	44
5.2.2 Peralatan .....	45
5.3 Tahapan Penelitian .....	46
5.4 Pelaksanaan Penelitian .....	50
5.4.1 Observasi dan Survey .....	50
5.4.2 Pemeriksaan Bahan Susun .....	50
5.4.2.1 Berat Jenis Agregat Halus (Pasir) .....	50
5.4.2.2 Berat Jenis Limbah Padat Industri Tekstil ( <i>Sludge</i> )	51
5.4.2.3 Analisa Gradasi Pasir (Modulus Halus Butir).....	52
5.4.2.4 Berat Volume .....	53
5.4.3 Perancangan Campuran <i>Pavingblock</i> .....	55
5.4.4 Perencanaan Variasi Komposisi Campuran <i>Pavingblock</i> ....	60
5.4.5 Pembuatan Benda Uji .....	63
5.4.5.1 Proses Pembuatan Benda Uji .....	63
5.4.5.2 Perawatan Benda Uji .....	64

5.4.6 Pelaksanaan Pengujian .....	64
5.4.6.1 Pengujian Kuat Desak <i>Pavingblock</i> .....	64
5.4.6.2 Pengujian Daya Serap Air .....	65
5.4.6.3 Pemeriksaan Berat Satuan .....	66
<b>BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>67</b>
6.1 Hasil Penelitian .....	67
6.2 Analisis Hasil Penelitian .....	79
6.2.1 Kuat Desak <i>Pavingblock</i> .....	79
6.2.1.1 Kuat Desak <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Semen .....	79
6.2.1.2 Kuat Desak <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Pasir .....	81
6.2.2 Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> .....	83
6.2.2.1 Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Semen .....	83
6.2.2.2 Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Pasir .....	84
6.2.3 Berat Satuan <i>Pavingblock</i> .....	86
6.2.3.1 Berat Satuan <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Semen .....	86
6.2.3.2 Berat Satuan <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Pasir .....	87
6.3 Pembahasan .....	89
6.3.1 Kuat Desak <i>Pavingblock</i> .....	89
6.3.2 Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> .....	92
6.3.3 Berat Satuan <i>Pavingblock</i> .....	93
6.4 Analisis Ekonomis dan Komersial .....	94
6.4.1 Analisis Komersial .....	95

6.4.2 Analisis Ekonomis .....	96
6.4.2.1 Kebutuhan Bahan Baku <i>Pavingblock</i> .....	96
6.4.2.2 Biaya Bahan Baku .....	98
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	103
7.1 Kesimpulan .....	103
7.2 Saran .....	104

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Hasil Pemeriksaan Parameter Fisika dan Kimia pada Limbah Padat Industri Tekstil ( <i>Sludge</i> ) Asal PT. JOGJATEX .....	12
Tabel 3.1 Kekuatan Fisik <i>Holland</i> Beton Untuk Lantai .....	24
Tabel 3.2 Nilai Standar Deviasi .....	34
Tabel 3.3 Faktor Koreksi Standar Deviasi .....	35
Tabel 3.4 Faktor Kekompakkan Butiran (Faktor <i>Granulair</i> ) .....	35
Tabel 3.5 Harga-Harga $K$ , $K_s$ dan $K_p$ .....	37
Tabel 3.6 Harga-Harga Koefisien Kekompakan ( $\gamma$ ) .....	38
Tabel 3.7 Informasi Biaya Produksi .....	40
Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir) .....	51
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis <i>Sludge</i> .....	52
Tabel 5.3 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus (Pasir) .....	53
Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Pasir .....	54
Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume <i>Sludge</i> .....	54
Tabel 5.6 Variasi Komposisi Bahan Susun Benda Uji <i>Pavingblock</i> .....	60
Tabel 5.7 Variasi Komposisi Jumlah Benda Uji <i>Pavingblock</i> .....	61
Tabel 5.8 Kebutuhan Bahan Susun Benda Uji <i>Pavingblock</i> .....	62
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Kuat Desak <i>Pavingblock Sludge</i> Umur 7 Hari .....	68
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Kuat Desak <i>Pavingblock Sludge</i> Umur 14 Hari .....	70
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Kuat Desak <i>Pavingblock Sludge</i> Umur 28 Hari .....	73

Tabel 6.4	Hasil Pemeriksaan Daya Serap Air <i>Pavingblock Sludge</i> .....	76
Tabel 6.5	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Desak <i>Pavingblock</i> .....	77
Tabel 6.6	Rekapitulasi Hasil Penelitian Daya Serap Air dan Berat Satuan <i>Pavingblock</i> .....	78
Tabel 6.7	Kelulusan Persyaratan Kuat Desak <i>Pavingblock</i> Berdasarkan Kuat Desak Rencana ( $f^c = 200 \text{ kg/cm}^2$ ) .....	91
Tabel 6.8	Kebutuhan Bahan Baku per Unit <i>Pavingblock</i> .....	97
Tabel 6.9	Kebutuhan Bahan Baku per $\text{m}^2$ <i>Pavingblock</i> .....	97
Tabel 6.10	Analisis Biaya Bahan Baku per $\text{m}^2$ <i>Pavingblock</i> .....	99
Tabel 6.11	Selisih Biaya Bahan Baku <i>Pavingblock</i> .....	100

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 3.1 <i>Pavingblock</i> Segi Empat ( <i>Holland</i> ) .....	14
Gambar 3.2 Pengujian Kuat Desak <i>Pavingblock</i> Cara Afrika Selatan .....	27
Gambar 3.3 Kurva Dosis Semen .....	36
Gambar 3.4 Kurva <i>Granulometri</i> (Saringan) dari Butiran Agregat .....	38
Gambar 5.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian Pemanfaatan Limbah Padat Tekstil ( <i>Sludge</i> ) pada <i>Pavingblock</i> .....	49
Gambar 5.2 Kurva Dosis Semen dan Hasil Perhitungan .....	56
Gambar 5.3 Analisis <i>Granulometri</i> (Saringan) dari Butiran .....	58
Gambar 6.1 Grafik Kuat Desak <i>Pavingblock</i> dengan Variasi Komposisi <i>Pavingblock</i> dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Semen .....	79
Gambar 6.2 Grafik Perbandingan Kuat Desak <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> dengan Berbagai Variasi Komposisi ....	80
Gambar 6.3 Grafik Kuat Desak <i>Pavingblock</i> dengan Berbagai Variasi Komposisi dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Pasir .....	82
Gambar 6.4 Grafik Perbandingan Kuat Desak <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> pada Berbagai Variasi Komposisi .....	82
Gambar 6.5 Grafik Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> pada Berbagai Variasi Komposisi dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Semen .....	83
Gambar 6.6 Grafik Perbandingan Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> pada Berbagai Variasi Komposisi .....	84

Gambar 6.6	Grafik Perbandingan Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> pada Berbagai Variasi Komposisi .....	84
Gambar 6.7	Grafik Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> pada Berbagai Variasi Komposisi dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Pasir .....	85
Gambar 6.8	Grafik Perbandingan Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> pada Berbagai Variasi Komposisi .....	85
Gambar 6.9	Grafik Berat Satuan <i>Pavingblock</i> pada Berbagai Variasi Komposisi dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Semen .....	86
Gambar 6.10	Grafik Perbandingan Berat Satuan <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> pada Berbagai Variasi Komposisi .....	87
Gambar 6.11	Grafik Berat Satuan <i>Pavingblock</i> pada Berbagai Variasi Komposisi dengan <i>Sludge</i> sebagai Pengganti Pasir .....	88
Gambar 6.12	Grafik Perbandingan Berat Satuan <i>Pavingblock</i> terhadap <i>Pavingblock Non Sludge</i> pada Berbagai Variasi Komposisi .....	88
Gambar 6.13	Grafik Hubungan Biaya Bahan Baku <i>Pavingblock</i> per- $m^2$ terhadap Variasi Campuran <i>Pavingblock</i> yang Lulus Kuat Desak Rencana .....	100
Gambar 6.14	Grafik Persentase Hubungan Biaya Bahan Baku <i>Pavingblock</i> terhadap Variasi Campuran <i>Pavingblock</i> yang Lulus Kuat Desak Rencana .....	101

Lampiran 20 Hasil Kuat Desak <i>Pavingblock</i> Umur 28 Hari .....	135
Lampiran 21 Hasil Uji Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> .....	136
Lampiran 22 Hasil Uji Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> .....	137
Lampiran 23 Hasil Uji Daya Serap Air <i>Pavingblock</i> .....	138
Lampiran 24 Gambar 1. Mesin Uji Desak Merk Control-Milano-Italia kapasitas 30 ton.....	139
Gambar 2. Limbah Padat Industri Tekstil ( <i>Sludge</i> ).....	139
Lampiran 25 Gambar 3. Benda Uji <i>Pavingblock</i> .....	140
Gambar 4. Pengujian Kuat Desak Benda uji <i>Pavingblock</i> di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.....	140
Lampiran 23 Gambar 5. Bentuk Benda Uji <i>Pavingblock</i> Pasca Pengujian Kuat Desak.....	141

## DAFTAR NOTASI

- A = luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )
- C = berat semen per  $\text{m}^3$  *pavingblock*.
- D = diameter maksimum butiran
- E = berat air per  $\text{m}^3$  *pavingblock*.
- $f'c$  = kuat desak *pavingblock* ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- $f'cb$  = kuat desak *pavingblock* rata-rata ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- $f'ce$  = kekuatan semen dari pabrik semen yang dipakai atau informasi dari lembaga penelitian bahan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- $f'cn$  = kuat desak *pavingblock* yang didapat dari masing-masing benda uji ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- $f'cr$  = kuat desak *pavingblock* karakteristik ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- G = faktor kekompakan butiran (faktor *granulair*), yaitu angka yang menunjukkan bagian volume yang diisi oleh butiran kasar.
- K = angka koreksi yang tergantung dari jumlah semen per  $\text{m}^3$  campuran *pavingblock*, bentuk butiran dan cara pemadatan.
- $K_s$  = angka koreksi jika modulus kehalusan pasir tidak sama dengan 2,5 atau  $M_{fs} \neq 2,5$ , maka  $K_s = 6 M_{fs} - 15$ .
- $k_v$  = koefisien variasi (%)
- n = jumlah seluruh nilai hasil pengujian
- P = beban maksimum (kg)
- P% = prosentase penggantian semen atau pasir (%)
- Sd = deviasi standar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
- Vt = Volume total ( $\text{cm}^3$ )
- W = berat *pavingblock* (gram)
- Wb = Berat *pavingblock* basah (gram)
- Wk = Berat *pavingblock* kering (gram)
- W<sub>pc</sub> atau psr = berat semen atau pasir (kg)
- W<sub>sludge</sub> = berat *sludge* yang dibutuhkan (kg)
- $\gamma$  = koefisien kekompakan

## ABSTRAKSI

*Pavingblock* merupakan salah satu bahan perkerasan (jalan, trotoar, lantai maupun lainnya) yang tersusun dari campuran semen (*portland cement*), air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya. Bahan penyusun *pavingblock* ini dapat digantikan oleh bahan alternatif lain sehingga dapat menurunkan biaya bahan baku. Alternatif pengganti bahan susun *pavingblock* salah satunya adalah limbah padat industri tekstil (*sludge*). Unsur yang terkandung didalam *Sludge* diantaranya adalah zat kapur (Ca) yang diasumsikan dapat menggantikan bahan ikat semen. Selain itu *sludge* berbentuk padatan halus seperti agregat halus (pasir) sehingga diasumsikan dapat menjadi pengganti pasir sebagai pengisi.

Penelitian *pavingblock* ini meliputi pengujian kuat desak umur 7, 14 dan 28 hari dengan metode uji desak Afrika Selatan, daya serap air, berat satuan dan analisa ekonomis. Pengujian dilakukan pada sampel *pavingblock* holand berdimensi  $20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$  dengan variasi komposisi *sludge* pengganti semen 5%, 10%, 15% dan 20% berat semen, sedangkan variasi pengganti pasir sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% berat pasir. Perancangan campuran *pavingblock* pada penelitian ini memakai metode "DREUX" dengan kuat desak rencana  $200 \text{ kg/cm}^2$ . Selain perbandingan kuat desak rencana, analisa juga didasarkan pada SII 0819-88 *pavingblock* mutu III. Untuk mengetahui besaran biaya bahan baku dilakukan dengan analisa penurunan biaya pada *pavingblock* yang memenuhi persyaratan mutu.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa *Pavingblock* yang tidak mengandung *sludge* mempunyai kuat desak  $282,6687 \text{ kg/cm}^2$  (umur 28 hari), berdaya serap air 2,28 %, dengan berat satuan  $2,0783 \text{ gram/cm}^3$ . *Pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dengan kandungan 5% berat semen merupakan *pavingblock* yang paling baik diantara yang lainnya. *Pavingblock* ini mempunyai kuat desak  $294,8308 \text{ kg/cm}^2$  (umur 28 hari), berdaya serap air 5,46%, dengan berat satuan  $2,0562 \text{ gram/cm}^3$ . Sedangkan pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti pasir tidak memenuhi kuat desak rencana maupun syarat SII 0819-88 *pavingblock* mutu III. Dengan analisa ekonomis dapat diketahui biaya bahan baku *pavingblock* tanpa *sludge* sebesar Rp 8.722,00 per  $\text{m}^2$  *pavingblock* (50 unit), sedangkan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dengan kandungan 5% berat semen adalah Rp 8.420,90 per  $\text{m}^2$  atau terjadi penurunan biaya bahan baku sebesar Rp. 301,10 per  $\text{m}^2$  atau 3,45 %.

Dari hasil analisa diatas dapat diambil kesimpulan bahwa *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dengan besar penggantian 5 % berat semen lebih ekonomis dibanding lainnya.

# **B A B I**

## **P E N D A H U L U A N**

### **1.1 Latar Belakang**

Kebutuhan sarana dan prasarana fisik dalam dekade ini meningkat dengan pesat sehingga pembangunannya akhir-akhir ini meningkat dengan tajam. Sarana dan prasarana yang dibutuhkan harus memenuhi sifat aman, nyaman dan ekonomis baik pada waktu pembangunan fisik maupun pemeliharannya.

Peningkatan pembangunan fisik tersebut, memerlukan daya dukung bahan/material yang lancar, murah, mudah didapatkan dan mudah pengelolaannya. Penyediaan bahan/material konstruksi secara murah dan mudah didapatkan, dapat disediakan dengan upaya mencari alternatif substitusi bahan/material susun yang berasal dari daerah setempat (lokal). Dengan mengaplikasikan bahan/material lokal yang mudah ditemukan dengan komposisi tertentu akan menekan harga tanpa mengurangi sifat aman bangunan fisiknya.

Pada sisi lain, dengan berkembangnya perekonomian mengakibatkan industri meningkat dengan pesat, salah satunya industri tekstil dimana pada dekade ini telah menjadi industri primadona dan menyumbangkan 30% total ekspor Indonesia. Seperti halnya industri lain, industri tekstil menghasilkan limbah berupa limbah cair

yang berasal dari sisa proses kimiawi. Limbah cair tekstil tersebut mengandung zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan. Untuk menekan kadar kandungan zat kimia berbahaya, sebagian industri tekstil memproses limbah cair pada Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) agar cukup aman untuk dibuang. Limbah cair tekstil ini diproses bersama Kapur (CaO) sebagai zat penetral dalam suatu bak pada IPAL, dan diakhir proses pengolahan dihasilkan limbah tekstil berbentuk padatan halus (*Sludge*) yang mengandung zat kapur.

Kapasitas produksi industri tekstil umumnya besar sehingga menyebabkan limbah yang dihasilkan pun dalam jumlah besar. Walaupun sudah diolah sedemikian rupa pada IPAL, *sludge* masih mengandung zat kimia yang berbahaya pada tingkatan yang rendah (masih dalam taraf ambang batas). Selama ini limbah padat industri tekstil hanya diletakkan begitu saja di area IPAL, dibiarkan kering dan menumpuk dan setelah banyak dibuang. Penumpukan dalam jumlah banyak, limbah masih tetap dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti bau yang tidak enak sehingga menimbulkan protes dari masyarakat sekitar. Hal ini menjadikan penanganan limbah sebagai problem yang cukup pelik bagi kalangan industri tekstil.

Berangkat dari keprihatinan akan permasalahan kalangan industri tekstil dalam membuang dan menangani limbahnya dan upaya-upaya yang dilakukan untuk menemukan alternatif substitusi bahan/material konstruksi, maka diperlukan berbagai upaya pencarian solusi dengan mengambil kedua permasalahan tersebut dalam satu titik temu yang saling menguntungkan. Upaya yang dilakukan salah satunya adalah upaya pemanfaatan *sludge* yaitu sebagai alternatif pengganti (substitusi) bahan susun *pavingblock* dalam rangka menekan harga *pavingblock*.

*Pavingblock* selama ini dikenal sebagai produk konstruksi yang ramah lingkungan, banyak digunakan pada berbagai pekerjaan konstruksi seperti perkerasan jalan baik jalan raya maupun jalan lingkungan, trotoar, *carport* dan lainnya. Pada umumnya *pavingblock* yang dipakai dan diproduksi di Indonesia berkekuatan desak  $200 \text{ kg/cm}^2$ . Berdasarkan standar kuat desak dan daya serap air *pavingblock* yang tertuang dalam SII 0819-88, *pavingblock* dengan kuat desak tersebut termasuk dalam *pavingblock* mutu III dengan kuat desak rata-rata  $200 \text{ kg/cm}^2$ , kuat desak terendah  $170 \text{ kg/cm}^2$ , ketahanan aus (*skid resistance*) rata-rata  $0,16 \text{ mm/menit}$  dan terendah  $0,184 \text{ mm/menit}$  serta daya serap air rata-rata 7%.

*Pavingblock* merupakan produk konstruksi yang tersusun dari bahan/material semen, agregat dan air dengan komposisi tertentu. Untuk mendapatkan *pavingblock* yang mutunya baik (sesuai dengan kelas mutu) dan murah harganya, selain bahan/material dipilih yang baik juga dicari bahan lainnya sebagai alternatif pengganti (substitusi) bahan susun tanpa mengurangi mutu *pavingblock* tersebut.

Berdasarkan pemeriksaan dengan parameter fisika dan kimia yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Yogyakarta, *sludge* mengandung komposisi kimia berupa Besi (Fe) 1,5%, Mangan (Mn) 0,01%, Crom total (Cr) 0,043%, Aluminium (Al) 0,036%, Timbal (Pb) , Nikel (Ni) 0,0181%, Calsium (Ca) 14,2%, Magnesium (Mg) 72%, dan Tembaga (Cu) 0,0118% serta berkadar pH 7,0.

Semen sebagai bahan pembentuk *pavingblock* yang berfungsi sebagai bahan pengikat akan memberikan sumbangan yang besar bagi kekuatan dan ketahanan *pavingblock* terhadap garam-garam korosif, alkali dan asam-asam. Semen mempunyai susunan unsur Kapur (CaO), Silika (SiO<sub>2</sub>), Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Besi

( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Magnesia ( $\text{MgO}$ ), Sulfur ( $\text{SO}_3$ ), Soda/Potash ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) dan mempunyai bentuk fisik padatan halus.

Adanya beberapa unsur yang terkandung di dalam *sludge* terutama kandungan zat kapur-nya maka diharapkan dengan penambahan *sludge* sebagai bahan alternatif pengganti sebagian bahan baku terutama semen yang berharga relatif mahal pada campuran *pavingblock*, sehingga biaya bahan baku dapat ditekan.

*Sludge* mempunyai bentuk fisik padatan halus sehingga *sludge* dapat dijadikan juga sebagai alternatif substitusi material pasir. Hal ini cocok dikembangkan di wilayah perkotaan seperti Jakarta, Bandung dan Surabaya dimana *sludge* banyak didapat sedangkan pasir berharga lebih mahal daripada daerah lainnya.

Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan menjadi salah satu model pemanfaatan limbah industri dalam membantu industri konstruksi dengan berpatokan pada skala ekonomis tanpa mengindahkan kekuatan dan keindahan produk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Bahan bangunan akhir-akhir ini terjadi peningkatan harga, terutama semen yang digunakan pada sebagian besar pekerjaan konstruksi. Akibat naiknya harga bahan tersebut, maka perlu dicari suatu alternatif dari beberapa bahan yang dapat menggantikan fungsi bahan yang akan diganti. Tentunya sebelum diaplikasikan ke lapangan perlu diadakan penelitian terlebih dahulu, apakah bahan alternatif tersebut memenuhi beberapa syarat atau tidak. Salah satu bahan alternatif dalam penelitian ini adalah limbah tekstil berbentuk padatan halus (*Sludge*). *Sludge* dimanfaatkan sebagai bahan pengganti semen atau pasir pada *pavingblock*.

Beberapa uraian diatas menimbulkan permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

1. Besaran perubahan kuat desak, daya serap air dan berat satuan antara *pavingblock* yang tidak memanfaatkan *sludge* dengan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen atau pasir.
2. Besaran biaya bahan baku *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai bahan alternatif pengganti semen atau pasir yang dapat menekan biaya bahan baku.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian pengaruh pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) pada *pavingblock* ini meliputi :

1. mengetahui pemanfaatan *sludge* sebagai bahan pengganti semen dan pengganti pasir pada *pavingblock* dengan tinjauan kuat desak, daya serap air dan berat satuan *pavingblock*,
2. berdasarkan tinjauan diatas, pada *pavingblock* ini dapat pula diketahui besaran ekonomis-komersial berdasarkan pada bentuk fisik dan biaya bahan baku,
3. dapat mengetahui komposisi perbandingan campuran yang menguntungkan secara ekonomis dengan kuat desak maksimum dan daya serap air minimum.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti dibawah ini.

1. *Sludge* dapat bernilai ekonomis dengan dimanfaatkannya sebagai bahan penyusun produk konstruksi khususnya *pavingblock*, terutama pada daerah industri tekstil seperti Solo, Majalaya, Bandung dan Semarang.

2. Dapat memberikan kontribusi dalam memecahkan masalah pencemaran lingkungan pada industri tekstil dalam membuang serta memanfaatkan limbah tekstilnya.

### 1.5 Batasan Penelitian

Agar pembahasan tidak meluas maka diadakan batasan yang meliputi sebagai berikut ini.

1. Penelitian dilakukan pada *pavingblock* yang tidak mengandung *sludge*, *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dan yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti pasir.
2. Benda uji *pavingblock* berbentuk bata dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm.
3. Benda uji *pavingblock* direncanakan mendekati kenyataan lapangan (produksi *pavingblock* rakyat), dimana pada umumnya agregat yang dipakai adalah agregat halus yang tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu, serta campuran tidak menggunakan bahan tambah untuk mempercepat pengeringan (zat *additive*).
4. Bahan yang digunakan adalah semen tipe I (*portland cement*) merk Nusantara, kemasan 50 kg, agregat halus (pasir) berasal dari sungai Krasak dan limbah padat industri tekstil yang berasal dari pabrik tekstil PT. JOGJATEX, Yogyakarta.
5. Berdasarkan permintaan sebagian besar pemakai *pavingblock* di kawasan Yogyakarta, *pavingblock* direncanakan berkekuatan desak 200 kg/cm<sup>2</sup>.
6. Perancangan campuran *pavingblock* dilakukan menurut metode Dreux, didahului pemeriksaan bahan yang meliputi berat jenis, analisa gradasi dan berat volume.

7. Benda uji direncanakan sebanyak sepuluh variasi komposisi campuran *pavingblock* yang terdiri dari satu komposisi campuran yang tidak mengandung *sludge*, empat variasi komposisi campuran yang mengandung *sludge* sebagai pengganti semen dengan kadar *sludge* 5%, 10%, 15% dan 20% berat semen serta lima variasi komposisi campuran yang mengandung *sludge* sebagai pengganti pasir dengan kadar *sludge* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% berat pasir.
8. Masing-masing variasi komposisi direncanakan sebanyak 5 benda uji.
9. Untuk pengujian laboratorium, variasi komposisi campuran didasarkan pada perbandingan berat, sedangkan untuk analisa ekonomis perbandingan berat tersebut dikonversi ke dalam perbandingan volume lapangan (berat volume).
10. Pembuatan benda uji dilakukan dengan pemadatan secara manual yaitu dengan memukul keras-keras campuran yang akan dicetak dalam cetakan *pavingblock* sampai padat ("geblukan").
11. Pengujian laboratorium pada *pavingblock* dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
12. Peralatan yang dipakai dalam pengujian adalah peralatan yang berada di lingkungan laboratorium.
13. Uji kuat desak dilakukan terhadap *pavingblock* dengan metode uji kuat desak *pavingblock* Afrika Selatan.
14. Standar mutu *pavingblock* yang digunakan adalah standar yang tertuang dalam SII 0819-8 *pavingblock* mutu III.

15. Mengingat keterbatasan peralatan, mutu *pavingblock* ditinjau hanya berdasarkan kuat desak, daya serap air dan berat satuan.
16. Analisa ekonomis komersial dilakukan terhadap *pavingblock* yang memenuhi syarat kuat desak dengan *pavingblock* tanpa *sludge* sebagai pembanding. Analisa komersial dititikberatkan pada bentuk fisik *pavingblock* yang berpenampilan menarik. Sedangkan analisa ekonomis dititikberatkan pada analisa penekanan biaya bahan baku *pavingblock*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### **2.1 *Pavingblock***

Sharp dan Armstrong (1983), menyatakan bahwa sejak *pavingblock* diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1977 maka penggunaan *paving block* semakin meningkat, bahkan hingga tahun 1983 produksi *pavingblock* di Indonesia sudah mencapai 1.000.000 m<sup>2</sup>.

Kuipers (1984) mengatakan bahwa perkerasan *pavingblock* di daerah industri berat, bentuk segi empat adalah bentuk yang paling cocok dibanding bentuk segi banyak/ bergerigi.

Sastrowiyoto (1984), menyatakan bahwa gerimpil atau pecah ujung pada *pavingblock* bergigi juga banyak terjadi pada perkerasan. Berdasarkan hal tersebut maka disarankan untuk menggunakan *pavingblock* segi empat pada perkerasan yang digunakan untuk lalu lintas berat, sedangkan perkerasan untuk lalu lintas sedang dan ringan dapat menggunakan bentuk *pavingblock* segi empat atau lainnya yang sesuai.

Pino Iskandar (1984), menyatakan bahwa pencampuran dan pemakaian jenis bahan susun serta komposisi yang berbeda akan menghasilkan *pavingblock* yang bervariasi kuat desaknya. Pada umumnya *pavingblock* yang digunakan di Indonesia

pada setiap tempat mempunyai karakteristik kekuatan desak sebesar  $300\text{kg/cm}^2$  kecuali untuk area lalu lintas berat, dimana standar kekuatannya adalah  $450\text{kg/cm}^2$ .

Houben dan kawan-kawan (1984), menyatakan bahwa kebanyakan negara menggunakan kuat tekan untuk tes kontrol produksi *pavingblock* kecuali Belanda dan Finlandia yang menggunakan kekuatan lentur.

L. R. Marais dan J. W. Lane (1984), menyatakan bahwa kekuatan *pavingblock* adalah kekuatan kompresive (pendinginan) *pavingblock* diuji desak diantara 3 mm tripleks. Kekatannya berdasarkan pada area luasan *pavingblock* yang digunakan. Tidak ada penyesuaian yang dibuat untuk kekuatan yang didapat untuk memperhitungkan ketebalan *pavingblock*.

L.R Marais dan J. W. Lane (1984), menyatakan bahwa kondisi Afrika Selatan memiliki iklim lembut, oleh karena itu pendinginan dan pembekuan tidak mendatangkan masalah bagi kekuatan *pavingblock*.

## **2.2 Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*)**

Limbah padat industri tekstil (*sludge*) yang digunakan dalam penelitian ini dipakai sebagai alternatif substitusi bahan/material *pavingblock*. Tujuannya adalah untuk mengurangi pemakaian salah satu atau lebih bahan susun terdahulu karena harganya relatif mahal dan digantikan sebagian dengan bahan alternatif yang berharga lebih murah, sedangkan bahan yang tergantikan sebagian tersebut masih mempunyai peranan. Bahan susun yang disubstitusikan sebagian pada bahan susun *pavingblock* adalah semen dan agregat halus (pasir).

*Sludge* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sludge* yang diambil dari pabrik tekstil PT. JOGJATEX yang beralamatkan di jalan Surosutan 11 Yogyakarta. Proses pengolahan tekstil pada pabrik tekstil ini adalah pemintalan, perajutan (*knitting*), pewarnaan (*dying*), pencapan (*printing*), penyempurnaan (*finishing*) dan garment. Pada proses pewarnaan dan penyempurnaan dihasilkan limbah yang kemudian diproses untuk dinetralisir. Hasil proses netralisir tersebut berbentuk lumpur dan pada penelitian ini dipakai sebagai bahan pengganti/substitusi.

Secara singkat proses limbah padat industri tekstil (*sludge*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. **Dying and finishing Process**

Pada proses ini ada penambahan zat warna dan bahan pembantu dengan suhu  $210^{\circ}\text{C}$  dan pH 5,5 – 6,5.

2. **Screening Process**

Bak kontrol dengan kawat *streemen*, berfungsi sebagai penyaring limbah padat.

3. **Equalisation Process**

Sebagai penampung air limbah, di sini terjadi proses penurunan suhu sampai  $41^{\circ}\text{C}$ , penyamaan pH 1 – 1,5 dan penyamaan debit.

4. Pengkapuran

Pada proses ini ditambahkan kapur *calcium hidroxid* ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) dengan tujuan menaikkan pH 8,5 – 11,5.

5. Bak koagulasi atau flokulasi

Koagulasi dengan memberi  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 2\text{AlSO}_4$ , sehingga air limbah yang mengandung partikel terlarut, partikel tak terlarut dan partikel tersuspensi akan

menggumpal. *Flokulasi*, menyatukan gumpalan-gumpalan kecil pada *koagulasi* oleh *flok* yang merupakan *polielektrolit*. Gumpalan-gumpalan menyatu karena adanya tarik menarik muatan listrik positif dan negatif.

Akibatnya, gumpalan yang cukup besar akan turun dan mengendap ke bawah, setelah cukup banyak dipompa ke atas untuk dikeringkan dengan dasar pasir.

#### 6. Airasi

Merupakan proses suplai O<sub>2</sub>, sehingga air yang sudah tidak kekurangan O<sub>2</sub> bisa dibuang ke sungai.

Berdasarkan pemeriksaan parameter fisika dan kimia yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), Departemen Kesehatan Republik Indonesia yang berkedudukan di Yogyakarta, limbah padat industri tekstil (*sludge*) asal pabrik tekstil PT. JOGJATEX mempunyai kandungan sebagai berikut ini.

Tabel 2.1 Hasil Pemeriksaan Parameter Fisika dan Kimia Pada Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*) Asal PT. JOGJATEX

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1	pH	–	7,0
2	Besi (Fe)	%	1,5
3	Mangan (Mn)	%	0,01
4	Crom total (Cr)	%	0,043
5	Alumunium (Al)	%	0,036
6	Timbal (Pb)	%	Ttd
7	Nikel (Ni)	%	0,0181
8	Calsium (Ca)	%	14,20
9	Magnesium (Mg)	%	72,0
10	Tembaga (Cu)	%	0,0118

Sumber : Laporan Pemeriksaan Parameter Fisika dan Kimia, Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Departemen Kesehatan - Yogyakarta

## BAB III

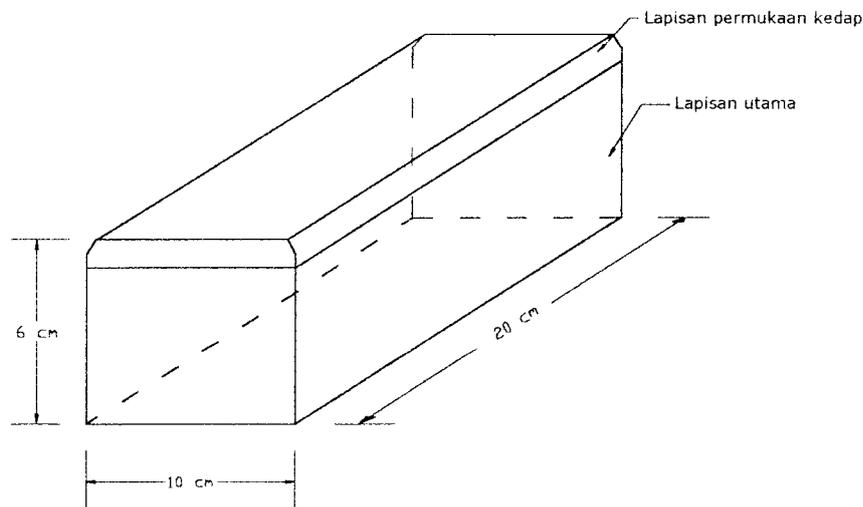
### LANDASAN TEORI

#### 3.1 *Pavingblock*

*Pavingblock* adalah adukan kering yang dibuat dengan cara pemadatan dan tersusun dari campuran pasir dan semen *portland*. (H. Frick, Ch. Koesmartadi, 1999).

SII 0819-88 mendefinisikan *pavingblock* sebagai suatu komposisi bahan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu *pavingblock* tersebut.

Bentuk *pavingblock* bermacam-macam, diantaranya segi empat (*holand*), *uni*, *trihek* dan segi enam. Bentuk *pavingblock* yang paling banyak dipakai dan disukai di Indonesia adalah *pavingblock* berbentuk segi empat. Hal ini karena keterkaitan dengan bentuk yang sederhana, menarik dan kekuatan desaknya. Berdasarkan beberapa penelitian dinyatakan bahwa *pavingblock* yang berbentuk segi empat ini mempunyai kuat desak yang lebih kuat dibanding bentuk lainnya sehingga direkomendasikan untuk dipakai pada pekerjaan konstruksi yang membutuhkan kekuatan desak yang tinggi. *Pavingblock* bentuk segi empat ini mempunyai ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm seperti terlihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 *Pavingblock Segi Empat (Holand)*

Bentuk dan mutu *pavingblock* yang beragam, menjadikan *pavingblock* banyak dipakai pada berbagai pekerjaan konstruksi antara lain sebagai perkerasan jalan baik jalan raya maupun jalan lingkungan, trotoar, carport dan lainnya. Hal ini membuat *pavingblock* menjadi salah satu produk konstruksi yang paling diminati banyak pihak sehingga *pavingblock* diproduksi dalam jumlah besar (massal) dan melibatkan banyak tenaga kerja. Kelebihan-kelebihan *pavingblock* lainnya pun memberikan kontribusi pada pemanfaatannya secara luas oleh masyarakat. Adapun kelebihan-kelebihan *pavingblock* adalah sebagai berikut ini (Haning, 1993).

1. Biaya pemeliharaan yang ringan dan mudah untuk perbaikannya sehingga gangguan operasional dapat ditekan serendah mungkin. Hal ini sangat penting bagi jalan yang melayani jalur perekonomian, dimana gangguan terhadap kelancaran lalu lintas tidak dapat ditolerir.
2. *Pavingblock* dengan mudah dibongkar kembali tanpa menghilangkan kemampuan *pavingblock* dalam memikul beban, maka perbaikan dari perkerasan yang mengalami penurunan cukup besar menjadi lebih mudah.

3. Perkerasan *pavingblock* sangat tahan terhadap beban vertikal dan gaya horizontal yang disebabkan oleh pengereman, perlambatan atau percepatan dari kendaraan, serta pada tempat penumpukan peti kemas.
4. Mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap bahan bakar minyak atau oli yang tumpah.
5. Perkerasan *pavingblock* dapat segera dibuka untuk lalu lintas setelah pemasangannya selesai.
6. *Pavingblock* juga dapat diangkat bilamana diadakan penggalian pada badan jalan (seperti galian untuk pipa-pipa dan kabel listrik) untuk kemudian dipasang kembali dengan biaya murah. Hal ini sangat berguna untuk daerah-daerah perkotaan.
7. Bentuk yang beragam menjadikan perkerasan yang menggunakan *pavingblock* mempunyai banyak pilihan bentuk sehingga estetis perkerasan dapat diperlihatkan.

*Pavingblock* tersusun dari semen, agregat dan air. Pada umumnya agregat yang dipakai adalah agregat halus (pasir) apa adanya tanpa pengolahan. Kadang pemakaian bahan tambah dengan maksud untuk menggantikan bahan susun yang lebih mahal harganya. Semua bahan susun diaduk dan dicampur dengan air pada suatu tempat atau wadah. Setelah pengadukan merata di seluruh campuran, dilakukan pembuatan *pavingblock* dengan cara memadatkan campuran dalam cetakan *pavingblock* yang terbuat dari baja. Dikenal dua cara pemadatan campuran *pavingblock* yaitu pemadatan mekanis yang menggunakan peralatan mesin hidrolis dan pemadatan manual atau pemadatan “geblukan” yang dilakukan dengan cara memukul keras-keras campuran pada cetakan dengan plat baja.

### 3.1.1 Bahan Susun *Pavingblock*

#### 3.1.1.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen *portland* (*portland cement*) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan *gips* sebagai bahan tambah (PUBI, 1982). Fungsi semen ialah merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat.

Semen *portland* diperoleh dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen yaitu kapur, silika dan alumina pada suhu  $1550^{\circ}\text{C}$  dan menjadi klinker. Setelah itu dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya ditambahkan *gips* atau kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) kira-kira 2 – 4 % sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995)

Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan empat unsur yang paling penting yaitu :

a. Trikalsium Silikat ( $\text{C}_3\text{S}$ ) atau  $3\text{CaO SiO}_2$

Sifatnya hampir sama dengan sifat semen pada umumnya yaitu apabila ditambah air akan menjadi kaku dan dalam beberapa jam saja pasta akan mengeras. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruh terhadap kekuatan beton/*pavingblock* pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama. Kandungan  $\text{C}_3\text{S}$  pada semen *portland* rata-rata 45 % dan menimbulkan panas hidrasi  $\pm 500$  joule/gram.

b. Dikalsium Silikat (  $C_2S$  ) atau  $2 CaO SiO_2$

Pembentukan senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas 250 joule/gram. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai dengan 28 hari dan seterusnya. Proporsi yang banyak dalam semen menyebabkan semen mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap agresi kimia yang relatif tinggi, penyusutan kering relatif rendah.

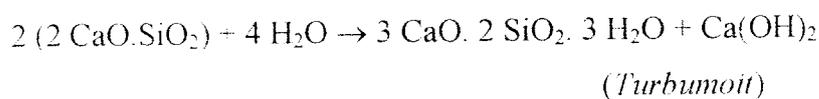
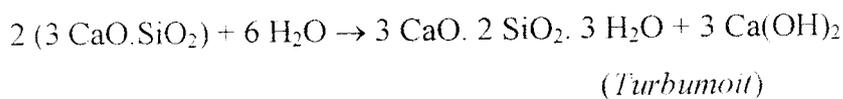
c. Trikalsium Aluminat ( $C_3A$ ) atau  $3 CaO Al_2O_3$

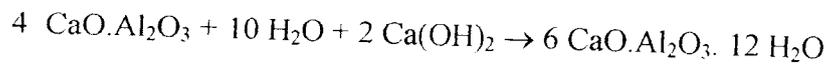
Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat dan menimbulkan panas hidrasi yang yaitu 850 joule/gram, menyebabkan pengerasan awal satu sampai dua hari, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan *holands*. Kurang tahan terhadap agresi kimiawi. Paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan tendensinya sangat besar untuk retak oleh perubahan volume. Kandungan senyawa ini pada semen *portland* bervariasi antara 7 sampai dengan 15 %.

d. Tetrakalsium Aluminoferit ( $C_4AF$ ) atau  $4 CaO Al_2O_3 Fe_2O_3$

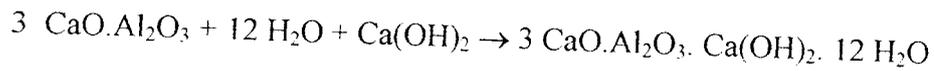
Senyawa ini tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.  $C_4AF$  menimbulkan panas hidrasi sebesar 420 joule/gram dengan kandungan rata-rata 8 %.

Semen *portland* dengan air akan terhidrat dan membentuk beton atau *pavingblock* yang keras. Proses pengerasan semen *portland* setelah berhubungan dengan air berjalan sebagai berikut :

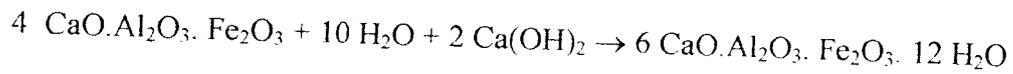




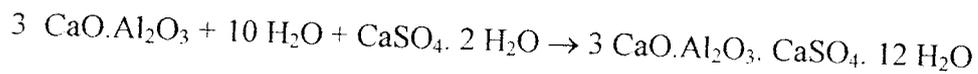
(Kalsium Alumino Ferrit Hidrat)



(Tetra Kalsium Aluminat Hidrat)



(Kalsium Alumino Ferrit Hidrat)



(Kalsium Monosulfat Aluminat)

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat senyawa di atas dapat menghasilkan beberapa jenis semen dengan tujuan pemakaiannya. Jenis semen yang dimaksud adalah (PUBI, 1982) :

- a. Jenis I : Semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus.
- b. Jenis II : Semen untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III : Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras).
- d. Jenis IV : Semen untuk beton yang memerlukan panas dihidrasi rendah.
- e. Jenis V : Semen untuk beton yang sangat tahan sulfat.

Bilamana semen bersentuhan dengan air maka proses hidrasi berlangsung dalam arah ke luar dan ke dalam, maksudnya hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya kecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2 – 5 jam (yang disebut periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995)

Pada tahapan hidrasi berikutnya, fase semen terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hasil hidrasi, memiliki luas permukaan yang amat besar) dan sisa-sisa semen yang tak bereaksi, kalsium hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$ , dan air, dan beberapa senyawa yang lain. Kristal-kristal dari beberapa senyawa yang dihasilkan membentuk suatu rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan muncullah suatu kekuatan yang selanjutnya mengeras menjadi benda yang padat dan kuat. Dengan demikian paste semen yang telah mengeras memiliki struktur yang berpori, dengan ukuran pori yang bervariasi dari yang sangat kecil ( $4 \times 10^{-7}$  mm) sampai yang lebih besar. Pori-pori ini disebut pori-pori gel. Pori-pori gel ini mempengaruhi kuat desak pasta semen (juga *pavingblock*-nya). Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih porus (berpori lebih banyak).

### 3.1.1.2 Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (beton). Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar (beton). Walaupun namanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar / betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan mortar / beton. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995)

Agregat berdasarkan besar butiran dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran maksimum 4,75mm

(lolos saringan no. 4), sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari 4,75mm. Agregat halus berupa pasir sedangkan agregat kasar dapat berupa kerikil atau batu pecah. (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995)

Maksud dari penggunaan agregat dalam campuran *pavingblock* adalah menghemat penggunaan semen, menghasilkan kekuatan desak yang besar, mengurangi susut pengerasan *pavingblock*, mencapai susunan pampat *pavingblock*-nya dengan gradasi yang baik dari butirannya. Penggunaan agregat juga ditujukan untuk mengontrol sifat dapat dikerjakan (*workability*) campuran *pavingblock* dengan gradasi baik dan menurunkan biaya bahan baku karena penggunaan agregat akan menghemat penggunaan semen.

Dalam perancangan campuran faktor kelembaban (*humidity*) agregat memegang peranan yang cukup penting, dalam hal ini berkaitan dengan faktor air semen (fas) yang terjadi khususnya pada *pavingblock*.

Kondisi kelembaban suatu agregat dapat dibagi antara lain sebagai berikut :

1. *Oven dry* (kering tungku). Kondisi ini biasanya dapat dicapai melalui proses pemanasan pada tungku, sehingga agregat mencapai kekeringan total.
2. *Air dry* (kering udara). Pada kondisi ini agregat masih mengandung air sebagian (tidak jenuh).
3. *Saturated surface dry* (jenuh kering muka). Pada kondisi ini agregat jenuh air tetapi permukaannya kering dan tidak menyerap air serta tidak menambah kandungan air pada campuran yang ada.
4. *Damp / wet* (lembab / basah). Pada kondisi ini agregat sudah melampaui keadaan jenuhnya sehingga pada permukaan agregat terlihat mengalami basah.

Bentuk agregat dapat bulat, bulat sebagian, bersudut tajam, panjang dan pipih. Rongga udara yang terdapat dalam agregat normal berkisar antara 33% sampai 40%. Besarnya rongga udara dalam adukan mortar akan menentukan kekuatan mortar. Oleh karena itu dalam campuran mortar rongga udara seharusnya dibuat serendah mungkin. Pada umumnya pasir dengan rongga udara yang kecil lebih disukai karena hanya memerlukan pasta semen yang sedikit untuk mendapatkan mortar dengan kekuatan tinggi. Pasir yang memiliki bentuk bulat ikatan antar butir-butirnya relatif lebih kecil dibandingkan dengan pasir yang berbentuk tajam dan bersudut (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1996).

Faktor yang mempengaruhi kekuatan *pavingblock* adalah adanya udara yang terjebak dalam suatu butiran agregat, maka akan terbentuklah lubang atau lubang kecil dalam agregat itu yang umumnya disebut pori. Pori ini mempunyai ukuran yang bervariasi dan tersebar diseluruh badan butiran. Karena agregat menempati sampai 75% volume *pavingblock*, maka porositas agregat memberikan kontribusi pada porositas *pavingblock* secara keseluruhan. Porositas atau kepadatan inilah yang sangat berpengaruh sekali terhadap kekuatan agregatnya dan juga kekuatan *pavingblock*.

Faktor lain yang berpengaruh terhadap kekuatan *pavingblock* adalah distribusi ukuran butiran agregat atau biasa disebut gradasi agregat. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memiliki ukuran butiran yang beragam karena akan menghasilkan volume pori yang kecil. Hal ini disebabkan butiran yang kecil mampu mengisi pori-pori diantara butiran yang lebih besar sehingga kemampatannya tinggi.

Menurut PUBLI-82 pasir harus memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

- a. Kadar lumpur tidak lebih dari 5%.

- b. Pasir beton harus bersih. Bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
- c. Modulus halus butir berkisar antara 2,2 – 3,2.
- d. Pasir tidak boleh mengandung zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan NaOH, cairan endapan diatas tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- e. Kekekalan terhadap larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat dan kekekalan terhadap larutan  $\text{MgSO}_4$ , fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.

### 3.1.1.3 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara agregat, agar dapat dengan mudah beton dikerjakan dan dipadatkan. (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Air yang dipergunakan dalam pembuatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik dan asam organik, alkali dan garam-garam lainnya. Tidak ada batasan khusus yang harus dapat diberikan untuk garam-garam terlarut, tetapi bila air jernih tidak terasa asin atau payau, maka air dapat digunakan dengan aman. (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan campuran *pavingblock* ialah air yang apabila dipakai akan menghasilkan *pavingblock* dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan *pavingblock* yang memakai air suling.

Kekuatan *pavingblock* akan berkurang jika air yang dipakai untuk bereaksi hidrasi dengan semen berlebihan. Perlu dicatat tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan *pavingblock* akan menjadi rendah serta menjadi porous.

### 3.1.2 Syarat Mutu

Adapun syarat mutu *pavingblock* yang ditetapkan oleh SII 0819-88 adalah sebagai berikut ini.

#### a. Sifat Tampak

*Holand* beton untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

#### b. Bentuk dan Ukuran

Bentuk dan ukuran *holand* beton untuk lantai dapat tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen harus memberikan penjelasan tertulis dalam pamflet mengenai bentuk, ukuran dan konstruksi pemasangan *holand* beton untuk lantai. Penyimpangan tebal *holand* beton untuk lantai diperkenankan  $\pm 3$  mm.

#### c. Sifat Fisik

*Holand* beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik sebagaimana yang terlihat pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Kekuatan Fisik *Holand* Beton Untuk Lantai

Mutu	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )		Ketahanan Aus (mm/menit)		Daya Serap Air Rata-Rata (%)
	Rata-Rata	Terendah	Rata-Rata	Terendah	
I	400	340	0,090	0,103	3
II	300	255	0,130	0,149	5
III	200	170	0,160	0,184	7

Sumber : SII 0819-88

### 3.1.3 Kuat Desak *Pavingblock*

Kuat desak *pavingblock* adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji *pavingblock* hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Pada dasarnya *pavingblock* yang baik adalah *pavingblock* yang memiliki kuat desak, daya serap air rendah, susut berat kecil, tahan aus, tahan terhadap cuaca dan juga tahan terhadap zat kimia yang akan merusak mutu *pavingblock*. Apabila kuat desak tinggi, maka sifat dan karakteristik lainnya cenderung baik.

Kuat desak *pavingblock* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut ini.

1. Kuat ikat pasta semen, ditentukan oleh mutu bahan ikat dan kualitas air. Dengan digunakannya mutu ikat yang tinggi dan kualitas air yang memenuhi syarat, maka akan dihasilkan *pavingblock* dengan kuat desak yang tinggi.
2. Homoginitas campuran dalam adukan *pavingblock*, yaitu saling mengisi antara bahan-bahan penyusun *pavingblock* secara merata sehingga diperoleh adukan yang merata, mampat dan tidak terjadi pengelompokan bahan penyusun *pavingblock* yang dapat mengakibatkan terbentuknya rongga-rongga.

3. Perbandingan jumlah bahan penyusun secara proporsional, jumlah bahan-bahan penyusun dengan perbandingan yang proporsional akan menjadikan bahan-bahan saling mengisi dan dapat menghasilkan *pavingblock* yang lebih padat dan homogen.
4. Kepadatan dan cara pemadatan *pavingblock*, dapat dipengaruhi oleh penggunaan jumlah bahan penyusun secara proporsional dan pengadukan yang merata sehingga terbentuk campuran yang baik dan homogen. Semakin padat *pavingblock* maka semakin sedikit rongga yang terbentuk sehingga kuat desak semakin tinggi. Pemadatan secara manual yaitu memukul kuat-kuat pada campuran yang akan dicetak (geblukan) akan menghasilkan *pavingblock* yang kurang padat (mampat) dibanding dengan pemadatan secara mekanis yang menggunakan mesin hidrolis, sehingga *pavingblock* dengan pemadatan cara manual lebih rendah kuat desaknya daripada *pavingblock* dengan pemadatan mekanis.

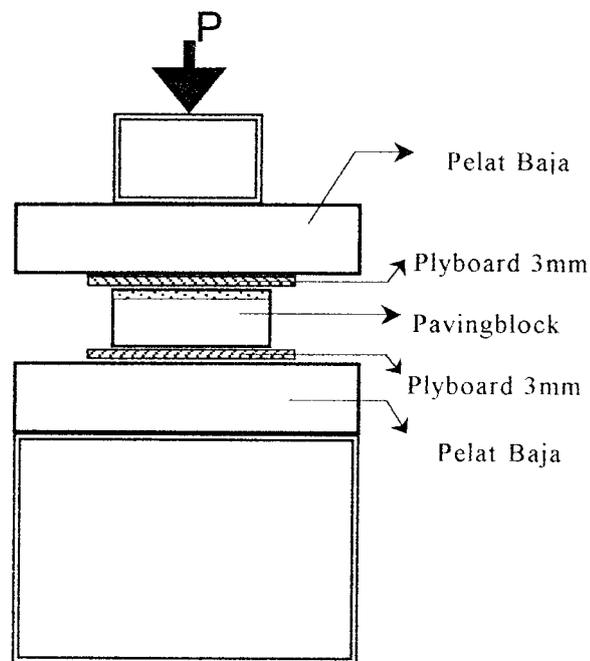
Selain faktor-faktor diatas diatas, kuat desak *pavingblock* dipengaruhi pula oleh faktor lainnya antara lain seperti di bawah ini.

1. Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat *holands pavingblock*.
2. Jenis dan bentuk bidang permukaan agregat, pada kenyataannya penggunaan agregat dengan permukaan yang kasar akan menghasilkan *pavingblock* dengan kuat desak yang lebih besar daripada penggunaan agregat dengan permukaan yang halus.

3. Efisiensi perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai sekitar 40% dapat terjadi apabila pengeringan diadakan sebelum waktunya, sehingga dibutuhkan perawatan yang cukup besar agar proses hidrasi semen dan air berlangsung sempurna terhadap evolusi pembebanan panas pada suhu dalam *pavingblock*.
4. Faktor umur, pada keadaan yang normal kekuatan *pavingblock* bertambah sesuai dengan umurnya. Pengerasan berlangsung terus menerus secara lambat sampai beberapa tahun.
5. Mutu agregat, pada kenyataannya kekuatan atau ketahanan aus (abrasi) agregat besar pengaruhnya terhadap kekuatan desak *pavingblock*.
6. Faktor suhu, kekuatan *pavingblock* setelah umur beberapa hari bertambah bila suhu selama perawatannya bertambah.

Pengujian kuat desak *pavingblock* dilakukan terhadap benda uji *pavingblock*. Ada beberapa metode pengujian kuat desak *pavingblock* yang dilakukan di beberapa negara seperti di Kanada dan Afrika Selatan. Di Indonesia sendiri belum ada standar pengujian kuat desak *pavingblock* yang baku sehingga untuk melakukan pengujian kuat desak *pavingblock* dapat menerapkan metode pengujian kuat desak *pavingblock* Afrika Selatan.

Metode uji kuat desak *pavingblock* Afrika Selatan ini mensyaratkan *pavingblock* diletakkan di antara dua lapis triplek ukuran 3 mm. Pada triplek atas diberi beban desak secara bertahap sampai *pavingblock* mengalami kehancuran. Kekuatannya berdasarkan pada area luasan *pavingblock* yang digunakan. Tidak ada penyesuaian yang dibuat untuk kekuatan yang didapat untuk memperhitungkan ketebalan *pavingblock*. Untuk lebih jelas, dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Pengujian Kuat Desak *Pavingblock* Cara Afrika Selatan

Pengujian kuat desak *pavingblock* berdasarkan atas benda uji umur 7, 14 dan 28 hari. Kekuatan desak *pavingblock* dihitung menggunakan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dimana :  $f'c$  = kuat desak *pavingblock* ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$P$  = beban maksimum (kg)

$A$  = luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

Hasil pengujian pada *pavingblock* perlu diperiksa perkiraan kuat desak dari keseluruhan benda uji *pavingblock* yang telah diuji. Pada penelitian ini standar deviasi untuk keseluruhan benda uji dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Sd = \left| \frac{\sum (f'cn - f'cb)^2}{(n-1)} \right|^{0.5}$$

dimana :  $Sd$  = standar deviasi ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$f'_{cn}$  = kuat desak *pavingblock* yang didapat dari masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f'_{cb}$  = kuat desak *pavingblock* rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

Sedangkan nilai kuat desak rata-rata (*mean*) *pavingblock* dihitung dengan perhitungan sebagai berikut ini.

$$f'_{cb} = \frac{\sum f'_{cn}}{n}$$

dimana :  $f'_{cb}$  = kuat desak *pavingblock* rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f'_{cn}$  = kuat desak *pavingblock* yang didapat dari masing-masing benda uji ( $\text{kg/cm}^2$ ).

$n$  = jumlah seluruh nilai hasil pengujian.

Dalam pengumpulan data uji yang diperoleh selama satu periode, dikerjakan dengan mengambil rata-rata dengan menunjukkan nilai maksimum dan minimum. Namun gambaran semacam ini kurang memberi petunjuk yang berarti karena kerap kali hasilnya menyimpang dari rata-rata. Oleh karena itu petunjuk yang memberikan gambaran besarnya penyimpangan terhadap nilai rata-ratanya biasa disebut dengan “indeks standar deviasi” atau “koefisien variasi” yang dinyatakan dalam persentase terhadap rata-rata. Koefisien variasi secara matematis adalah sebagai berikut :

$$kv = \frac{Sd}{f'_{cb}} \times 100\%$$

dimana :  $kv$  = koefisien variasi (%)

$Sd$  = standar deviasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f'_{cb}$  = kuat desak *pavingblock* rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

### 3.1.4 Daya Serap Air

Penyusun *pavingblock* terbesar adalah agregat, dimana pada umumnya agregat yang dipakai adalah agregat halus (pasir). Oleh karena itu sifat-sifat agregat dalam hal menyerap air akan sangat mempengaruhi daya serap air *pavingblock*.

Adanya udara yang terjebak dalam agregat ketika pembentukannya atau karena dekomposisi mineral pembentuk tertentu oleh perubahan cuaca, maka terbentuklah lubang atau rongga kecil di dalam butiran agregat itu, yang umumnya disebut dengan pori (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995). Pori-pori tersebar di seluruh *pavingblock*, beberapa merupakan pori-pori yang tertutup dalam materi, beberapa yang lainnya terbuka terhadap permukaan butiran.

Karena agregat menempati sampai dengan 75% volume *pavingblock* maka porositas agregat memberikan kontribusi pada porositas *pavingblock* secara keseluruhan.

Pada saat pencetakan, pemadatan pada campuran *pavingblock* yang akan dicetak kerap kurang keras tekanannya. Kurang kerasnya pemadatan ini terlebih pada pemadatan secara manual (geblukan) akan menimbulkan adanya rongga-rongga pada *pavingblock* yang juga disebut dengan pori *pavingblock*. Pori-pori ini tersebar di seluruh *pavingblock* baik terlihat pada permukaan maupun yang berada di dalam *pavingblock*.

Pori-pori pada agregat dan *pavingblock* ini memungkinkan menjadi tempat bersemayamnya air bebas (*water reservoir*). Persentase berat air yang mampu diserap oleh *pavingblock* jika direndam dalam air disebut dengan daya serap air *pavingblock*.

Untuk mengetahui kemampuan menyerap air pada *pavingblock* perlu dilakukan pengujian daya serap air di laboratorium. Pelaksanaan pengujian daya serap air dimulai dengan penimbangan berat basah setelah sebelumnya dilakukan perendaman di dalam air. *Pavingblock* dikeringkan dalam tungku pada suhu  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering *pavingblock*.

Setelah diketahui berat basah dan berat kering *pavingblock*, dilakukan penghitungan daya serap air dengan perhitungan :

$$\text{Daya serap air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\%$$

dimana :  $W_b$  = Berat *pavingblock* basah (gram)

$W_k$  = Berat *pavingblock* kering (gram)

### 3.1.5 Berat Satuan

Berat satuan *pavingblock* adalah berat *pavingblock* dalam satu satuan volume *pavingblock* yang meliputi volume padat (termasuk pori tertutup) dan volume pori terbuka.

Cara pemadatan saat pencetakan *pavingblock* mempengaruhi pada terbentuknya rongga-rongga udara (pori) yang akan menyebabkan kepadatan dan kemampuan *pavingblock*. Pemadatan secara mekanis menghasilkan campuran yang dicetak sangat memadat sehingga pori-pori yang terbentuk sedikit. Sebaliknya pada pemadatan secara manual akan menghasilkan campuran yang dicetak kurang padat dan pori-pori yang terbentuk relatif banyak. Pori-pori tersebut tersebar di dalam *pavingblock*. Pori-pori ini yang menyebabkan terjadinya porositas dan kemampuan *pavingblock* dan mempengaruhi berat satuan *pavingblock*.

Dengan demikian maka secara matematis berat satuan *pavingblock* adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat Satuan} = \frac{W}{Vt}$$

Dimana :  $W$  = berat *pavingblock* (gram)

$Vt$  = Volume total (cm<sup>3</sup>)

### 3.1.6 *Pavingblock* yang Memanfaatkan Limbah Padat Industri Tekstil

Kemungkinan pemakaian benda padat limbah seperti abu terbang (*fly ash*), serat, robekan-robekan kaleng bekas, barang-barang bekas bongkaran bangunan, limbah, gelas, plastik, *plasticizer*, *superplasticizer*, *silica fume* dan lainnya untuk dipakai sebagai pengganti bahan ikat semen maupun sebagai pengganti semen atau pengganti agregat sering digunakan untuk meningkatkan kuat desak dan untuk memperbaiki kuat tarik.

Sebelum barang-barang bekas/buangan tersebut dipakai, maka perlu dipertimbangkan dulu hal-hal sebagai berikut (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995):

1. tinjauan ekonomi, apakah tidak lebih mahal daripada agregat aslinya, dan
2. tinjauan sifat teknis pada betonnya.

Pemanfaatan *sludge* pada *pavingblock* dapat menggantikan fungsi semen sebagai bahan ikat dan menggantikan agregat sebagai pengisi *pavingblock*. Untuk mendapatkannya, *sludge* dapat diambil secara cuma-cuma di pabrik tekstil. Biaya yang dikeluarkan adalah biaya transportasi untuk pengangkutan *sludge* dari kawasan pabrik ke tempat pembuatan *pavingblock*. Apabila lokasi pembuatan *pavingblock*

tidak terlalu jauh dari kawasan pabrik tekstil, biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan *sludge* jauh lebih murah daripada harga agregat maupun harga semen sehingga secara ekonomi dikategorikan menguntungkan.

Pada proses hidrasi semen terlihat bahwa setelah bercampur dengan air, maka air masuk ke dalam hablur/kristal sehingga reaksi ini hanya berjalan searah (Ismoyo, 1996). *Pavingblock* yang memanfaatkan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti semen juga terjadi reaksi seperti itu, karena unsur-unsur yang ada di dalam *sludge* sudah ada semua di kandungan semen *portland*, maka diharapkan dari bahan tambah *sludge* juga terjadi oksidasi magnesium (MgO), kapur (CaO) dan besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

*Sludge* mempunyai bentuk fisik padatan halus menyerupai pasir. Oleh karena itu *sludge* diharapkan dapat menggantikan pasir sebagai pengisi utama *pavingblock*.

Pada penelitian ini, pemanfaatan *sludge* pada *pavingblock* didasarkan pada berat masing-masing bahan yang diganti. Untuk mengetahui komposisi berat *sludge* dihitung dengan rumus berikut ini.

$$W \text{ sludge} = P\% \times W \text{ pc atau psr}$$

Dimana  $W \text{ sludge}$  = berat *sludge* yang dibutuhkan (kg)

$P\%$  = prosentase penggantian semen atau pasir (%)

$W \text{ pc atau psr}$  = berat semen atau pasir (kg)

### 3.2 Perancangan Campuran *Pavingblock*

Perancangan campuran *pavingblock* pada penelitian ini memakai metode “DREUX”. Pada metode ini kekuatan *pavingblock* tidak mutlak ditentukan oleh

banyaknya jumlah semen saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya, yaitu perbandingan berat air, perbandingan berat semen dan kekompakan butiran (faktor *granulair*). Dengan demikian, terdapat korelasi antara nilai kekuatan *pavingblock*, kekuatan semen, kekompakan butiran jumlah air dan jumlah semen yang dipakai.

Urutan perencanaan campuran *pavingblock* dengan metode "DREUX" adalah sebagai berikut :

1. Menghitung berat jenis semua bahan dengan dasar data dari hasil pengujian laboratorium, yaitu antara lain:
  - A. berat jenis pasir (SSD),
  - B. berat jenis kerikil (SSD),
  - C. berat jenis semen (data dari pabrik semen yang dipakai),
  - D. diameter maksimum agregat, dan
  - E. kekuatan semen ( $f_c = 500 \text{ kg/m}^3$ ) dari Balai Penyelidikan Bahan atau data dari pabrik.
2. Menentukan tegangan rata-rata benda uji umur 7, 14 dan 28 hari, rumus yang dipakai :

$$f_{cb} = G \times f'_c \times \left( \frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

dimana :

G = faktor kekompakan butiran (faktor *granulair*), yaitu angka yang menunjukkan bagian volume yang diisi oleh butiran kasar. Angka yang umum dipakai 0,5 (lihat tabel 3.3).

$f_{ce}$  = kekuatan semen dari pabrik semen yang dipakai atau informasi dari lembaga penelitian bahan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

C = berat semen per  $\text{m}^3$  *pavingblock* (kg).

E = berat air per  $\text{m}^3$  *pavingblock* (liter).

$f'_{cb}$  = kuat desak *pavingblock* rata-rata pada umur 7, 14 dan 28 hari berdasarkan benda uji *pavingblock* ukuran  $20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$ .

Dari rumus diatas  $f'_{cb}$  merupakan kekuatan desak rata-rata, sedangkan yang direncanakan adalah kekuatan *pavingblock* karakteristik ( $f'_{cr}$ ). Korelasi antara  $f'_{cb}$  dengan  $f'_{cr}$  adalah sebagai berikut :

$$f'_{cr} = f'_{cb} - 1,64 Sd \quad \text{dimana : } Sd = \text{standar deviasi } (\text{kg}/\text{cm}^2).$$

Standar deviasi digunakan untuk mengukur mutu pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan PBI - 1971 pasal 4.5. ayat (1), seperti terlihat dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai Standar Deviasi

Volume Pekerjaan ( $\text{m}^3$ )	Mutu Pelaksanaan		
	Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil < 1000	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 65$	$65 < s \leq 85$
Sedang 1000 – 3.000	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
Besar > 3.000	$25 < s \leq 35$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Sumber : PBI-1971. NI-2

Untuk merancang suatu komposisi campuran beton (mortar) dengan kuat desak tertentu sehingga dihasilkan beton yang memenuhi kuat desak yang disyaratkan, maka perlu dilakukan koreksi terhadap standar deviasi sesuai dengan jumlah sampel pengujian, seperti yang tercantum dalam tabel 3.3. Perhitungan kuat desak karakteristik setelah dikoreksi menjadi :

$$f'_{cr} = f'_{cb} - 1,64 \cdot k \cdot Sd \quad \text{dengan : } k = \text{Faktor koreksi}$$

Tabel 3.3 Faktor Koreksi Standar Deviasi

Jumlah Sampel Pengujian	Faktor Koreksi
5	1,45
10	1,28
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥30	1,00

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton, Lab. Struktur dan Bahan, FTSP-ITB-1993

Tabel 3.4 Faktor Kekompakkan Butiran (Faktor *Granulair*)

Kualitas Butiran	Ukuran Diameter Butiran		
	Kecil (D ≤ 16mm)	Sedang (25 ≤ D ≤ 40mm)	Besar (D ≤ 63mm)
Baik	0,55	0,60	0,64
Cukup	0,45	0,50	0,55
Buruk	0,35	0,40	0,45

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton, Lab. Struktur dan Bahan, FTSP-ITB-1993

3. Menentukan berat semen ( C ) untuk tiap m<sup>3</sup> *pavingblock*.

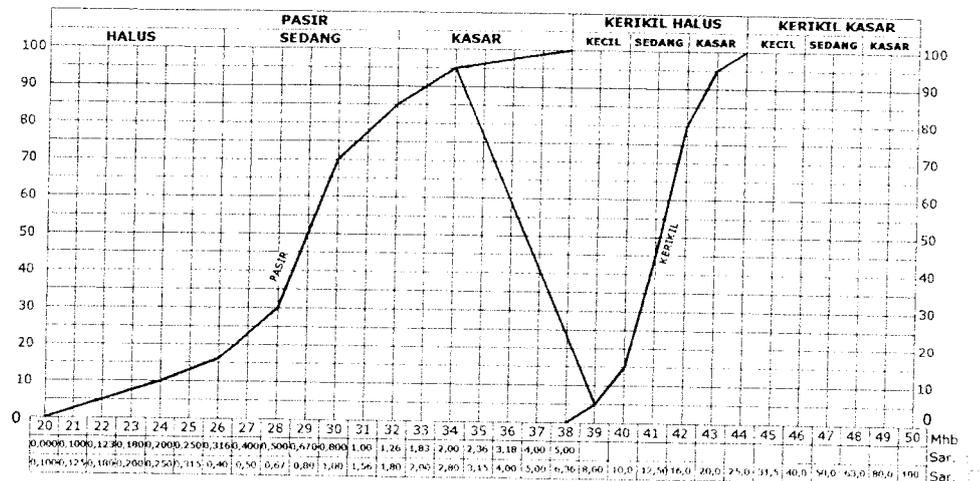
$$f'_{cb} = G \times f_{ce} \times \left( \frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

$$\frac{C}{E} = \left( \frac{f'_{cb}}{G \times f_{ce}} \right) + 0,5$$

Agar suatu campuran dapat dikerjakan (*workable*) dan jumlah semen tidak boleh kurang dari harga minimum, maka rumus diatas berlaku untuk :

- Harga C/E berkisar antara 1,5 sampai 2,5.
- Jumlah semen (C) ≥ 300kg/m<sup>3</sup> *pavingblock*.

Setelah harga C/E diketahui dan nilai slump ditetapkan dengan melihat dan menyesuaikan gambar 3.3 didapat dosis semen dalam kg/m<sup>3</sup>, maka dosis airpun didapat.



Gambar 3.4 Kurva *Granulometri* (Saringan) dari Butiran Agregat

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton, Lab. Struktur dan Bahan, FTSP-ITB-1993

5. Menentukan koefisien kekompakan ( $\gamma$ ).

Koefisien koreksi proporsi pasir dan kerikil ( $\gamma$ ) dapat dilihat pada tabel 3.5.

Angka-angka yang terdapat dalam tabel untuk pasir dan kerikil alam, serta untuk jumlah semen adalah sama dengan  $350\text{kg/m}^3$  pavingblock.

Tabel 3.6 Harga-Harga Koefisien Kekompakan  $\gamma$

Ketebalan Beton	Cara Pematatan	Koefisien kekompakan						
		D=5	D=10	D=16	D=25	D=40	D=63	D=100
Lembek	Tusukan	0,750	0,780	0,795	0,805	0,810	0,815	0,820
	Pematatan lemah	0,755	0,785	0,800	0,810	0,815	0,820	0,825
	Pematatan normal	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
Plastis	Tusukan	0,760	0,790	0,805	0,815	0,820	0,825	0,830
	Pematatan lemah	0,765	0,795	0,810	0,820	0,825	0,830	0,835
	Pematatan normal	0,770	0,800	0,815	0,820	0,825	0,830	0,835
	Pematatan kuat	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
Kental	Pematatan lemah	0,775	0,805	0,820	0,830	0,835	0,840	0,845
	Pematatan norma	0,780	0,810	0,825	0,840	0,840	0,845	0,850
	Pematatan kuat	0,785	0,810	0,830	0,845	0,845	0,850	0,855

a. Harga-harga diatas berlaku untuk butiran alam, jika tidak  $\gamma$  dikoreksi:  
 - 0,01 untuk pasir alam dan batu pecah  
 - 0,03 untuk butiran dari batu pecah  
 b. butiran ringan: dikurangi dengan 0,03  
 c. untuk  $C \neq 350\text{kg/m}^3$ , koreksi dengan  $(C - 350) / 5000$

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton, Lab. Struktur dan Bahan, FTSP-ITB-1993

## BAB IV

### HIPOTESA

*Pavingblock* sebagai produk konstruksi pada umumnya mempunyai bahan susun semen, pasir dan air. Susunan *pavingblock* tersebut dapat disubstitusi dengan suatu bahan lainnya seperti limbah padat industri tekstil (*sludge*).

Unsur-unsur yang terkandung dalam limbah padat industri tekstil (*sludge*) yaitu Mg, Ca dan Fe sama dengan unsur-unsur yang terkandung dalam semen, sehingga dengan penggantian sebagian semen pada campuran *pavingblock* dapat menggantikan dan meningkatkan reaksi oksida magnesium (MgO), kapur (CaO) dan besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) di dalam *pavingblock*. Dengan demikian perlu dicari suatu komposisi perbandingan yang optimal pada pemakaian limbah padat industri tekstil sebagai bahan susun alternatif substitusi *pavingblock*, sehingga pemanfaatan limbah padat industri tekstil dapat mengurangi pemakaian semen pada kondisi mutu *pavingblock* yang sama.

Limbah padat industri tekstil (*sludge*) mempunyai bentuk fisik padatan halus menyerupai pasir. Oleh karena itu limbah padat industri tekstil (*sludge*) dapat menggantikan pasir sebagai pengisi utama *pavingblock*.

## BAB V

### METODA PENELITIAN

#### 5.1 Umum

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berbentuk *pavingblock* bata dengan ukuran  $20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$ . Variasi komposisi direncanakan sebanyak 10 variasi dengan jumlah benda uji sebanyak 20 buah. Sejumlah 15 benda uji untuk pengujian kuat desak *pavingblock* masing-masing 5 benda uji untuk umur 7, 14 dan 28 hari serta 5 benda uji untuk pengujian daya serap air pada *pavingblock*.

Pelaksanaan penelitian ini secara garis besar dibagi menjadi 6 tahap seperti tercantum dibawah ini.

- a. Observasi dan survey.
- b. Pemeriksaan bahan susun.
- c. Perencanaan variasi komposisi bahan susun.
- d. Pembuatan benda uji *pavingblock* dilaksanakan di Merapi *Conblock*, Jl. Kaliurang km. 7,5 Dayu, Yogyakarta.
- e. Pelaksanaan pengujian yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang km. 14,5, Yogyakarta.

- f. Data yang didapat dari pengujian dianalisis mengenai pengaruh variasi komposisi limbah padat industri tekstil terhadap kuat desak dan daya serap air guna mengetahui komposisi optimum bahan susun. Data-data pengaruh variasi tersebut juga dianalisis tingkat ekonomisnya agar diketahui penghematan biaya bahan baku *pavingblock*.

## 5.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang akan digunakan harus dipersiapkan lebih dahulu agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan lancar.

### 5.2.1 Bahan Susun

Bahan susun yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen yang dipakai dalam penelitian ini semen adalah semen *portland cement* tipe I merk Semen Nusantara kemasan 50 kg/sak.
2. Pasir, berasal dari sungai Krasak, Yogyakarta. Selama penyimpanan diletakkan pada udara terbuka dan dalam kondisi kering.
3. Limbah padat industri tekstil (*sludge*) berasal dari pabrik tekstil PT. JOGJATEX, Yogyakarta. Limbah padat diambil dari tumpukan limbah di samping Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) pada area pabrik tekstil PT. JOGJATEX dalam keadaan kering. Selama penyimpanan diletakkan pada udara terbuka dan dalam kondisi kering. *Sludge* tersebut ditumbuk dan dipakai ukuran butiran lolos saringan # 4,75mm.
4. Air berasal dari sumur bor Merapi *Conblock*, Jl. Kaliurang km. 7,5 Dayu – Yogyakarta.

### 5.2.2 Peralatan

Peralatan yang dimaksud di sini adalah peralatan yang digunakan untuk persiapan, pembuatan dan pengujian benda uji, adalah sebagai berikut ini.

1. Timbangan Besar dan Kecil.

Timbangan besar dan kecil dengan ketelitian 0,1gram, berfungsi untuk menimbang tabung silinder baja, bahan susun dan benda uji *pavingblock*.

2. Saringan.

Saringan merupakan alat yang berfungsi untuk menyaring butiran bahan susun agregat halus (pasir) dan *sludge* dengan ukuran saringan # 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 0,6mm, 0,30mm dan 0,15mm.

3. Gelas Ukur.

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air pada pemeriksaan berat jenis agregat halus dan *sludge*.

4. Oven.

Oven adalah alat pengering bahan susun pada pemeriksaan modulus halus butir dan pengering benda uji *pavingblock* pada pengujian daya serap air.

5. Tabung Silinder.

Tabung silinder yaitu tabung dengan ukuran diameter 10cm dan tinggi 20cm, dipakai untuk mengukur berat volume agregat halus dan limbah.

6. Talam Baja

Talam baja adalah tempat atau wadah untuk mencampur bahan susun *pavingblock* dalam kondisi kering maupun setelah dicampur dengan air.



7. Sekop dan Cetok.

Sekop dan cetok berfungsi untuk mengaduk dan memindahkan adukan ke dalam cetakan.

8. Cetakan *Pavingblock*.

Cetakan *pavingblock* berbentuk bata berukuran  $20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$  yang terbuat dari baja.

9. Penumbuk Adukan.

Penumbuk adukan digunakan untuk menumbuk adukan dalam cetakan *pavingblock* agar memadat. Penumbuk adukan terbuat dari plat baja.

10. Alas Benda Uji.

Alas benda uji digunakan untuk menaruh *pavingblock* yang baru dicetak. Alas benda uji terbuat dari tegel yang tidak terpakai dengan maksud agar benda uji yang baru dibuat tidak retak atau patah akibat tidak lurusnya alas.

11. Kaliper atau Jangka Sorong.

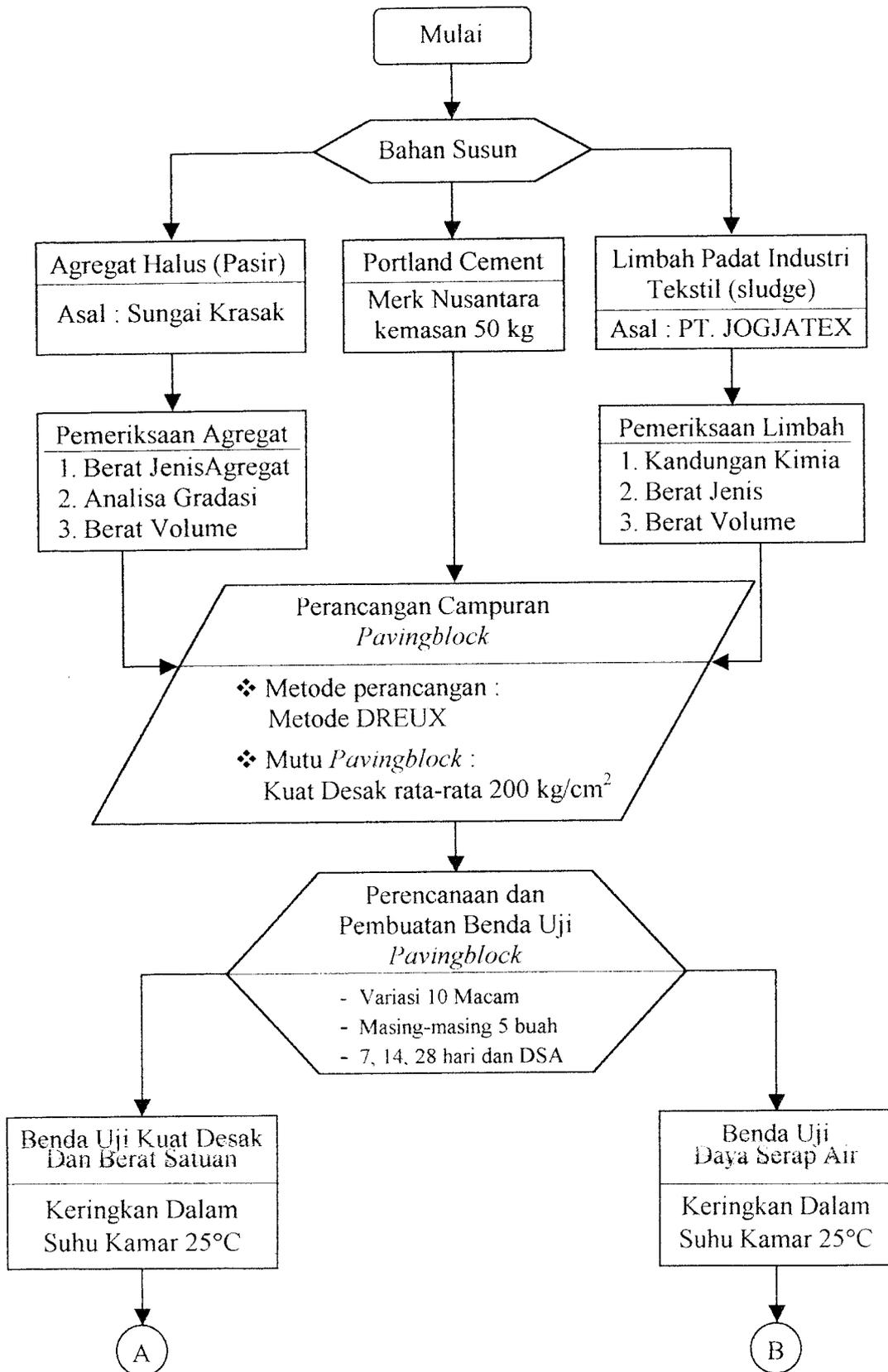
Kaliper atau jangka sorong adalah alat ukur dimensi dengan ketelitian 0,05mm yang berfungsi untuk mengukur benda uji.

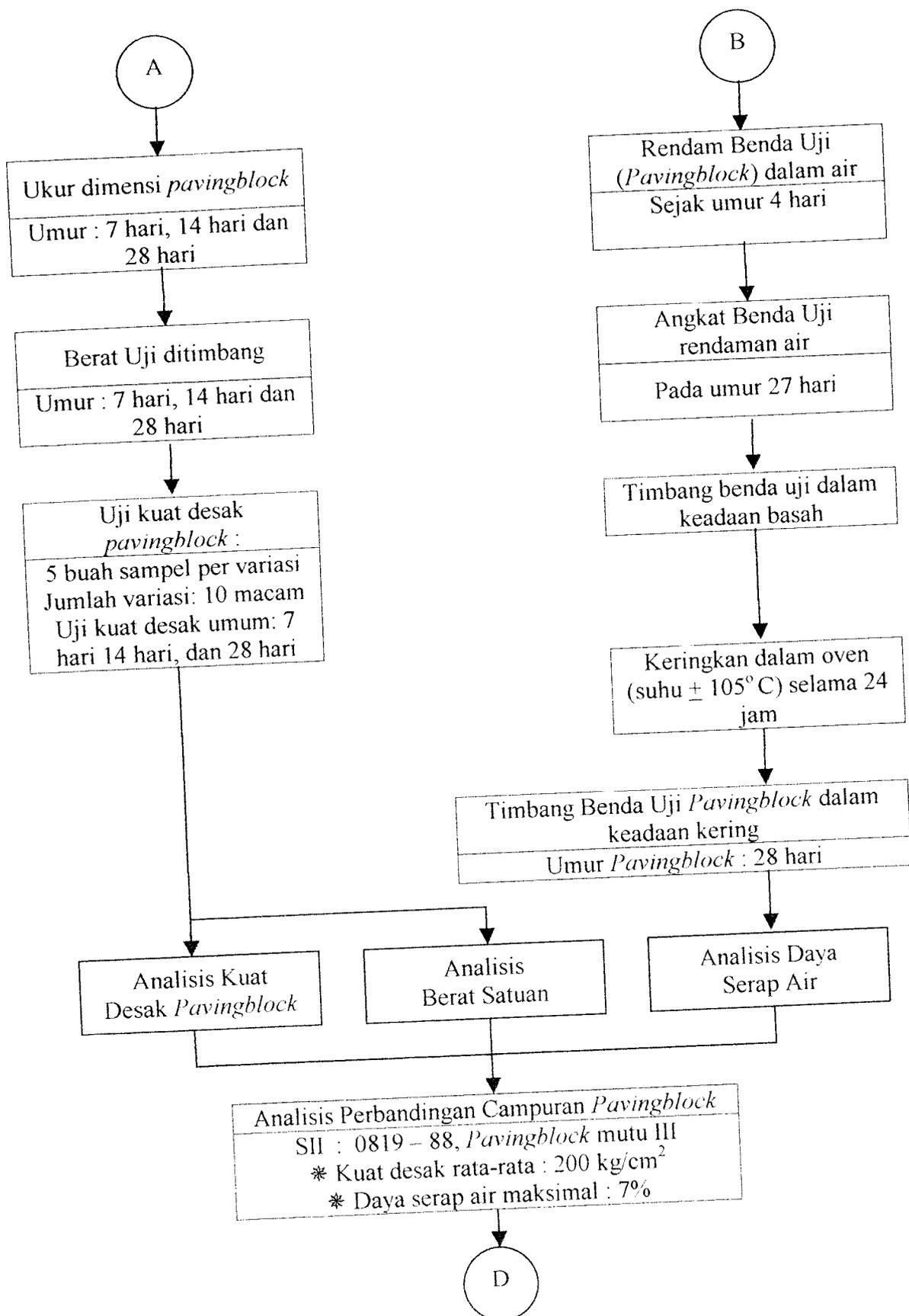
12. Alat Uji Desak.

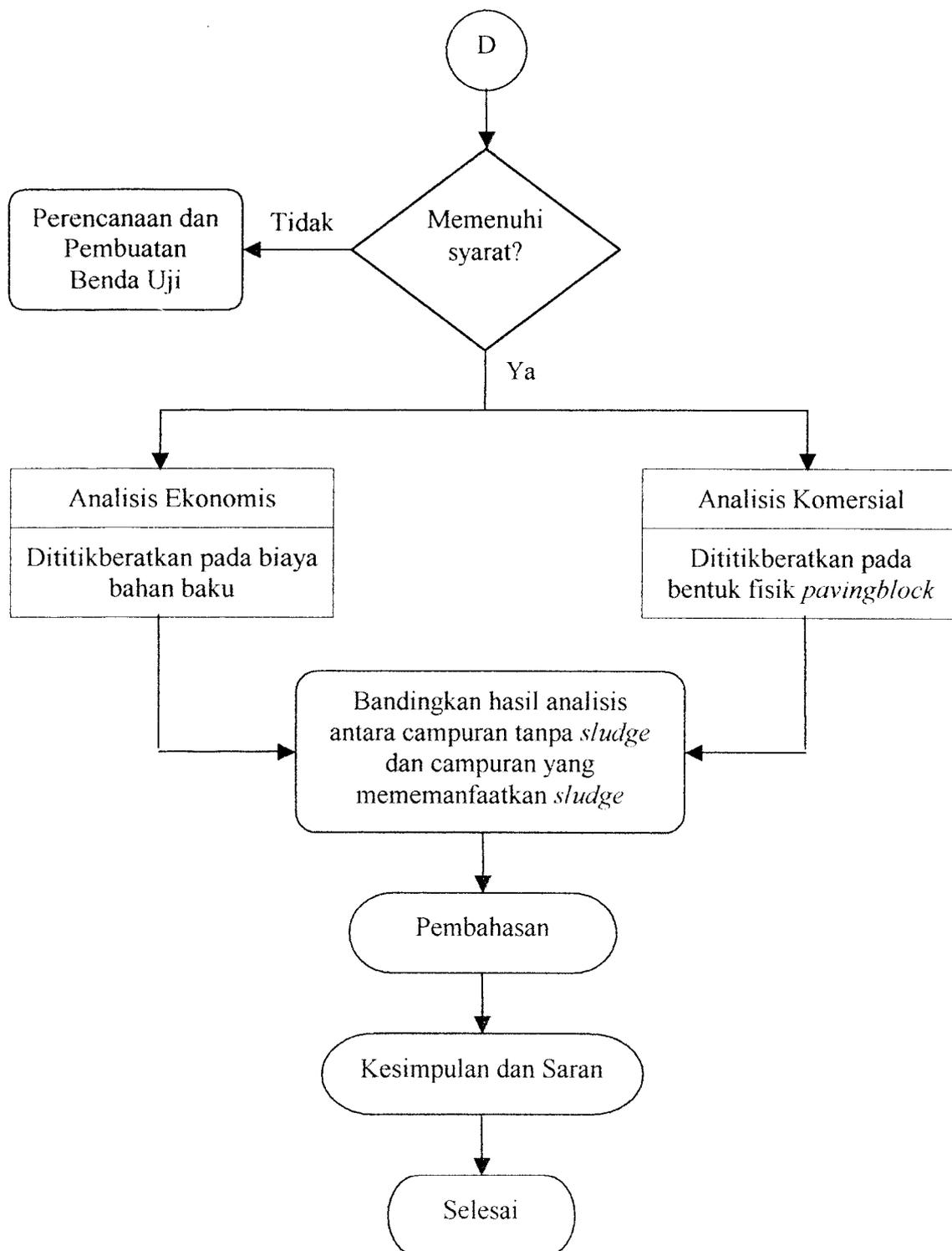
Alat uji desak digunakan merk *Control – Milano – Italia* dengan kapasitas 30 ton. Alat ini digunakan untuk pengujian kuat desak *pavingblock*.

### 5.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan bertahap dengan tahapan sesuai dengan gambar 5.1 pada lembar berikut ini.







Gambar 5.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*) pada Pavingblock

## 5.4 Pelaksanaan Penelitian

### 5.4.1 Observasi dan Survey

Pengamatan dan peninjauan di lapangan dilakukan sebagai langkah awal dari penelitian keseluruhan yaitu pengamatan dan peninjauan pada beberapa perusahaan (produsen) yang memproduksi *pavingblock* dan pabrik tekstil khususnya pabrik tekstil PT. JOGJATEX.

Hasil observasi dan survey yang telah dilakukan adalah yang berkenaan dengan sebagai berikut ini.

1. *Pavingblock* yang paling sering dipesan konsumen adalah *pavingblock* bentuk bata berukuran  $20 \times 10 \times 6 \text{ cm}^3$ , mutu kelas III (kuat desak  $170 - 200 \text{ kg/cm}^2$ ).
2. Untuk mendapatkan *sludge* dari pabrik tekstil khususnya pada pabrik tekstil PT. JOGJATEX, hanya diperlukan biaya pengangkutan dari lokasi pabrik ke lokasi pembuatan *pavingblock* yaitu sebesar Rp 45.000,- per rit truk ukuran  $4,5 \text{ m}^2$  untuk jarak  $\pm 8 \text{ km}$  (biaya angkut Rp 10.000,-/ $\text{m}^3$ ).
3. Harga bahan susun *pavingblock* pada saat penulisan adalah sebagai berikut :
  - a. Semen Nusantara kemasan 50 kg : Rp 21.000,- / sak
  - b. Pasir Krasak : Rp 24.000,- /  $\text{m}^3$

### 5.4.2 Pemeriksaan Bahan Susun

#### 5.4.2.1 Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)

Berat jenis agregat ialah rasio antara massa padat agregat dengan massa air pada volume yang sama dan bersuhu sama. Pada pelaksanaan pemeriksaan berat jenis pasir dilaksanakan dengan urutan langkah sebagai berikut ini.

1. Menyiapkan agregat halus (Pasir) dan timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.
2. Timbang pasir dengan berat = a gram.
3. Gelas ukur diisi air sebesar = b ml.
4. Gelas ukur diisi air dan pasir sebesar = c ml.
5. Dihitung volume pasir =  $c - b = d$  ml.
6. Dihitung berat jenis pasir =  $a / b$

Adapun hasil pemeriksaan berat jenis pasir di laboratorium adalah seperti tercantum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.1 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus (Pasir)

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Pasir	400 gr	400 gr
Gelas ukur + air	500 ml	500 ml
Gelas ukur + air + pasir	647 gr	653 gr
Berat jenis (Bj)	$\frac{400}{147} = 2,72 \text{ gr/cm}^3$	$\frac{400}{153} = 2,61 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis rata-rata (Bj rat)	$2,67 \text{ gr/cm}^3$	

#### 5.4.2.2 Berat Jenis Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*)

Limbah padat tekstil yang digunakan dalam penelitian ini dikeringkan dengan oven selama 24 jam, ditumbuk dan disaring dengan saringan ukuran # 4,75mm. Pemeriksaan berat jenis limbah dilaksanakan sebagai berikut.

1. *Picnometer* dibersihkan bagian luar dan dalamnya, kemudian ditimbang beserta tutupnya =  $W_1$  gram.
2. Masukkan sampel limbah yang akan diperiksa ke dalam *picnometer*, kemudian pada bagian luarnya dibersihkan lalu ditimbang beserta tutupnya =  $W_2$  gram.
3. Masukkan air ke dalam *picnometer* sampai sepertiga dari isinya.

4. Tambahkan air ke dalam *picnometer* sampai penuh dan ditutup. Bagian luar *picnometer* dikeringkan dengan kain kering.
5. *Picnometer* berisi limbah dan air ditimbang =  $W_3$  gram.
6. Kosongkan *picnometer* kemudian diisi air sampai penuh kemudian ditutup, bagian luarnya dikeringkan dan ditimbang =  $W_4$  gram.
7. Berat jenis *sludge* dihitung sesuai dengan perhitungan pada tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis *Sludge*

No	Macam Berat	Jumlah Berat (gram)
1	Berat <i>picnometer</i> kosong	$W_1$ 34,21 gr
2	Berat <i>picnometer</i> + <i>sludge</i> kering	$W_2$ 45,12 gr
3	Berat <i>picno</i> + <i>sludge</i> + air	$W_3$ 90,53 gr
4	Berat <i>picnometer</i> + air	$W_{14}$ 84,65 gr
5	Berat <i>sludge</i>	$W_t = W_2 - W_1$ 10,91 gr
		$A = W_t + W_1$ 95,56 gr
6	Volume <i>sludge</i>	$A - W_3$ 5,03 gr
7	Berat jenis <i>sludge</i>	$gs = \frac{W_t}{A - W_3}$ 2,169 gr/cc

#### 5.4.2.3 Analisis Gradasi Pasir (Modulus Halus Butir)

Analisis gradasi pasir mempunyai tujuan untuk menentukan gradasi dari agregat yang akan dipakai untuk perancangan campuran *pavingblock*, sehingga dapat ditentukan pada daerah gradasi tertentu di dalam ketentuan persyaratan gradasi yang dikehendaki. Adapun cara pelaksanaan analisis gradasi pasir adalah sebagai berikut :

1. menyiapkan agregat halus (pasir) yang akan diperiksa dalam keadaan kering dengan mengeringkan dalam *oven* pada suhu  $105^\circ$  C sampai beratnya tetap dengan lama pengeringan selama 24 jam.

2. ayakan bersusunan # 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm, dipasang pada mesin pengayak, dan masukkan pasir yang sudah kering *oven* ke dalam ayakan, kemudian mesin dijalankan  $\pm 5$  menit,
3. mesin pengayak dimatikan dan ayakan dilepas kemudian agregat yang tertinggal pada ayakan tersebut dipindah ke dalam wadah yang telah disediakan, dan
4. agregat dalam wadah tersebut kemudian ditimbang.

Dari hasil pengayakan didapatkan data hasil penimbangan untuk dihitung modulus halus butir (*Fineness Modulus*) yaitu suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Adapun hasil pemeriksaan analisis gradasi adalah sebagai berikut di bawah ini.

Tabel 5.3 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Komulatif (%)
4,75	0	0	0
2,36	149	7,45	7,45
1,18	397	19,85	27,30
0,60	589	29,45	56,75
0,30	429	21,45	78,20
0,15	278	13,90	92,10
Sisa	158	7,90	-
Jumlah	2.000	100	261,80
$\text{Modulus Halus Butir (mhb)} = \frac{261,80}{100} = 2,6180$			

#### 5.4.2.4 Berat Volume

Urutan pelaksanaan pemeriksaan berat volume pasir dan *sludge* berdasarkan panduan praktikum Bahan Konstruksi Teknik adalah sebagai berikut :

1. cetakan dihitung volume (V) dan ditimbang beratnya ( $W_1$ ),

2. masukkan bahan yang akan diperiksa ke dalam cetakan, dalam tiga lapis sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dalam tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
3. ratakan permukaan bahan yang akan diperiksa tadi dengan mistar perata.
4. bahan tersebut ditimbang beserta wadahnya ( $W_2$ ).
5. hitung berat bahan yang diperiksa  $W_3 = W_2 - W_1$ .
6. hitung berat volume bahan yang diperiksa tersebut  $BV = W_3 / V$ .

Hasil pemeriksaan berat volume pasir dan *sludge* adalah seperti terurai di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Pasir

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder ( $W_1$ )	3.213 gram	3.217 gram
Berat cetakan silinder + pasir ( $W_2$ )	5.754 gram	5.780 gram
Tinggi cetakan (t)	19.920 cm	19.943 cm
Diameter cetakan (d)	10.015 cm	10.045 cm
Volume silinder ( $V$ ) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	1.569.21 cm <sup>3</sup>	1.580.45 cm <sup>3</sup>
Berat volume pasir = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,6193 kg/m <sup>3</sup>	1,6217 kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Pasir Rata-Rata	1,6205 kg/m <sup>3</sup>	

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Berat Volume *Sludge*

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder ( $W_1$ )	3.209 gram	3.208 gram
Berat cetakan silinder + <i>sludge</i> ( $W_2$ )	4.864 gram	4.869 gram
Tinggi cetakan (t)	19.980 cm	19.960 cm
Diameter cetakan (d)	10.008 cm	10.010 cm
Volume silinder ( $V$ ) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$	1.571.73 cm <sup>3</sup>	1.570.79 cm <sup>3</sup>
Berat volume <i>sludge</i> = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,0530 kg/m <sup>3</sup>	1,0574 kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume <i>Sludge</i> Rata-Rata	1,0552 kg/m <sup>3</sup>	

### 5.4.3 Perancangan Campuran *Pavingblock*

Agar mendapatkan kekuatan sesuai dengan yang dikehendaki, maka campuran *pavingblock* harus terlebih dahulu dirancang. Perancangan campuran *pavingblock* juga bertujuan untuk memperoleh komposisi material secara tepat, baik proporsi semen, agregat halus (pasir) dan air dengan kuat desak yang diharapkan.

Dalam penelitian ini digunakan perancangan memakai metode *Dreux*. Menurut metode *Dreux*, adukan harus memenuhi kriteria kuat desaknya tidak kurang dari yang direncanakan, mudah dikerjakan, tahan lama (awet) dan murah (ekonomis). Adapun perancangan campuran *pavingblock* berdasarkan metode *Dreux* adalah seperti terurai berikut ini.

Data-data dari bahan yang digunakan untuk perencanaan campuran *pavingblock* adalah sebagai berikut dibawah ini.

- a. Mutu *pavingblock*  $f_c = 20 \text{ MPa} = 200 \text{ kg/cm}^2$ .
- b. Ukuran butir maksimum = 4,75 mm.
- c. Berat jenis pasir = 2,67  $\text{kg/cm}^3$ .
- d. Berat jenis semen = 3,15  $\text{kg/cm}^3$ .
- e. Kekuatan semen = 500  $\text{kg/cm}^2$ .
- f. Nilai slump diharapkan = 0 cm.

Adapun langkah-langkah perencanaan campuran *pavingblock* dengan data di atas adalah sebagai berikut :

1. Menentukan berat semen dalam 1  $\text{m}^3$  *pavingblock*

Jumlah benda uji  $n = 5$  buah  $\rightarrow k = 1,45$  (lihat tabel 3.3)

Dari tabel 3.2 standar deviasi  $\rightarrow Sd = 50 \text{ kg/cm}^2$

Maka  $S_d$  terkoreksi =  $S_d \times k = 50 \times 1,45 = 71,5 \text{ kg/cm}^2$

$$f'_{cr} = f'_c + 1,64 \cdot S_d$$

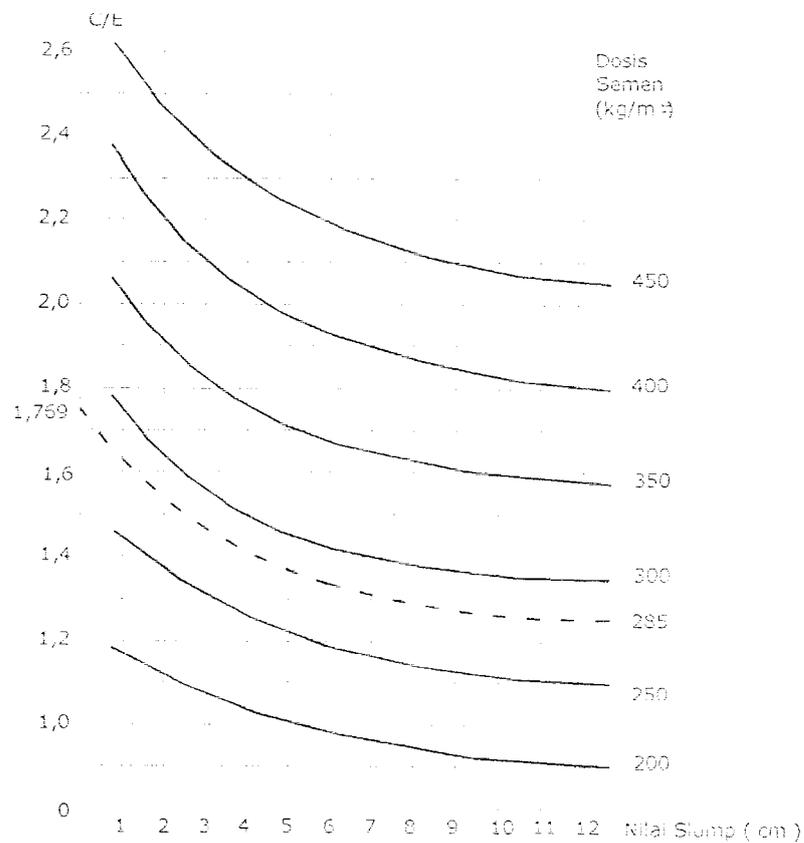
$$= 200 + 1,64 \cdot 71,5 = 317,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = G \cdot f'_{ce} (C/E - 0,5)$$

$$\frac{C}{E} = \frac{f'_{cr}}{G \cdot f'_{ce}} + 0,5 = \frac{317,26}{0,5 \cdot 500} + 0,5 = 1,769$$

Jumlah semen  $C = 285 \text{ kg}$  (lihat gambar 5.1 di bawah ini)

Jumlah air  $E = 285 \cdot 1,769 = 161,1 \text{ liter}$ .



D (mm)	5	10	16	25	40	63	100
Koreksi E 1%	15	9	4	0	-4	-8	-12

Gambar 5.2 Kurva Dosis Semen dan Hasil Perhitungan

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton, Lab. Struktur dan Bahan, FTSP-ITB-1993

## 2. Menentukan kurva patokan

$X_a$ , merupakan absis yang dinyatakan dengan besarnya diameter agregat terbesar, dengan ketentuan sebagai berikut :

Jika diameter ( $D$ ) = 25 mm, maka  $X_a = \frac{1}{2} D$  ( $4,75/2 = 2,375$  mm) dan jika diameter ( $D$ )  $\geq 25$  mm, maka  $X_a$  diambil tengah-tengah antara  $\phi = 5$  mm dan  $\phi = D$  mm.

$X_a$  diambil sama dengan  $\frac{1}{2} D$  ( $4,75/2 = 2,375$  mm)

$Y_a$ , merupakan ordinat dalam satuan %

$$Y = 50 - D - K - K_s$$

Dimana  $K = 3,8$  (diambil dari tabel 3.5 setelah diinterpolasi)

$$M_{hb} = 2,618 \rightarrow M_{hb} \approx 2,5 \text{ maka}$$

$$K_s = (6 \times M_{hb}) - 15$$

$$= (6 \times 2,61) - 15$$

$$= 0,66$$

$$Y_a = 50 - \sqrt{4,75} + 3,75 + 0,66$$

$$= 52,28 \%$$

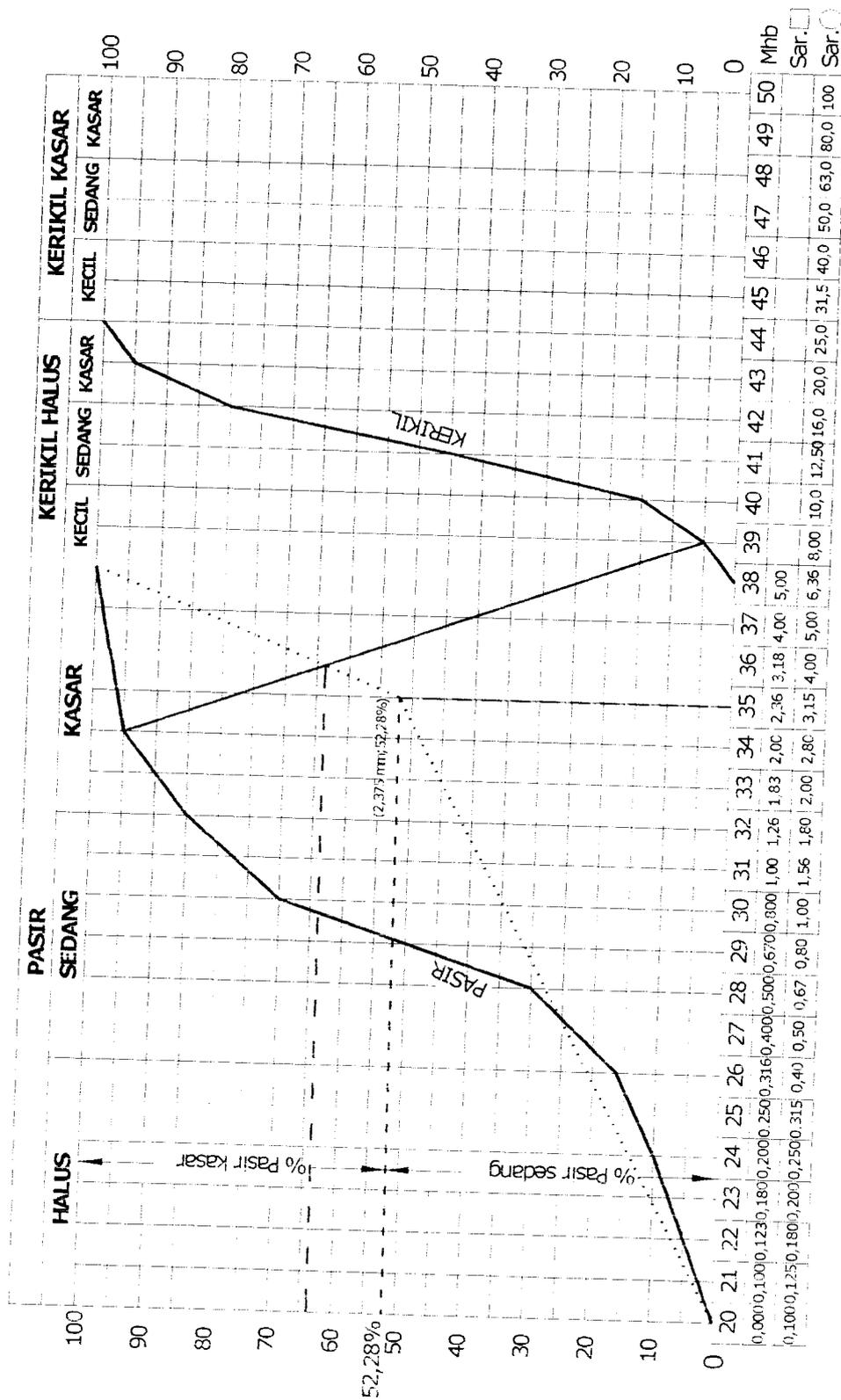
Didapat koordinat titik patah A (2,375 ; 52,28 %) dan kurva dapat digambarkan seperti terlihat dalam gambar 5.3 pada lembar berikut ini.

## 3. Menentukan perbandingan butiran halus

Butiran berasal dari pasir alam yang tidak diolah, maka didapat :

- pasir sedang = 64 %

- pasir kasar = 36 %



Gambar 5.3 Analisis Granulometri (Saringan) dari Butiran Agregat

#### 4. Menentukan koefisien kekompakan

Untuk menentukan koefisien kekompakan ( $\gamma$ ) didasarkan pada kekentalan campuran *pavingblock*, pemadatan dan macam butiran yang dipakai.

Dari tabel 3.5 didapat koefisien kekompakan  $\gamma = 0,780$ .

Nilai-nilai pada tabel ini berdasarkan jumlah semen  $350 \text{ kg/m}^3$ , sehingga bila jumlah semen  $C \neq 350 \text{ kg/m}^3$  maka nilai  $\gamma$  yang terdapat pada tabel 3.6 harus dikoreksi sebesar  $\delta = (C - 350) / 5000 = (255 - 350) / 5000 = -0,019$

Maka  $\rightarrow \gamma_k = \gamma + \delta = 0,780 + (-0,019) = 0,761$

#### 5. Menentukan berat semen, pasir dan air tiap $1 \text{ m}^3$ *pavingblock*.

$\gamma_k = 0,761$  berarti volume absolut bahan butiran ditambah volume absolut semen adalah  $= 761$  liter per  $\text{m}^3$  campuran *pavingblock*.

Volume absolut semen  $= 285 \text{ kg/m}^3 = 285/3,15 = 90,48$  liter per- $\text{m}^3$  *pavingblock*.

Volume absolut pasir (pasir sedang dan kasar)  $= (761 - 90,48)$   
 $= 670,52$  liter per  $\text{m}^3$  *pavingblock*.

Volume absolut pasir sedang  $= 64 \% \times 670,48 = 429,10$  liter per  $\text{m}^3$  *pavingblock*.

Volume absolut pasir kasar  $= 36 \% \times 670,48 = 241,38$  liter per  $\text{m}^3$  *pavingblock*.

Maka komposisi perbandingan campuran *pavingblock* berdasarkan volume absolut adalah :

PC : Pasir  $= 90,48 : 670,48 \approx 1 : 7,5$

PC : pasir sedang : pasir kasar  $= 90,48 : 429,10 : 241,38$

$\approx 1 : 4,75 : 2,75$

Komposisi campuran *pavingblock* per  $\text{m}^3$  dalam berat masing-masing bahan adalah sebagai berikut :

- a. Semen : C = 285 kg/m<sup>3</sup>.
- b. Air : E = 161,10 liter/m<sup>3</sup>
- c. Pasir sedang : Ps = 429,10 • 2,67 = 1.145,70 kg/m<sup>3</sup>
- d. Pasir kasar : Pk = 241,38 • 2,67 = 644,50 kg/m<sup>3</sup>

#### 5.4.4 Perencanaan Variasi Komposisi Campuran *Pavingblock*

Untuk mengetahui pengaruh komposisi limbah padat industri tekstil pada *pavingblock*, maka jumlah limbah padat industri tekstil dalam campuran dibuat bervariasi dengan pengganti semen sebesar 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % (variasi jumlah *sludge* bertingkat 5%), sedang variasi pengganti pasir sebesar 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dan 50 % (variasi jumlah *sludge* bertingkat 10%).

Agar lebih tepat dan akurat dalam penelitian, komposisi variasi dibuat dengan perbandingan berat. Perbandingan variasi komposisi bahan susun direncanakan seperti tercantum dalam tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Variasi Komposisi Bahan Susun Benda Uji *Pavingblock*

Kode Variasi	Perbandingan Bahan Susun Benda Uji <i>Pavingblock</i> (%)							
	Semen		Pasir Sedang		Pasir Kasar		Air	
	PC	<i>Sludge</i>	Pasir	<i>Sludge</i>	Pasir	<i>Sludge</i>		
I	A	100	0	100	0	100	0	100
	B	95	5	100	0	100	0	100
	C	90	10	100	0	100	0	100
	D	85	15	100	0	100	0	100
	E	80	20	100	0	100	0	100
II	A	100	0	90	10	90	10	100
	B	100	0	80	20	80	20	100
	C	100	0	70	30	70	30	100
	D	100	0	60	40	60	40	100
	E	100	0	50	50	50	50	100

Tabel 5.7 Variasi Komposisi Jumlah Benda Uji *Pavingblock*

Kode Variasi	Jumlah Benda Uji <i>Pavingblock</i> untuk Pengujian (Buah)				Daya Serap Air	Jumlah Benda Uji <i>Pavingblock</i> per Variasi (Buah)
	Kuat Desak Umur					
	7 Hari	14 Hari	28 Hari			
I	A	5	5	5	5	20
	B	5	5	5	5	20
	C	5	5	5	5	20
	D	5	5	5	5	20
	E	5	5	5	5	20
II	A	5	5	5	5	20
	B	5	5	5	5	20
	C	5	5	5	5	20
	D	5	5	5	5	20
	E	5	5	5	5	20
Total	50	50	50	50	200	

Karena variasi IA sebagai pembanding variasi lainnya maka acuan komposisi berat adalah komposisi berat variasi IA dengan kebutuhan berat seperti terurai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Volume pavingblock } V &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 0,2 \times 0,1 \times 0,06 = 0,0012 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan bahan susun per unit *pavingblock* variasi IA adalah sebagai berikut :

- Semen =  $285 \times 0,0012 = 0,3420 \text{ kg}$ .
- Air =  $161,10 \times 0,0012 = 193 \text{ ml}$ .
- Pasir Sedang =  $1.145,70 \times 0,0012 = 1,3748 \text{ kg}$ .
- Pasir Kasar =  $644,50 \times 0,0012 = 0,7734 \text{ kg}$ .

Untuk lebih lengkapnya kebutuhan bahan susun benda uji *pavingblock* dapat dilihat pada tabel 5.8 lembar berikut ini.

Tabel 5.8 Kebutuhan Bahan Susun Benda Uji Pavingblock

Kode Variasi	Kebutuhan Bahan Susun per Unit Pavingblock						Jumlah Benda Uji per Variasi (Buah)	Kebutuhan Bahan per Variasi (kg)								
	Semen (kg)		Pasir Sedang (kg)		Pasir Kasar (kg)			Air (ml)		Semen (kg)		Pasir Sedang (kg)		Pasir Kasar (kg)		Air (liter)
	PC	Sludge	Pasir	Sludge	Pasir	Sludge		Air	PC	Sludge	Pasir	Sludge	Pasir	Sludge		
I	A	0.3420	0	1.3748	0	0.7734	0	193	20	6.8400	0	27.4960	0	15.4680	0	3.8600
	B	0.3249	0.0171	1.3748	0	0.7734	0	193	20	6.4980	0.3420	27.4960	0	15.4680	0	3.8600
	C	0.3078	0.0342	1.3748	0	0.7734	0	193	20	6.1560	0.6840	27.4960	0	15.4680	0	3.8600
	D	0.2907	0.0513	1.3748	0	0.7734	0	193	20	5.8140	1.0260	27.4960	0	15.4680	0	3.8600
	E	0.2736	0.0684	1.3748	0	0.7734	0	193	20	5.4720	1.3680	27.4960	0	15.4680	0	3.8600
II	A	0.3420	0	1.2373	0.1375	0.6961	0.0773	193	20	6.8400	0	24.7464	2.7496	13.9212	1.5468	3.8600
	B	0.3420	0	1.0998	0.2750	0.6187	0.1547	193	20	6.8400	0	21.9968	5.4992	12.3744	3.0936	3.8600
	C	0.3420	0	0.9624	0.4124	0.5414	0.2320	193	20	6.8400	0	19.2472	8.2488	10.8276	4.6404	3.8600
	D	0.3420	0	0.8249	0.5499	0.4640	0.3094	193	20	6.8400	0	16.4976	10.9984	9.2808	6.1872	3.8600
	E	0.3420	0	0.6874	0.6874	0.3867	0.3867	193	20	6.8400	0	13.7480	13.7480	7.7340	7.7340	3.8600
Sub Jumlah	3.2490	0.1710	11.6858	2.0622	6.5739	1.1601	1930	200	64.9800	3.4200	233.7160	41.2440	131.4780	23.2020	34.7400	
Jumlah Total Kebutuhan Semen (kg)																64.9800
Jumlah Total Kebutuhan Sludge (kg)																67.8660
Jumlah Total Kebutuhan Pasir Sedang (kg)																233.7160
Jumlah Total Kebutuhan Pasir Kasar (kg)																131.4780
Jumlah Total Kebutuhan Air (Liter)																34.7400

### 5.4.5 Pembuatan Benda Uji

#### 5.4.5.1 Proses Pembuatan Benda Uji

Benda uji *pavingblock* berbentuk bata ukuran  $10 \times 20 \times 6 \text{ cm}^3$ . Pembuatan benda uji *pavingblock* dilaksanakan di Merapi *Conblock*, Jl. Kaliurang km 7,5 Dayu, Yogyakarta. Agar pembuatan benda uji lancar, sebelumnya perlu dilakukan persiapan yang meliputi :

- a. bahan susun ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan,
- b. alat pembuat *pavingblock* dipersiapkan, dan
- c. persiapan pencatatan pembuatan benda uji.

Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah seperti diuraikan di bawah ini.

1. Bahan susun yang sudah disiapkan ditimbang beratnya sesuai dengan variasinya, kemudian dimasukkan ke dalam talam baja dan diaduk dalam kondisi kering dengan cetok sampai adukan homogen.
2. Adukan ditambahkan air, kemudian diaduk lagi sampai rata.
3. Adukan dimasukkan dalam cetakan sedikit demi sedikit sampai cetakan penuh. Setelah penuh adukan dipadatkan menggunakan plat baja dengan cara ditumbuk hingga padat ( $\pm 10$  kali tumbukan).
4. Cara melepaskan adukan dari cetakan *pavingblock* yaitu alas dari cetakan diberi alas tegel, kemudian cetakan dibalik dan ditekan hingga adukan yang sudah berbentuk *pavingblock* keluar. Maksud digunakannya alas cetakan oleh tegel tersebut selain berfungsi sebagai alas *pavingblock* juga untuk menghindarkan agar tidak terjadi retak pada *pavingblock* akibat tidak lurusnya alas.

#### **5.4.5.2 Perawatan Benda Uji**

Setelah adukan berbentuk *pavingblock* dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan. Perawatan *pavingblock* adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan *pavingblock* segar selalu lembab, sejak adukan dipadatkan sampai *pavingblock* dianggap cukup keras.

Kelembaban permukaan *pavingblock* harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan pasir) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi *pavingblock* yang kurang kuat, dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembaban permukaan tadi juga menambah *pavingblock* lebih tahan cuaca dan lebih kedap air. Pada penelitian ini dilakukan perawatan *pavingblock* dengan cara sebagai berikut :

- a. setelah pencetakan *pavingblock* segar ditaruh di dalam ruangan yang lembab,
- b. setelah umur 3 hari dibuat, benda uji diselimuti dengan karung basah, dan
- c. menyirami permukaan benda uji *pavingblock* dengan air.

#### **5.4.6 Pelaksanaan Pengujian**

##### **5.4.6.1 Pengujian Kuat Desak *Pavingblock***

Nilai kuat desak *pavingblock* didapat melalui pengujian yang menggunakan mesin uji desak merk *Control – Milano – Italia* dengan kapasitas 30 ton dengan cara memberi beban desak bertingkat dengan kecepatan peningkatan pada beban tertentu atas benda uji hingga hancur. Sebagai standar kekuatan *pavingblock* dipakai kuat desak *pavingblock* variasi IA umur 28 hari.

Langkah-langkah pengujian kuat desak *pavingblock* adalah seperti terurai di bawah ini.

1. Benda uji yang telah memenuhi umur pengujian, kemudian diambil dan diletakkan pada mesin desak secara sentris,
2. Mesin dihidupkan dengan penambahan beban yang konstan sebesar 2–4 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dilakukan pencatatan beban maksimum yang terjadi.

#### **5.4.6.2 Pengujian Daya Serap Air**

Pelaksanaan pengujian daya serap air dilakukan setelah *pavingblock* mengalami rawatan. Banyaknya benda uji sejumlah 5 buah untuk masing-masing variasi dan diambil nilai rata-rata.

Tahapan pelaksanaannya ialah sebagai berikut :

1. Setelah pencetakan *pavingblock* didiamkan selama 3 x 24 jam.
2. Pada hari ke 4 benda uji direndam hingga umur 27 hari.
3. Setelah perendaman benda uji tersebut ditimbang guna diketahui berat basahnya (Wb) dan dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 105°C.
4. Tepat pada hari ke 28 benda uji tersebut dikeluarkan dari oven dan ditimbang guna mengetahui berat keringnya (Wk).

Setelah diketahui berat basah dan berat kering benda uji dilakukan penghitungan daya serap air.

#### 5.4.6.3 Pemeriksaan Berat Satuan

Pengujian berat satuan *pavingblock* dilakukan dengan pengujian pada semua benda uji *pavingblock*. Pemeriksaan berat satuan dilakukan dengan menimbang berat benda uji dan menghitung volumenya dengan mengukur ke tiga sisinya. Setelah diketahui berat dan volume benda uji *pavingblock*, dilakukan penghitungan berat satuan.

## **BAB VI**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium, dibawah ini akan disajikan hasil penelitian berupa data dan grafik kuat desak umur 7, 14 dan 28 hari, daya serap air, berat satuan baik pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti semen maupun sebagai pengganti pasir. Dengan data-data hasil penelitian tersebut dilakukan analisis dan pembahasannya. Analisis hasil penelitian berdasarkan prinsip statistik dan probabilitas dengan dasar SII 0819–88. Karena keterbatasan peralatan pengujian, penelitian ini hanya mencakup pengujian kuat desak dan daya serap air.

Pada *pavingblock* yang telah lulus persyaratan SII 0819–88, dilakukan analisis dan pembahasan ekonomis komersial untuk mengetahui kelayakan pemasaran untuk tahap produksi massal yang dititikberatkan pada bentuk fisik. Pembahasan ekonomis dititikberatkan terhadap biaya bahan baku dalam rangka menekan biaya produksi terutama biaya bahan baku.

#### **6.1 Hasil Penelitian**

Berikut ini akan disajikan data hasil pemeriksaan dan pengujian benda uji *pavingblock* yang disajikan dalam bentuk tabel-tabel sebagai berikut ini.

Tabel 6.1 Hasil Uji Kuat Desak dan Berat Satuan *Pavingblock* Umur 7 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IA	71	20.12	10.10	5.82	203.2120	1182.694	2.445	2.0673	500	250.9163
	72	20.14	10.08	5.99	203.0112	1216.037	2.496	2.0526	525	263.7227
	73	20.15	10.08	5.82	203.1120	1182.112	2.444	2.0675	480	240.9982
	74	20.12	10.08	5.94	202.8096	1204.689	2.481	2.0595	540	271.5273
	75	20.12	10.07	5.87	202.6084	1189.311	2.451	2.0609	510	256.6971
	Sub Jumlah				1014.7532	5974.843	12.317	10.3077	2555	1283.8615
	Rata-Rata (Mean = m)				202.9506	1194.969	2.4634	2.0615	511	256.7723
	Standar Deviasi (Sd)				0.2424	14.8857	0.0237	0.0062	23.022	11.7168
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1194	1.2457	0.9609	0.3010	4.505	4.5631
	Kuat Desak Karakteristik				229.2940					
IB	71	20.17	10.08	5.77	203.3136	1173.119	2.415	2.0586	510	255.8067
	72	20.16	10.10	5.78	203.6160	1176.900	2.418	2.0545	490	245.4101
	73	20.15	10.10	5.79	203.5150	1178.352	2.411	2.0461	550	275.5970
	74	20.16	10.08	5.78	203.2128	1174.570	2.394	2.0382	520	260.9519
	75	20.16	10.08	5.79	203.2128	1176.602	2.413	2.0508	530	265.9702
	Sub Jumlah				1016.8702	5879.544	12.051	10.2483	2600	1303.7359
	Rata-Rata (Mean = m)				203.3740	1175.909	2.4102	2.0497	520	260.7472
	Standar Deviasi (Sd)				0.1831	2.0619	0.0094	0.0079	22.361	11.2636
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0900	0.1753	0.3908	0.3855	4.300	4.3197
	Kuat Desak Karakteristik				234.3318					
IC	71	20.10	10.13	5.82	203.6130	1185.028	2.445	2.0632	450	225.3799
	72	20.17	10.11	5.81	203.9187	1184.768	2.363	1.9945	470	235.0439
	73	20.16	10.09	5.73	203.4144	1165.565	2.400	2.0591	430	215.5733
	74	20.15	10.08	5.82	203.1120	1182.112	2.370	2.0049	420	210.8734
	75	20.16	10.07	5.75	203.0112	1167.314	2.366	2.0269	415	208.4665
	Sub Jumlah				1017.0693	5884.786	11.944	10.1486	2185	1095.3371
	Rata-Rata (Mean = m)				203.4139	1176.957	2.3888	2.0297	437	219.0674
	Standar Deviasi (Sd)				0.3701	9.6887	0.0347	0.0310	22.804	11.0321
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1819	0.8232	1.4536	1.5290	5.218	5.0359
	Kuat Desak Karakteristik				193.19508					
ID	71	20.15	10.1	5.77	202.9105	1170.794	2.356	2.0123	380	190.9797
	72	20.14	10.1	5.81	202.8098	1178.325	2.374	2.0147	330	165.9332
	73	20.17	10.1	5.75	203.1119	1167.893	2.351	2.0130	350	175.7280
	74	20.13	10.1	5.76	202.7091	1167.604	2.352	2.0144	290	145.8925
	75	20.13	10.1	5.78	202.9104	1172.822	2.362	2.0139	325	163.3380
	Sub Jumlah				1014.4517	5857.438	11.795	10.0684	1675	841.8714
	Rata-Rata (Mean = m)				202.8903	1171.488	2.3590	2.0137	335	168.3743
	Standar Deviasi (Sd)				0.1494	4.3877	0.0094	0.0010	33.166	16.5970
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0736	0.3745	0.3999	0.0494	9.900	9.8572
	Kuat Desak Karakteristik				129.4511					

7 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IE	71	20.11	10.1	5.76	202.1055	1164.128	2.289	1.9663	260	131.1908
	72	20.12	10.1	5.73	202.8096	1162.099	2.294	1.9740	270	135.7636
	73	20.13	10.1	5.80	202.7091	1175.713	2.405	2.0456	228	114.7017
	74	20.12	10.1	5.77	202.6084	1169.050	2.342	2.0033	213	107.2088
	75	20.13	10.1	5.77	203.7156	1175.439	2.400	2.0418	227	113.6344
	Sub Jumlah				1013.9482	5846.429	11.730	10.0310	1198	602.4993
	Rata-Rata (Mean = m)				202.7896	1169.286	2.346	2.0062	239.6	120.4999
	Standar Deviasi (Sd)				0.5842	6.2745	0.0556	0.0369	24.193	12.2952
	Koefisien Variasi (kv) %				0.2881	0.5366	2.3700	1.8406	10.097	10.2035
	Kuat Desak Karakteristik				91.66528					
IIA	71	20.15	10.08	5.74	203.1120	1165.863	2.261	1.9393	245	123.0095
	72	20.14	10.08	5.71	203.0112	1159.194	2.322	2.0031	272	136.6335
	73	20.14	10.07	5.71	202.8098	1158.044	2.254	1.9464	267	134.2550
	74	20.14	10.06	5.73	202.6084	1160.946	2.323	2.0010	320	161.0648
	75	20.13	10.08	5.74	202.9104	1164.706	2.278	1.9559	270	135.6962
	Sub Jumlah				1014.4518	5808.753	11.438	9.8457	1374	690.6590
	Rata-Rata (Mean = m)				202.8904	1161.751	2.2876	1.9691	274.8	138.1318
	Standar Deviasi (Sd)				0.1937	3.4120	0.0330	0.0306	27.490	13.9447
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0955	0.2937	1.4441	1.5547	10.004	10.0952
	Kuat Desak Karakteristik				105.4288					
IIB	71	20.13	10.06	5.76	202.5078	1166.445	2.170	1.8604	155	78.0545
	72	20.13	10.07	5.73	202.7091	1161.523	2.163	1.8622	158	79.4863
	73	20.13	10.08	5.76	202.9104	1168.764	2.181	1.8661	165	82.9254
	74	20.14	10.08	5.74	203.0112	1165.284	2.237	1.9197	193	96.9495
	75	20.14	10.06	5.74	202.6084	1162.972	2.204	1.8951	185	93.1156
	Sub Jumlah				1013.7469	5824.988	10.955	9.4035	856	430.5313
	Rata-Rata (Mean = m)				202.7494	1164.998	2.1910	1.8807	171.2	86.1063
	Standar Deviasi (Sd)				0.2088	2.8520	0.0300	0.0260	16.888	8.4481
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1030	0.2448	1.3711	1.3814	9.864	9.8112
	Kuat Desak Karakteristik				66.2939					
IIC	71	20.14	10.05	5.78	202.4070	1169.912	2.092	1.7882	117	58.9479
	72	20.12	10.06	5.76	202.4072	1165.865	2.142	1.8373	120	60.4594
	73	20.12	10.06	5.85	202.4072	1184.082	2.116	1.7870	123	61.9708
	74	20.10	10.06	5.74	202.2060	1160.662	2.101	1.8102	125	63.0412
	75	20.13	10.07	5.76	202.7091	1167.604	2.075	1.7771	115	57.8539
	Sub Jumlah				1012.1365	5848.127	10.526	8.9998	600	302.2732
	Rata-Rata (Mean = m)				202.4273	1169.625	2.1052	1.8000	120	60.4546
	Standar Deviasi (Sd)				0.1800	8.7698	0.0254	0.0241	4.123	2.1227
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0889	0.7498	1.2052	1.3387	3.436	3.5112
	Kuat Desak Karakteristik				55.4766					

7 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IID	71	20.13	10.06	5.78	202.5078	1170.495	1.999	1.7078	80	40.2862
	72	20.11	10.05	5.78	202.1055	1168.170	2.050	1.7549	76	38.3481
	73	20.13	10.05	5.76	202.3065	1165.285	1.999	1.7155	90	45.3671
	74	20.12	10.07	5.76	202.6084	1167.024	2.045	1.7523	87	43.7895
	75	20.12	10.06	5.79	202.4072	1171.938	2.073	1.7689	93	46.8560
	Sub Jumlah				1011.9354	5842.912	10.166	8.6994	426	214.6469
	Rata-Rata (Mean = m)				202.3871	1168.582	2.0332	1.7399	85.2	42.9294
	Standar Deviasi (Sd)				0.1935	2.6638	0.0330	0.0267	7.050	3.5382
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0956	0.2280	1.6210	1.5325	8.274	8.2419
	Kuat Desak Karakteristik				34.6316					
IIE	71	20.10	10.05	5.78	202.0050	1167.589	1.953	1.6727	65	32.8140
	72	20.08	10.05	5.80	201.8040	1170.463	1.977	1.6891	58	29.3094
	73	20.10	10.05	5.83	202.0050	1177.689	2.001	1.6991	68	34.3285
	74	20.10	10.06	5.78	202.2060	1168.751	1.990	1.7027	60	30.2598
	75	20.10	10.06	5.79	202.2060	1170.773	2.002	1.7100	65	32.7814
	Sub Jumlah				1010.2260	5855.265	9.923	8.4735	316	159.4931
	Rata-Rata (Mean = m)				202.0452	1171.053	1.9846	1.6947	63.2	31.8986
	Standar Deviasi (Sd)				0.1682	3.9296	0.0204	0.0144	4.087	2.0562
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0832	0.3356	1.0256	0.8515	6.466	6.4460
	Kuat Desak Karakteristik				27.0764					

Tabel 6.2 Hasil Uji Kuat Desak dan Berat Satuan *Pavingblock* Umur 14 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IA	141	20.12	10.07	5.80	202.6084	1175.129	2.440	2.0764	560	281.8635
	142	20.12	10.05	5.78	202.2060	1168.751	2.402	2.0552	505	254.6863
	143	20.12	10.06	5.83	202.4072	1180.034	2.457	2.0821	605	304.8159
	144	20.13	10.07	5.83	202.7091	1181.794	2.459	2.0807	575	289.2696
	145	20.13	10.08	5.82	202.9104	1180.939	2.458	2.0814	560	281.4439
	Sub Jumlah				1012.8411	5886.646	12.216	10.3758	2805	1412.0792
	Rata-Rata (Mean = m)				202.5682	1177.329	2.4432	2.0752	561	282.4158
	Standar Deviasi (Sd)				0.2719	5.4477	0.0243	0.0114	36.297	18.1584
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1342	0.4627	0.9956	0.5490	6.4701	6.4297
	Kuat Desak Karakteristik				239.8307					

14 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IB	141	20.09	10.06	5.74	202.1054	1160.085	2.384	2.0550	575	290.1337
	142	20.10	10.09	5.76	202.8090	1168.180	2.438	2.0870	580	291.6413
	143	20.06	10.08	5.74	202.2048	1160.656	2.400	2.0678	620	312.6860
	144	20.08	10.08	5.74	202.4064	1161.813	2.402	2.0675	590	297.2597
	145	20.10	10.06	5.71	202.2060	1154.596	2.367	2.0501	540	272.3378
	Sub Jumlah				1011.7316	5805.329	11.991	10.3274	2905	1464.0584
	Rata-Rata (Mean = m)				202.3463	1161.066	2.3982	2.0655	581	292.8117
	Standar Deviasi (Sd)				0.2808	4.8516	0.0263	0.0143	28.810	14.5129
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1388	0.4179	1.0986	0.6930	4.9586	4.9564
	Kuat Desak Karakteristik				258.7761					
IC	141	20.09	10.06	5.78	202.1054	1168.169	2.401	2.0554	510	257.3359
	142	20.08	10.08	5.74	202.4064	1161.813	2.390	2.0571	460	231.7618
	143	20.10	10.09	5.73	202.8090	1162.096	2.359	2.0300	460	231.3017
	144	20.08	10.06	5.79	202.0048	1169.608	2.383	2.0374	450	227.1742
	145	20.10	10.07	5.74	202.4070	1161.816	2.430	2.0916	495	249.3951
	Sub Jumlah				1011.7326	5823.501	11.963	10.2714	2375	1196.9687
	Rata-Rata (Mean = m)				202.3465	1164.700	2.3926	2.0543	475	239.3937
	Standar Deviasi (Sd)				0.3147	3.8587	0.0260	0.0238	25.981	13.1814
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1555	0.3313	1.0853	1.1607	5.4696	5.5061
	Kuat Desak Karakteristik				208.4808					
ID	141	20.10	10.1	5.79	202.2060	1170.773	2.371	2.0252	380	191.6451
	142	20.10	10.1	5.76	202.6080	1167.022	2.368	2.0291	420	211.3980
	143	20.10	10.1	5.78	202.6080	1171.074	2.379	2.0315	390	196.2982
	144	20.09	10.1	5.74	202.5072	1162.391	2.364	2.0337	440	221.5748
	145	20.09	10.1	5.78	202.5072	1170.492	2.373	2.0274	460	231.6464
	Sub Jumlah				1012.4364	5841.752	11.855	10.1468	2090	1052.5625
	Rata-Rata (Mean = m)				202.4873	1168.350	2.371	2.0294	418	210.5125
	Standar Deviasi (Sd)				0.1651	3.7130	0.0056	0.0034	33.466	16.7916
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0815	0.3178	0.2367	0.1660	8.0063	7.9765
	Kuat Desak Karakteristik				171.1329					
IE	141	20.10	10.1	5.77	202.4070	1167.888	2.346	2.0088	345	173.8208
	142	20.08	10.1	5.73	202.0048	1157.488	2.352	2.0320	350	176.6910
	143	20.09	10.1	5.78	202.1054	1168.169	2.342	2.0048	342	172.5665
	144	20.10	10.1	5.74	202.6080	1162.970	2.350	2.0207	346	174.1517
	145	20.10	10.1	5.76	202.6080	1167.022	2.351	2.0145	350	176.1650
	Sub Jumlah				1011.7332	5823.537	11.741	10.0808	1733	873.3950
	Rata-Rata (Mean = m)				202.3466	1164.707	2.3482	2.0162	346.6	174.6790
	Standar Deviasi (Sd)				0.2808	4.5444	0.0041	0.0107	3.435	1.7127
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1388	0.3902	0.1766	0.5299	0.9911	0.9805
	Kuat Desak Karakteristik				170.6623					

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	14 Hari
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IIA	141	20.13	10.09	5.74	203.1117	1165.861	2.279	1.9548	325	163.1761
	142	20.12	10.08	5.82	202.8096	1180.352	2.310	1.9570	298	149.8428
	143	20.13	10.07	5.76	202.7091	1167.604	2.285	1.9570	315	158.4694
	144	20.13	10.05	5.77	202.3065	1167.309	2.265	1.9404	295	148.7032
	145	20.13	10.06	5.74	202.5078	1162.395	2.292	1.9718	345	173.7343
	Sub Jumlah				1013.4447	5843.521	11.431	9.7810	1578	793.9259
	Rata-Rata (Mean = m)				202.6889	1168.704	2.2862	1.9562	315.6	158.7852
	Standar Deviasi (Sd)				0.3053	6.8322	0.0166	0.0112	20.538	10.3013
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1506	0.5846	0.7263	0.5700	6.5075	6.4876
	Kuat Desak Karakteristik				134.6266					
IIB	141	20.14	10.07	5.77	202.8098	1170.213	2.223	1.8997	215	108.1080
	142	20.13	10.07	5.74	202.7091	1163.550	2.230	1.9165	217	109.1678
	143	20.13	10.07	5.77	202.7091	1169.632	2.230	1.9066	220	110.6771
	144	20.14	10.08	5.80	203.0112	1177.465	2.256	1.9160	235	118.0473
	145	20.13	10.07	5.77	202.7091	1169.632	2.237	1.9126	213	107.1555
	Sub Jumlah				1013.9483	5850.491	11.176	9.5513	1100	553.1557
	Rata-Rata (Mean = m)				202.7897	1170.098	2.2352	1.9103	220	110.6311
	Standar Deviasi (Sd)				0.1313	4.9395	0.0126	0.0071	8.775	4.3471
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0647	0.4221	0.5654	0.3735	3.9886	3.9294
	Kuat Desak Karakteristik				100.4363					
IIC	141	20.12	10.05	5.76	202.2060	1164.707	2.134	1.8322	145	73.1277
	142	20.13	10.07	5.79	202.7091	1173.686	2.138	1.8216	140	70.4309
	143	20.13	10.09	5.78	203.1117	1173.986	2.130	1.8143	145	72.8017
	144	20.12	10.07	5.78	202.6084	1171.077	2.122	1.8120	145	72.9825
	145	20.12	10.05	5.77	202.2060	1166.729	2.130	1.8256	157	79.1797
	Sub Jumlah				1012.8412	5850.183	10.654	9.1058	732	368.5224
	Rata-Rata (Mean = m)				202.5682	1170.037	2.1308	1.8212	146.4	73.7045
	Standar Deviasi (Sd)				0.3805	4.1637	0.0059	0.0083	6.309	3.2544
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1879	0.3559	0.2784	0.4535	4.3092	4.4154
	Kuat Desak Karakteristik				66.0724					
IID	141	20.05	10.04	5.71	201.3020	1149.434	2.085	1.8139	120	60.7913
	142	20.07	10.05	5.78	201.7035	1165.846	2.048	1.7567	103	52.0753
	143	20.10	10.07	5.76	202.4070	1165.864	2.048	1.7566	105	52.9020
	144	20.07	10.05	5.80	201.7035	1169.880	2.007	1.7156	100	50.5586
	145	20.08	10.03	5.77	201.4024	1162.092	2.012	1.7314	95	48.1024
	Sub Jumlah				1008.5184	5813.117	10.200	8.7742	523	264.4296
	Rata-Rata (Mean = m)				201.7037	1162.623	2.040	1.7548	104.6	52.8859
	Standar Deviasi (Sd)				0.4321	7.8706	0.0317	0.0374	9.397	4.7815
	Koefisien Variasi (kv) %				0.2142	0.6770	1.5552	2.1309	8.9836	9.0411
	Kuat Desak Karakteristik				41.6724					

14 hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IIE	141	20.09	10.02	5.78	201.3018	1163.524	2.030	1.7447	100	50.6595
	142	20.10	10.06	5.79	202.2060	1170.773	2.000	1.7083	87	43.8766
	143	20.06	10.04	5.76	201.4024	1160.078	1.981	1.7076	85	43.0390
	144	20.08	10.09	5.80	202.6072	1175.122	2.008	1.7088	83	41.7764
	145	20.08	10.06	5.78	202.0048	1167.588	1.986	1.7009	85	42.9107
	Sub Jumlah				1009.5222	5837.084	10.005	8.5703	440	222.2623
	Rata-Rata (Mean = m)				201.9044	1167.417	2.001	1.7141	88	44.4525
	Standar Deviasi (Sd)				0.5500	5.9091	0.0195	0.0174	6.856	3.5494
	Koefisien Variasi (kv) %				0.2724	0.5062	0.9729	1.0162	7.7905	7.9848
	Kuat Desak Karakteristik				36.1283					

Tabel 6.3 Hasil Uji Kuat Desak dan Berat Satuan *Pavingblock* Umur 28 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IA	281	20.12	10.08	5.82	202.8096	1180.352	2.444	2.0706	620	311.7535
	282	20.11	10.08	5.77	202.7088	1169.630	2.425	2.0733	580	291.7854
	283	20.10	10.09	5.76	202.8090	1168.180	2.424	2.0750	635	319.2969
	284	20.10	10.08	5.79	202.6080	1173.100	2.433	2.0740	620	312.0637
	285	20.14	10.06	5.78	202.6084	1171.077	2.431	2.0759	645	324.6463
	Sub Jumlah				1013.5438	5862.338	12.157	10.3688	3100	1559.5459
	Rata-Rata (Mean = m)				202.7088	1172.468	2.431	2.0738	620	311.9092
	Standar Deviasi (Sd)				0.1006	4.7680	0.0080	0.0020	24.749	12.4682
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0496	0.4067	0.3298	0.0979	3.9917	3.9974
	Kuat Desak Karakteristik				282.6687					
IB	281	20.14	10.07	5.80	202.8098	1176.297	2.428	2.0641	635	319.2956
	282	20.13	10.04	5.83	202.1052	1178.273	2.374	2.0148	625	315.3630
	283	20.12	10.05	5.83	202.2060	1178.861	2.482	2.1054	700	353.0305
	284	20.14	10.07	5.82	202.8098	1180.353	2.456	2.0807	660	331.8663
	285	20.13	10.06	5.78	202.5078	1170.495	2.469	2.1094	650	327.3255
	Sub Jumlah				1012.4386	5884.279	12.209	10.3744	3270	1646.8809
	Rata-Rata (Mean = m)				202.4877	1176.856	2.4418	2.0749	654	329.3762
	Standar Deviasi (Sd)				0.3292	3.8416	0.0429	0.0383	29.026	14.7302
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1626	0.3264	1.7549	1.8479	4.4382	4.4722
	Kuat Desak Karakteristik				294.8308					

28 Hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IC	281	20.14	10.07	5.75	202.8098	1166.156	2.375	2.0366	510	256.4422
	282	20.14	10.06	5.82	202.6084	1179.181	2.414	2.0472	500	251.6638
	283	20.13	10.06	5.78	202.5078	1170.495	2.402	2.0521	500	251.7888
	284	20.14	10.05	5.80	202.4070	1173.961	2.408	2.0512	470	236.7994
	285	20.12	10.04	5.80	202.0048	1171.628	2.403	2.0510	530	267.5607
	Sub Jumlah				1012.3378	5861.421	12.002	10.2381	2510	1264.2549
	Rata-Rata (Mean = m)				202.4676	1172.284	2.4004	2.0476	502	252.8510
	Standar Deviasi (Sd)				0.2985	4.7843	0.0150	0.0064	21.679	11.0619
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1474	0.4081	0.6239	0.3144	4.3186	4.3749
	Kuat Desak Karakteristik				226.9085					
ID	281	20.14	10.06	5.79	202.6084	1173.103	2.407	2.0518	470	236.5640
	282	20.14	10.05	5.80	202.4070	1173.961	2.387	2.0333	445	224.2036
	283	20.15	10.06	5.80	202.7090	1175.712	2.395	2.0371	445	223.8696
	284	20.14	10.05	5.80	202.4070	1173.961	2.353	2.0043	450	226.7228
	285	20.14	10.06	5.76	202.6084	1167.024	2.385	2.0437	460	231.5307
	Sub Jumlah				1012.7398	5863.760	11.927	10.1702	2270	1142.8907
	Rata-Rata (Mean = m)				202.548	1172.752	2.3854	2.0340	454	228.5781
	Standar Deviasi (Sd)				0.1351	3.3396	0.0201	0.0180	10.840	5.4139
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0667	0.2848	0.8414	0.8868	2.3876	2.3685
	Kuat Desak Karakteristik				215.8816					
IE	281	20.14	10.06	5.78	202.6084	1171.077	2.323	1.9836	400	201.3310
	282	20.13	10.04	5.76	202.1052	1164.126	2.289	1.9663	390	196.7865
	283	20.12	10.08	5.77	202.8096	1170.211	2.335	1.9954	410	206.1596
	284	20.11	10.07	5.78	202.5077	1170.495	2.339	1.9983	390	196.3954
	285	20.12	10.07	5.78	202.6084	1171.077	2.333	1.9922	385	193.7811
	Sub Jumlah				1012.6393	5846.985	11.619	9.9358	1975	994.4536
	Rata-Rata (Mean = m)				202.5279	1169.397	2.3238	1.9872	395	198.8907
	Standar Deviasi (Sd)				0.2605	2.9704	0.0203	0.0129	10.000	4.8876
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1286	0.2540	0.8747	0.6488	2.532	2.4574
	Kuat Desak Karakteristik				187.4284					
IIA	281	20.08	10.06	5.75	202.0048	1161.528	2.268	1.9526	340	171.6427
	282	20.09	10.08	5.76	202.5072	1166.441	2.244	1.9238	335	168.6990
	283	20.09	10.06	5.75	202.1054	1162.106	2.269	1.9525	330	166.5115
	284	20.12	10.07	5.77	202.6084	1169.050	2.292	1.9606	330	166.0981
	285	20.10	10.07	5.76	202.4070	1165.864	2.288	1.9625	365	183.8974
	Sub Jumlah				1011.6328	5824.990	11.361	9.7519	1700	856.8487
	Rata-Rata (Mean = m)				202.3266	1164.998	2.2722	1.9504	340	171.3697
	Standar Deviasi (Sd)				0.2603	3.1490	0.0191	0.0155	14.577	7.3407
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1286	0.2703	0.8422	0.7969	4.2875	4.2835
	Kuat Desak Karakteristik				154.1544					

28 hari

Kode Variasi	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Vol. (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IIB	281	20.13	10.05	5.78	202.3065	1169.332	2.257	1.9302	250	126.0197
	282	20.10	10.05	5.76	202.0050	1163.549	2.227	1.9140	270	136.3044
	283	20.10	10.08	5.79	202.6080	1173.100	2.200	1.8754	256	128.8521
	284	20.08	10.07	5.80	202.2056	1172.792	2.235	1.9057	285	143.7341
	285	20.07	10.09	5.75	202.5063	1164.411	2.185	1.8765	292	147.0458
	Sub Jumlah				1011.6314	5843.184	11.104	9.5017	1353	681.9561
	Rata-Rata (Mean = m)				202.3263	1168.637	2.2208	1.9003	270.6	136.3912
	Standar Deviasi (Sd)				0.2398	4.5116	0.0286	0.0240	18.050	9.1084
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1185	0.3861	1.2864	1.2609	6.6703	6.6781
	Kuat Desak Karakteristik				115.0302					
IIC	281	20.09	10.06	5.80	202.1054	1172.211	2.118	1.8068	190	95.8703
	282	20.10	10.06	5.80	202.2060	1172.795	2.079	1.7727	183	92.2923
	283	20.10	10.07	5.83	202.4070	1180.033	2.110	1.7881	175	88.1700
	284	20.09	10.05	5.78	201.9045	1167.008	2.052	1.7583	160	80.8132
	285	20.12	10.05	5.77	202.2060	1166.729	2.090	1.7913	173	87.2490
	Sub Jumlah				1010.8289	5858.776	10.449	8.9173	881	444.3946
	Rata-Rata (Mean = m)				202.1658	1171.755	2.0898	1.7835	176.2	88.8789
	Standar Deviasi (Sd)				0.1826	5.4224	0.0262	0.0186	11.300	5.6733
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0903	0.4628	1.2544	1.0403	6.4134	6.3832
	Kuat Desak Karakteristik				75.5739					
IID	281	20.14	10.03	5.80	202.0042	1171.624	1.980	1.6900	115	58.0558
	282	20.09	10.04	5.78	201.7036	1165.847	1.996	1.7121	128	64.7149
	283	20.10	10.05	5.80	202.0050	1171.629	1.949	1.6635	117	59.0652
	284	20.12	10.03	5.76	201.8036	1162.389	1.960	1.6862	115	58.1135
	285	20.09	10.05	5.78	201.9045	1167.008	1.983	1.6992	126	63.6404
	Sub Jumlah				1009.4209	5838.497	9.868	8.4509	601	303.5899
	Rata-Rata (Mean = m)				201.8842	1167.699	1.9736	1.6902	120.2	60.7180
	Standar Deviasi (Sd)				0.1309	3.9674	0.0188	0.0179	6.301	3.2062
	Koefisien Variasi (kv) %				0.0648	0.3398	0.9551	1.0619	5.2419	5.2804
	Kuat Desak Karakteristik				53.1989					
IIE	281	20.07	10.06	5.79	201.9042	1169.025	1.930	1.6509	95	47.9829
	282	20.09	10.07	5.77	202.3063	1167.307	1.915	1.6405	90	45.3671
	283	20.08	10.05	5.78	201.8040	1166.427	1.955	1.6761	92	46.4907
	284	20.07	10.07	5.74	202.1049	1160.082	1.926	1.6602	97	48.9444
	285	20.08	10.07	5.75	202.2056	1162.682	1.920	1.6514	90	45.3897
	Sub Jumlah				1010.3250	5825.524	9.646	8.2791	464	234.1749
	Rata-Rata (Mean = m)				202.065	1165.105	1.9292	1.6558	92.8	46.8350
	Standar Deviasi (Sd)				0.2083	3.6423	0.0155	0.0133	3.114	1.5913
	Koefisien Variasi (kv) %				0.1031	0.3126	0.8042	0.8027	3.356	3.3977
	Kuat Desak Karakteristik				43.1030					

Tabel 6.4 Hasil Pemeriksaan Daya Serap Air *Pavingblock Sludge*

Kode Variasi	Berat Basah Wb (gr)	Berat Kering Wk (gr)	Selisih Berat (gr)	Daya Serap Air (%)	Kode Variasi	Berat Basah Wb (gr)	Berat Kering Wk (gr)	Selisih Berat (gr)	Daya Serap Air (%)		
IA	D1	2535	2480	55	2.22	IIA	D1	2386	2239	147	6.57
	D2	2568	2512	56	2.23		D2	2408	2218	190	8.57
	D3	2501	2445	56	2.29		D3	2415	2224	191	8.59
	D4	2525	2467	58	2.35		D4	2396	2246	150	6.68
	D5	2586	2528	58	2.29		D5	2427	2208	219	9.92
Rerata	2543	2486.4	56.6	2.28	Rerata	2406.4	2227	179.4	8.06		
IB	D1	2516	2395	121	5.05	IIB	D1	2365	2185	180	8.24
	D2	2492	2356	136	5.77		D2	2356	2147	209	9.73
	D3	2494	2361	133	5.63		D3	2362	2152	210	9.76
	D4	2491	2364	127	5.37		D4	2368	2182	186	8.52
	D5	2490	2361	129	5.46		D5	2361	2169	192	8.85
Rerata	2496.6	2367.4	129.2	5.46	Rerata	2362.4	2167	195.4	9.02		
IC	D1	2478	2333	145	6.22	IIC	D1	2245	2025	220	10.86
	D2	2488	2359	129	5.47		D2	2240	2001	239	11.94
	D3	2457	2321	136	5.86		D3	2270	2004	266	13.27
	D4	2452	2331	121	5.19		D4	2245	2005	240	11.97
	D5	2485	2367	118	4.99		D5	2240	2006	234	11.67
Rerata	2472	2342.2	129.8	5.54	Rerata	2248	2008.2	239.8	11.94		
ID	D1	2473	2328	145	6.23	IID	D1	2174	1943	231	11.89
	D2	2478	2335	143	6.12		D2	2171	1933	238	12.31
	D3	2496	2353	143	6.08		D3	2134	1938	196	10.11
	D4	2457	2329	128	5.50		D4	2198	1915	283	14.78
	D5	2439	2342	97	4.14		D5	2139	1908	231	12.11
Rerata	2468.6	2337.4	131.2	5.61	Rerata	2163.2	1927.4	235.8	12.24		
IE	D1	2429	2282	147	6.44	IIE	D1	2084	1842	242	13.14
	D2	2447	2317	130	5.61		D2	2095	1857	238	12.82
	D3	2396	2263	133	5.88		D3	2083	1840	243	13.21
	D4	2385	2264	121	5.34		D4	2077	1828	249	13.62
	D5	2432	2295	137	5.97		D5	2088	1846	242	13.11
Rerata	2417.8	2284.2	133.6	5.85	Rerata	2085.4	1842.6	242.8	13.18		

Tabel 6.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Desak Pavingblock

Kode Variasi	Pavingblock Umur 7 Hari					Pavingblock Umur 14 Hari					Pavingblock Umur 28 Hari					
	Kuat Desak Mean (Kg/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Koef. Variasi (%)	Kuat Desak Karakteristik (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak Mean (Kg/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Koef. Variasi (%)	Kuat Desak Karakteristik (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak Mean (Kg/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Koef. Variasi (%)	Kuat Desak Karakteristik (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Desak Mean (Kg/cm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Koef. Variasi (%)	Kuat Desak Karakteristik (Kg/cm <sup>2</sup> )
I	A	256,7723	11,7168	4,5631	229,2940	282,4158	18,1584	6,4297	239,8307	311,9092	12,4682	3,9974	282,6687			
	B	260,7472	11,2636	4,3197	234,3318	292,8117	14,5129	4,9564	258,7761	329,3762	14,7302	4,4722	294,8308			
	C	219,0674	11,0321	5,0359	193,1950	239,3937	13,1814	5,5061	208,4808	252,8510	11,0619	4,3749	226,9085			
	D	168,3743	16,5970	9,8572	129,4511	210,5125	16,7916	7,9765	171,1329	228,5781	5,4139	2,3685	215,8816			
	E	120,4999	12,2952	10,2035	91,6652	174,6790	1,7127	0,9801	170,6623	198,8907	4,8876	2,4574	187,4284			
II	A	138,1318	13,9447	10,0952	105,4288	158,7852	10,3013	6,4876	134,6266	171,3697	7,3407	4,2835	154,1544			
	B	86,1063	8,4481	9,8112	66,2939	110,6311	4,3471	3,9294	100,4363	136,3912	9,1084	6,6781	115,0302			
	C	60,4546	2,1227	3,5112	55,4766	73,7045	3,2544	4,4154	66,0724	88,8789	5,6733	6,3832	75,5739			
	D	42,9294	3,5382	8,2419	34,6316	52,8859	4,7815	9,0411	41,6724	60,7180	3,2062	5,2804	53,1989			
	E	31,8986	2,0562	6,4460	27,0764	44,4525	3,5494	7,9848	36,1283	46,8350	1,5913	3,3977	43,1030			

Tabel 6.6 Rekapitulasi Hasil Penelitian Daya Serap Air dan Berat Satuan *Pavingblock*

Kode Variasi	Perbandingan Berat (%)						Daya Serap Air				Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )				
	Semen	Pasir Sedang		Pasir Kasar		Berat Basah Wbrt (gr)	Berat Kering Wkrt (gr)	Selisih Berat Wbrt (gr)	Daya Serap Air (%)	<i>Pavingblock</i> Umur			Berat Satuan Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )		
		PC	<i>Sludge</i>	Pasir	<i>Sludge</i>					Pasir	<i>Sludge</i>	7 Hari		14 Hari	28 Hari
I	A	100	0	100	0	100	0	2543.0	2486.4	56.6	2.28	2.0615	2.0752	2.0982	2.0783
	B	95	5	100	0	100	0	2496.6	2367.4	129.2	5.46	2.0497	2.0655	2.0534	2.0562
	C	90	10	100	0	100	0	2472.0	2342.2	129.8	5.54	2.0297	2.0543	2.0343	2.0394
	D	85	15	100	0	100	0	2468.6	2337.4	131.2	5.61	2.0137	2.0294	2.0340	2.0257
	E	80	20	100	0	100	0	2417.8	2284.2	133.6	5.85	2.0062	2.0162	1.9735	1.9986
II	A	100	0	90	10	90	10	2406.4	2227.0	179.4	8.06	1.9691	1.9562	1.9504	1.9586
	B	100	0	80	20	80	20	2362.4	2167.0	195.4	9.02	1.8807	1.9103	1.9003	1.8971
	C	100	0	70	30	70	30	2248.0	2008.2	239.8	11.94	1.8000	1.8212	1.7835	1.8016
	D	100	0	60	40	60	40	2163.2	1927.4	235.8	12.24	1.7399	1.7548	1.6902	1.7283
	E	100	0	50	50	50	50	2085.4	1842.6	242.8	13.18	1.6947	1.7141	1.6558	1.6882

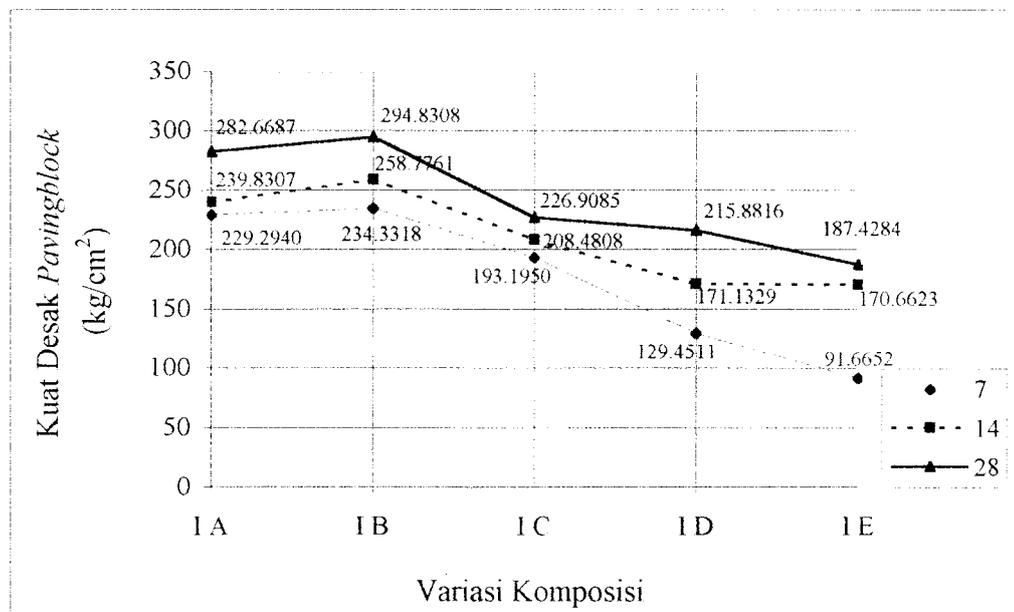
## 6.2 Analisis Hasil Penelitian

Penelitian terhadap benda-benda uji *pavingblock* yang telah dilaksanakan selanjutnya dianalisis dan dibahas yang meliputi analisis dan pembahasan pengaruh pemanfaatan *sludge* pada *pavingblock* sebagai pengganti semen dan pasir, dengan tinjauan kuat desak, daya serap air dan berat satuan. Adapun analisis hasil penelitian dapat diuraikan sebagai berikut ini.

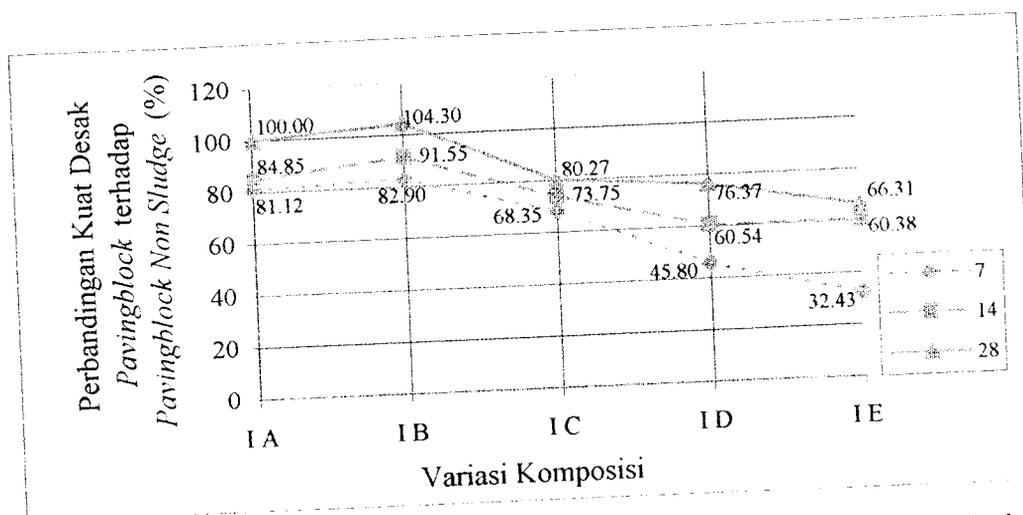
### 6.2.1 Kuat Desak *Pavingblock*

#### 6.2.1.1 Kuat Desak *Pavingblock* dengan *Sludge* sebagai Pengganti Semen

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti semen pada *pavingblock*, maka dari tabel hasil penelitian dibuat grafik hubungan kuat desak *pavingblock* dan perbandingan kuat desak dengan nilai banding kandungan *sludge* seperti tercantum dalam grafik di bawah ini.



Gambar 6.1 Grafik Hubungan Kuat Desak *Pavingblock* dengan Variasi Komposisi *Pavingblock*



Gambar 6.2 Grafik Hubungan Perbandingan Kuat Desak *Pavingblock* terhadap *Pavingblock Non Sludge* dengan berbagai Variasi Komposisi

Dari gambar 6.1 tersebut terlihat *pavingblock* tanpa kandungan limbah padat industri tekstil (variasi IA), dimana *pavingblock* ini sebagai pembanding mempunyai kuat desak karakteristik pada umur 7 hari 229,2940 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 14 hari 239,8307 kg/cm<sup>2</sup> dan 282,6687 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari. Hal ini sesuai dengan perencanaan awal dimana *pavingblock* direncanakan dengan kuat desak karakteristik 200 kg/cm<sup>2</sup> ( $f'c = 20$  Mpa).

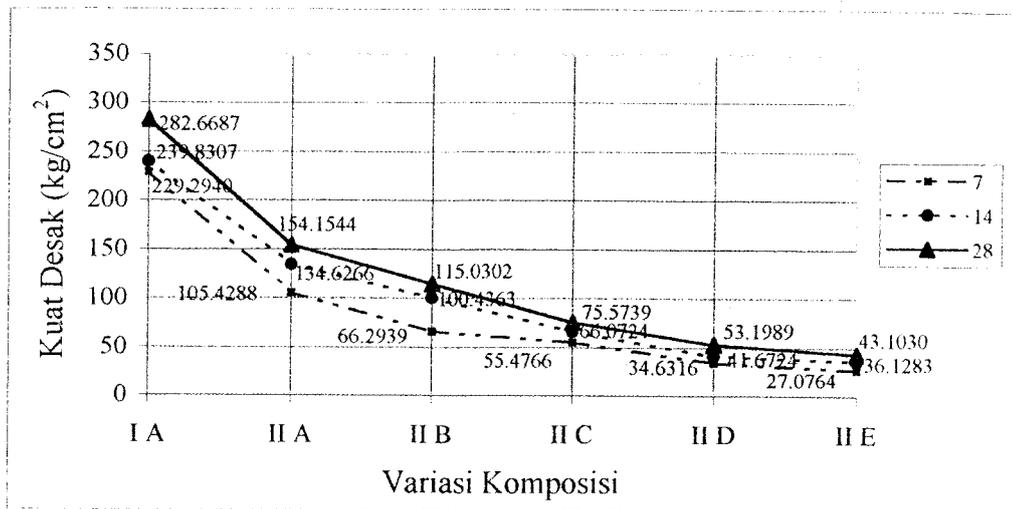
Penggantian semen dengan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebesar 5% berat semen pada campuran *pavingblock* (variasi IB) berdasarkan gambar 6.1 ternyata dapat meningkatkan kuat desak karakteristik *pavingblock* menjadi 234,3318 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 7 hari, 258,7761 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 14 hari dan 294,8308 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari atau terjadi peningkatan kuat desak sebesar 1,78 % pada umur 7 hari, 6,70 % pada umur 14 hari dan 4,30 % pada umur 28 hari dibanding dengan *pavingblock* tanpa *sludge* sesuai dengan gambar 6.2.

Namun penggantian semen dengan *sludge* pada campuran *pavingblock* dengan kadar 10%, 15% dan 20% terhadap berat semen (variasi IC, ID dan IE) seperti

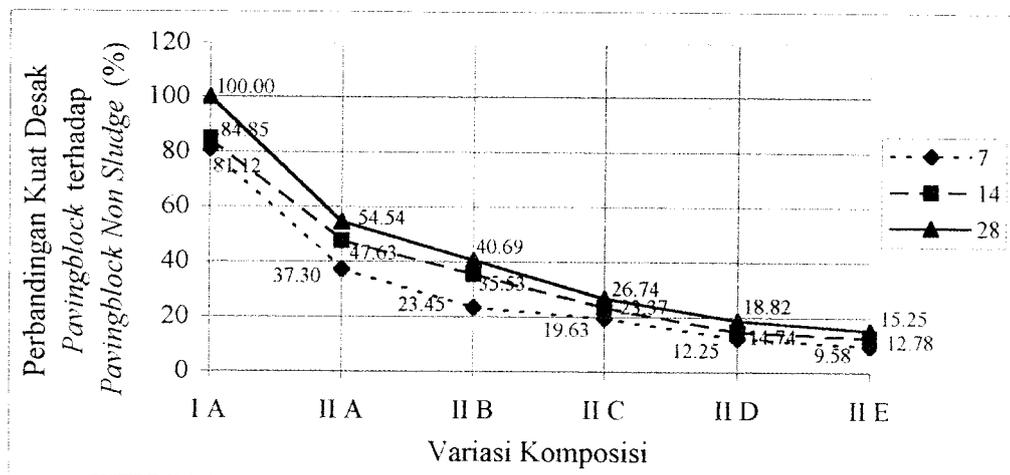
terlihat pada gambar 6.1 dan gambar 6.2 menyebabkan penurunan kuat desak. Kecenderungan penurunan kuat desak ini dimulai pada campuran *pavingblock* berkadar 10% *sludge* terhadap berat semen dengan kuat desak sebesar 193,1950 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 7 hari, 208,4808 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 14 hari dan 226,9085 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari atau terjadi penurunan sebesar 12,77 %, 11,10 % dan 19,30 % masing-masing pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Kuat desak semakin menurun pada *pavingblock* dengan kadar *sludge* 15% berat semen dibanding dengan *pavingblock* tanpa *sludge* yaitu 129,4511 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 7 hari, 171,1329 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 14 hari dan 215,8816 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari atau terjadi penurunan sebesar 35,32 %, 24,31 % dan 23,63 % masing-masing pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Sedangkan pada *pavingblock* yang mengandung 20% limbah padat industri tekstil terhadap berat semen semakin menurunkan kuat desak menjadi 91,6652 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 7 hari, 170,6623 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 14 hari dan 187,4284 kg/cm<sup>2</sup> pada umur 28 hari atau terjadi penurunan 48,69 %, 24,47 % dan 33,69 % untuk umur 7, 14 dan 28 hari.

#### **6.2.1.2 Kuat Desak *Pavingblock* dengan *Sludge* sebagai Pengganti Pasir**

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah padat industri tekstil sebagai pengganti pasir dengan penggantinya pasir oleh *sludge* sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50 % terhadap berat pasir (variasi IIA, IIB, IIC, IID dan IIE), dari data hasil uji desak *pavingblock* dibuat grafik antara kuat desak dan perbandingan kuat desak dengan variasi komposisi pengujian seperti tercantum dalam grafik di bawah ini.



Gambar 6.3 Grafik Kuat Desak *Pavingblock* dengan Berbagai Variasi Komposisi



Gambar 6.4 Grafik Perbandingan Kuat Desak *Pavingblock* terhadap *Pavingblock Non Sludge* pada Berbagai Variasi Komposisi

Pada gambar 6.3 dan gambar 6.4 diatas, tampak bahwa pemanfaatan *sludge* pada campuran *pavingblock* sebagai pengganti pasir menyebabkan penurunan kuat desak karakteristik. Semakin besar kandungan *sludge* terhadap berat pasir di dalam campuran *pavingblock* akan menyebabkan semakin turunnya kuat desak yang dihasilkan. Kecenderungan penurunan ini dapat dilihat secara jelas pada gambar 6.3 dan gambar 6.4 seperti pada *pavingblock* yang berkadar 10% (variasi IIA) *sludge*

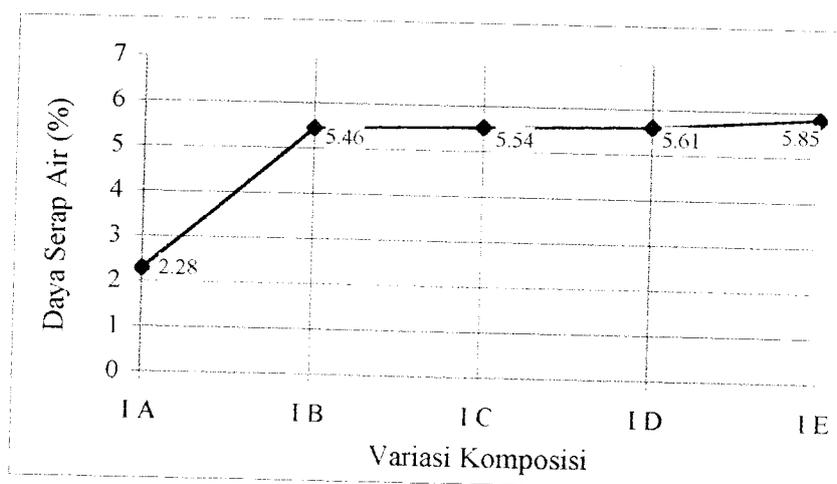
terhadap berat pasir menurunkan kuat desak menjadi  $105,4288 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 7 hari,  $134,6266 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 14 hari dan  $154,1544 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari atau terjadi penurunan sebesar 62,70%, 52,37% dan 45,46% masing-masing pada *pavingblock* umur 7, 14 dan 28 hari.

Seperti halnya variasi IIA, pada *pavingblock* berkadar 20% (variasi IIB) terhadap berat pasir yang menghasilkan kuat desak  $66,2939 \text{ kg/cm}^2$  untuk umur 7 hari,  $100,4363 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 14 hari dan  $115,0302 \text{ kg/cm}^2$  pada umur 28 hari atau terjadi penurunan sebesar 76,55%, 64,47% dan 59,31% masing-masing untuk umur 7, 14 dan 28 hari. Untuk *pavingblock* yang berkadar 30%, 40% dan 50% terhadap berat pasir (variasi IIC, IID dan IIE) pada gambar 6.3 dan gambar 6.4 menunjukkan kecenderungan semakin menurun kuat desaknya.

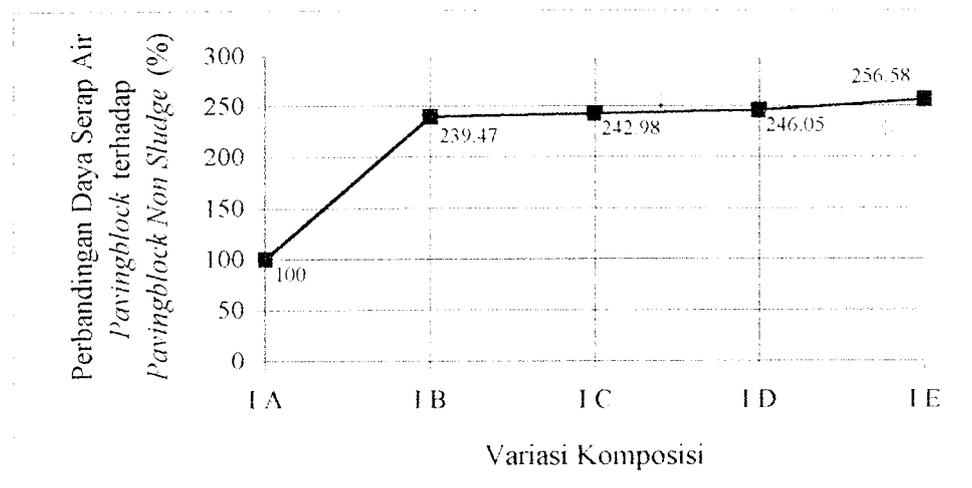
## 6.2.2 Daya Serap Air *Pavingblock*

### 6.2.2.1 Daya Serap Air *Pavingblock* dengan *Sludge* sebagai Pengganti Semen

Di bawah ini disajikan grafik hubungan antara daya serap air dan perbandingan daya serap air pada berbagai variasi komposisi campuran *pavingblock*.



Gambar 6.5 Grafik Daya Serap air *Pavingblock* pada Berbagai Variasi Komposisi



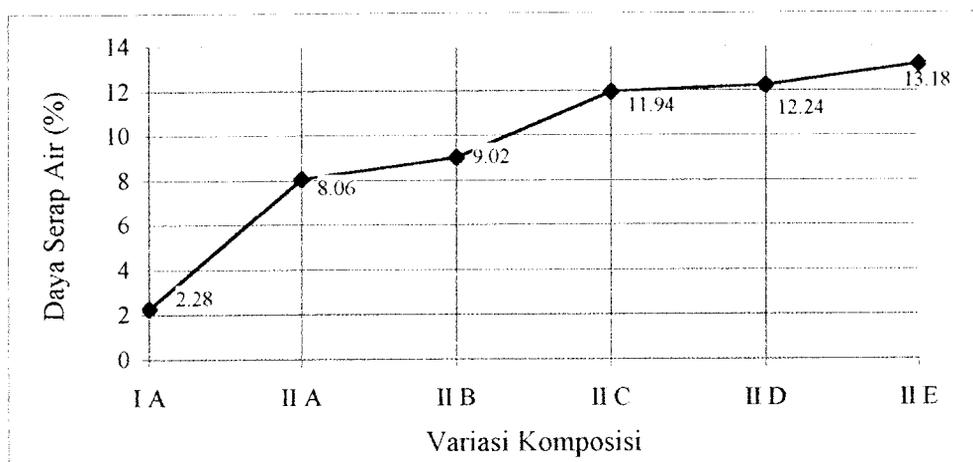
Gambar 6.6 Grafik Perbandingan Daya Serap Air *Pavingblock* terhadap *Pavingblock Non Sludge* pada Berbagai Variasi Komposisi

Dari gambar diatas terlihat bahwa daya serap air pada *pavingblock* tanpa *sludge* (variasi IA) sebesar 2,28 %. Tetapi dengan pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti semen menyebabkan terjadinya peningkatan daya serap air. Semakin besar penggantian semen oleh *sludge*, daya serap air cenderung semakin besar. Hal ini terlihat pada *pavingblock* yang berkadar *sludge* sebanyak 5% daya serap airnya sebesar 5,46 % atau terjadi peningkatan daya serap air 239,47 % dari *pavingblock* tanpa *sludge*. Sedangkan *pavingblock* berkadar 10% *sludge* daya serap airnya sebesar 5,54 % atau terjadi peningkatan 242,98 % dari *pavingblock* tanpa *sludge*. Begitu pula pada variasi lainnya menunjukkan peningkatan daya serap air.

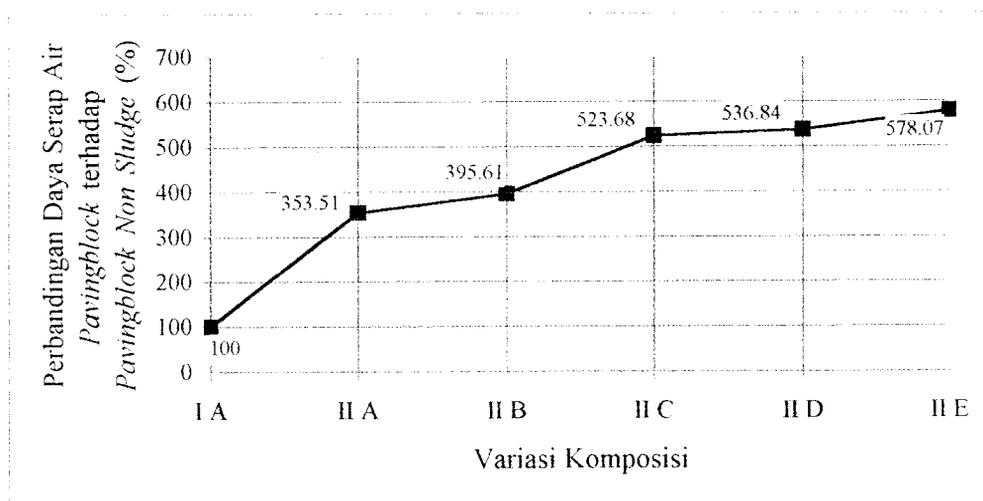
#### 6.2.2.2 Daya Serap Air *Pavingblock* dengan *Sludge* sebagai Pengganti Pasir

Pada pemanfaatan limbah padat industri tekstil pada *pavingblock* sebagai pengganti pasir kecenderungan penurunan daya serap air juga terjadi. Hal ini dapat dilihat seperti tersaji pada gambar 6.7 dan gambar 6.8 tentang grafik hubungan antara daya serap air dan perbandingan daya serap air dengan kandungan *sludge* sebagai

pengganti pasir terhadap berat semen pada campuran *pavingblock* (Berbagai variasi komposisi).



Gambar 6.7 Grafik Daya Serap air *Pavingblock* pada Berbagai Variasi Komposisi



Gambar 6.8 Grafik Perbandingan Daya Serap Air *Pavingblock* terhadap *Pavingblock Non Sludge* pada Berbagai Variasi Komposisi

Dari gambar di atas terlihat bahwa nilai daya serap air pada *pavingblock* semakin meningkat seiring dengan kandungan limbah padat industri tekstil (*sludge*). Hal tersebut tersaji dalam nilai daya serap air pada *pavingblock* berkandungan *sludge* 10% (variasi IIA) dimana nilai daya serap airnya menjadi 8,06 % dari 2,28 % pada *pavingblock* tanpa *sludge* atau terjadi peningkatan daya serap air sebesar 353,51 %.

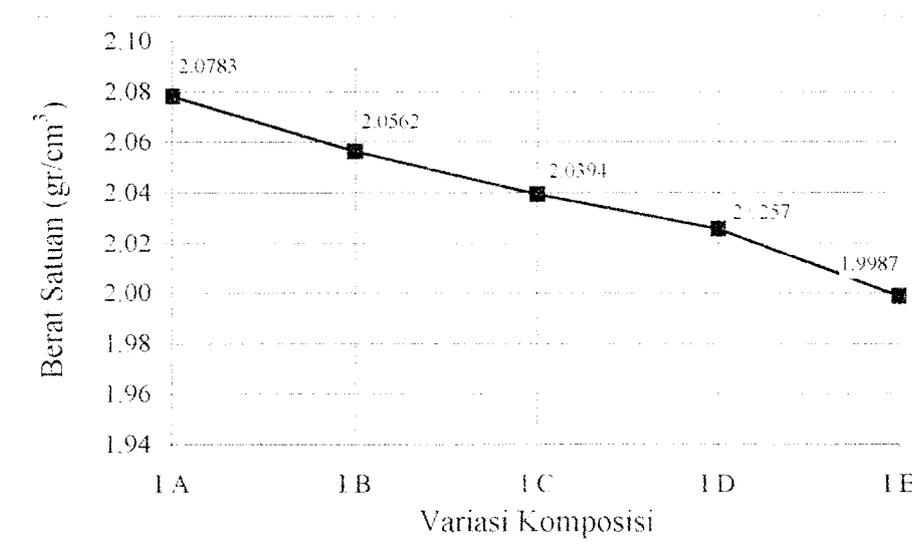
Begitu pula halnya pada *pavingblock* yang mengandung *sludge* 20%, 30%, 40% dan 50% (variasi IIB, IIC, IID dan IIE) nilai daya serap airnya semakin meningkat yaitu 9,02 %, 11,94 %, 12,24 % dan 13,18 %.

### 6.2.3 Berat Satuan *Pavingblock*

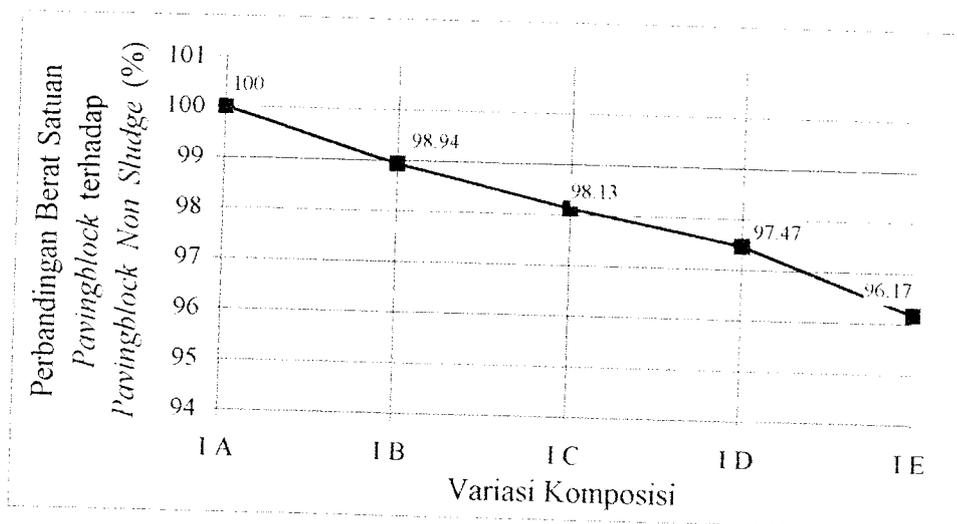
Dari hasil pemeriksaan berat satuan yang dilakukan pada penelitian ini diketahui data-data berat satuan yang selanjutnya akan dianalisis mengenai pengaruh nilai kandungan *sludge* terhadap berat satuan baik sebagai pengganti semen maupun sebagai pengganti pasir.

#### 6.2.3.1 Berat Satuan *Pavingblock* dengan *Sludge* sebagai Pengganti Semen

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti semen terhadap berat satuan *pavingblock*, disajikan grafik hubungan berat satuan *pavingblock* dan perbandingannya dengan nilai kandungan *sludge* terhadap berat semen seperti berikut ini.



Gambar 6.9 Grafik Berat Satuan *Pavingblock* pada Berbagai Variasi Komposisi

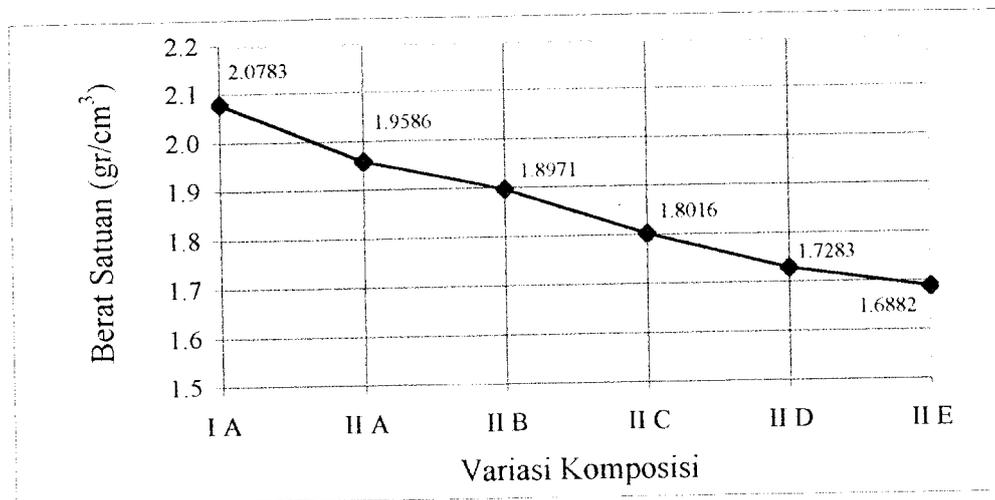


Gambar 6.10 Grafik Perbandingan Berat Satuan *Pavingblock* terhadap *Pavingblock Non Sludge*

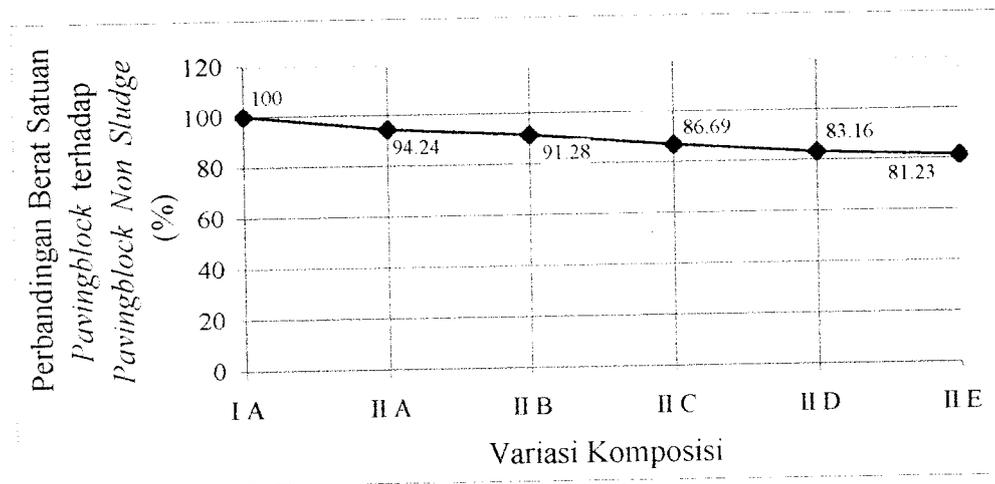
Dari gambar 6.9 dan gambar 6.10 tersebut terlihat bahwa dengan penggantian pasir dengan limbah padat industri tekstil (*sludge*) mengakibatkan penurunan berat satuan. Nilai berat satuan yang paling tinggi terdapat pada *pavingblock* tanpa *sludge* yaitu  $2,0783 \text{ gr/cm}^3$ . Akan tetapi semakin besar semen yang digantikan oleh *sludge*, makin turun pula nilai berat satuan. Hal ini nampak pada *pavingblock* yang mengandung 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % *sludge* (variasi IB, IC, ID dan IE), nilai berat satuan masing-masing *pavingblock* tersebut adalah  $2,0562 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2,0394 \text{ gr/cm}^3$ ,  $2,0257 \text{ gr/cm}^3$  dan  $21,9986 \text{ gr/cm}^3$  atau terjadi penurunan 98,94 %, 98,13 %, 97,47 % dan 96,17 % terhadap *pavingblock* tanpa *sludge*.

#### 6.2.3.2 Berat Satuan *Pavingblock* dengan *Sludge* sebagai Pengganti Pasir

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti pasir terhadap berat satuan *pavingblock*, disajikan grafik hubungan berat satuan *pavingblock* dan perbandingannya dengan nilai kandungan *sludge* terhadap berat pasir seperti berikut ini.



Gambar 6.11 Grafik Berat Satuan *Pavingblock* pada Berbagai Variasi Komposisi



Gambar 6.12 Grafik Perbandingan Berat Satuan *Pavingblock* terhadap *Pavingblock Non Sludge* pada Berbagai Variasi Komposisi

Kecenderungan turunnya berat satuan pada *pavingblock* yang mengandung limbah padat industri tekstil sebagai pengganti pasir. Hal ini terlihat pada gambar 6.11 dan gambar 6.12 dimana *pavingblock* yang mengandung *sludge* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% (variasi IIA, IIB, IIC, IID dan IIE) bernilai berat satuan masing-masing 1,9586 gr/cm<sup>3</sup>, 1,8971 gr/cm<sup>3</sup>, 1,8016 gr/cm<sup>3</sup>, 1,7283 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,6882 gr/cm<sup>3</sup> atau terjadi penurunan sebesar 94,24%, 91,28%, 86,69%, 83,16% dan 81,23% dari *pavingblock* tanpa *sludge*.

### 6.3 Pembahasan

Dari analisis hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya, berikut ini disajikan pembahasan kuat desak dan daya serap air yang berdasarkan pada SII 0819 – 88 *pavingblock* mutu III serta berat satuan masing-masing *pavingblock*. Pembahasan ini dilanjutkan dengan pembahasan ekonomis komersial terhadap *pavingblock* yang telah lulus persyaratan SII 0819–88 *pavingblock* mutu III.

#### 6.3.1 Kuat Desak *Pavingblock*

Dari tabel 6.5 sebelumnya dapat diketahui bahwa *pavingblock* tanpa kandungan *sludge* untuk semua umur *pavingblock* memenuhi kuat desak yang direncanakan yaitu 200 kg/cm<sup>2</sup>.

Dengan menggunakan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti semen sebesar 5% berat semen, dapat meningkatkan kuat desak. Peningkatan kuat desak pada variasi komposisi ini relatif kecil yakni sebesar 1,78% pada umur 7 hari, 6,70% pada umur 14 hari dan 4,30% pada umur 28 hari. Hal ini disebabkan *sludge* dapat menggantikan fungsi semen yang hilang dalam pengikatan dan penguatan *pavingblock*. Sampai kandungan 5% berat semen, *sludge* yang mengandung Ca, Fe dan Mg dapat meningkatkan unsur yang paling berpengaruh dalam pengikatan dan penguatan campuran oleh semen yaitu trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S atau 3CaO.SiO<sub>2</sub>) sejak campuran terkena air sampai *pavingblock* berumur 14 hari, dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S atau 2CaO.SiO<sub>2</sub>) sejak *pavingblock* berumur 7 hari sampai memberikan kekuatan akhir dan trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A atau 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang memberikan kekuatan *pavingblock* sesudah 24 jam.

Namun penggantian semen oleh *sludge* dengan kandungan lebih besar dari 5% berat semen ternyata dapat menurunkan kuat desak *pavingblock*. Hal ini disebabkan bahan ikat semen yang hilang, tidak cukup untuk digantikan kandungan kapur (CaO) dalam *sludge* sehingga daya ikat dan kekuatan *pavingblock* cenderung menurun. *Sludge* kurang mampu meningkatkan unsur yang paling berpengaruh dalam pengikatan dan penguatan *pavingblock* yang dapat mengakibatkan hasil kekuatan menurun. Dari grafik 6.1 terlihat bahwa semakin besar dari 5% berat penggantian semen oleh *sludge* semakin tidak cukup bahan ikat semen yang harus diganti kandungan kapur dalam *sludge* sehingga mengakibatkan semakin menurun ikatan dan kekuatan *pavingblock*.

Begitu pula halnya dengan pemanfaatan limbah padat industri tekstil sebagai pengganti pasir dapat menurunkan kuat desak *pavingblock*. Terlihat dalam grafik 6.3 dan grafik 6.4 bahwa semua variasi *pavingblock* yang mengandung *sludge* mengalami penurunan kuat desak yang cukup besar. Semakin besar penggantian pasir oleh *sludge* maka semakin kecil kuat desak *pavingblock*. Penurunan kuat desak ini dikarenakan *sludge* pada campuran *pavingblock* menimbulkan lebih banyak ruang kosong (pori-pori udara) di antara butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan tingkat kepadatan dan kekerasan *pavingblock* menurun cukup besar.

Berdasarkan pengujian kuat desak pada *pavingblock* yang mengandung *sludge* sebagai pengganti semen maupun pasir diketahui *pavingblock* yang memenuhi syarat atau tidak memenuhi syarat kuat desak rencana seperti tercantum dalam tabel berikut dibawah ini.

Tabel 6.7 Kelulusan Persyaratan Kuat Desak *Pavingblock*  
Berdasarkan Kuat Desak Rencana ( $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ )

Kode Variasi	Kelulusan Persyaratan Kuat Desak <i>Pavingblock</i> Umur			Keterangan	
	7 Hari	14 Hari	28 Hari		
	I	A	L		L
	B	L	L	L	Aplikasi <i>pavingblock</i> pada semua umur
	C	L	L	L	Aplikasi <i>pavingblock</i> pada semua umur
	D	TL	TL	L	Aplikasi <i>pavingblock</i> minimal pada umur 28 hari
	E	TL	TL	TL	Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana
II	A	TL	TL	TL	Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana
	B	TL	TL	TL	Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana
	C	TL	TL	TL	Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana
	D	TL	TL	TL	Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana
	E	TL	TL	TL	Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana

Catatan : L = Memenuhi syarat kuat desak rencana *pavingblock*

TL = Tidak memenuhi syarat kuat desak rencana *pavingblock*

Berdasarkan tabel kelulusan persyaratan kuat desak di atas didapatkan bahwa *pavingblock* tanpa *sludge* (variasi IA) yang direncanakan sesuai dengan SII 0819-88 *pavingblock* mutu III dan *pavingblock* yang memanfaatkan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti semen dapat diterapkan pada *pavingblock* yang mengandung *sludge* 5% dan 10% berat semen (variasi IB dan IC) dengan aplikasi pekerjaan pemakaian *pavingblock* minimal umur 7 hari sejak pembuatan, serta pada *pavingblock* yang mengandung *sludge* 15% berat semen (variasi I D) dengan aplikasi pemakaian *pavingblock* minimal umur 28 hari sejak pembuatannya. Sedangkan *pavingblock* yang mengandung *sludge* 20 % berat semen (variasi IE) tidak memenuhi syarat kuat desak rencana.

Pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti pasir tidak dapat memenuhi persyaratan kuat desak *pavingblock* mutu III yang

direncanakan sehingga tidak dapat diaplikasikan pemakaiannya sesuai dengan persyaratan kuat desak diatas.

### 6.3.2 Daya Serap Air *Pavingblock*

Pada tinjauan mengenai daya serap air *pavingblock* terlihat bahwa nilai daya serap air semakin meningkat seiring dengan meningkatnya nilai kandungan limbah padat industri tekstil (*sludge*) pada campuran *pavingblock*. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak udara yang terjebak antara butiran-butiran pasir dan *sludge* yang dapat mengakibatkan semakin banyak terbentuk lubang atau rongga kecil (pori-pori) yang memungkinkan menjadi tempat bermukim air bebas (reservoir air bebas) sehingga menyebabkan daya serap air pada *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* semakin besar.

Pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) pada *pavingblock* sebagai pengganti semen, daya serap air yang terjadi relatif kecil. Hal ini dimungkinkan karena udara yang terjebak sedikit dan tidak terlalu banyak menimbulkan ruang kosong (pori-pori) sehingga kemungkinan air bermukim pada ruang kosong tersebut relatif kecil.

Sedangkan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti pasir, secara umum daya serap air yang terjadi relatif lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh pori-pori udara lebih banyak sehingga kemungkinan air mengisi ruang kosong relatif lebih banyak.

Pembuatan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* baik sebagai pengganti semen maupun sebagai pengganti pasir harus memenuhi persyaratan daya serap air

rata-rata yang telah ditetapkan dimana menurut SII 0819–88 *pavingblock* mutu III, *pavingblock* harus memenuhi syarat daya serap air rata-rata maksimal 7%. Dari hasil pengujian daya serap air yang telah dilakukan didapat bahwa *pavingblock* tanpa *sludge* memenuhi syarat daya serap air rata-rata sesuai dengan perencanaan awal.

Begitu pula halnya dengan semua variasi *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen masih dapat memenuhi persyaratan daya serap air rata-rata SII 0819–88 *pavingblock* mutu III.

Sedangkan pada *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti pasir tidak dapat memenuhi persyaratan daya serap air sesuai dengan SII 0819–88 *pavingblock* mutu III (melebihi daya serap air rata-rata maksimal 7%).

### 6.3.3 Berat Satuan *Pavingblock*

Dari analisis data dapat dibahas bahwa pemanfaatan *sludge* pada *pavingblock* menimbulkan kecenderungan penurunan berat satuan baik pada pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti semen maupun lagi pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti pasir pada *pavingblock*.

Penurunan berat satuan pada *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen relatif kecil. Kecilnya penurunan ini disebabkan oleh kandungan *sludge* pengganti semen mempunyai berat jenis lebih kecil dibanding dengan berat jenis semen sedangkan semen menempati volume sebagian kecil *pavingblock* sehingga berat *sludge* yang menempati ruang semen yang diganti kecil dan menyebabkan berat satuan menurun relatif kecil. Selain itu pori-pori yang terbentuk relatif sedikit dan kepampatan *pavingblock* relatif padat.

Berat satuan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti pasir terjadi penurunan yang relatif besar. Hal ini disebabkan karena *sludge* pengganti pasir mempunyai berat jenis lebih kecil dibanding dengan berat jenis pasir sedangkan pasir menempati volume sebagian besar *pavingblock* sehingga berat *sludge* yang menempati ruang pasir yang diganti kecil dan menyebabkan berat satuan menurun relatif besar. Selain itu dengan banyaknya *sludge* sebagai pengganti pasir akan mengakibatkan pori-pori yang terbentuk lebih banyak dan mengurangi kemampuan *pavingblock*.

#### 6.4 Analisis Ekonomis dan Komersial

Sebelum pada tahap produksi, suatu produk konstruksi harus memenuhi beberapa persyaratan yang telah ditetapkan baik secara teknis maupun persyaratan ekonomis komersial. Seperti halnya produk konstruksi lainnya, *pavingblock* yang memanfaatkan limbah padat industri tekstil (*sludge*) pada *pavingblock* harus memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis-komersial.

Persyaratan teknis pada *pavingblock* berdasarkan SII 0819-88 meliputi kuat desak, ketahanan aus dan daya serap air. Karena keterbatasan peralatan pengujian, tinjauan penelitian ini hanya mencakup persyaratan kuat desak dan daya serap air.

Dari hasil penelitian didapat *pavingblock* yang memenuhi syarat kuat desak rencana yang tertuang dalam SII 0819-88 *pavingblock* mutu III adalah *pavingblock* tanpa *sludge* (variasi IA), *pavingblock* yang mengandung *sludge* sebagai pengganti semen dengan kandungan *sludge* 5% berat semen (variasi IB), 10% berat semen (variasi I C) dan *pavingblock* yang mengandung *sludge* sebagai pengganti semen

dengan kandungan *sludge* 15% berat semen (variasi I D) dengan syarat pekerjaan pemakaian minimal pada umur 28 hari sejak *pavingblock* dibuat. Untuk itu analisis ekonomis komersial dititikberatkan pada *pavingblock-pavingblock* diatas.

Analisis komersial merupakan persyaratan sebelum tahap produksi dengan berpatokan pada bentuk fisik *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* agar menarik konsumen sehingga berdaya jual yang tinggi. Sedangkan persyaratan ekonomis ditujukan agar diketahui besaran biaya bahan baku sehingga dapat diprediksi penurunan biaya bahan baku *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge*.

#### 6.4.1 Analisis Komersial

Agar mendapatkan respon positif dari konsumen terhadap produksi *pavingblock* yang memanfaatkan limbah padat industri tekstil, fisik *pavingblock* harus mempunyai bentuk dan warna yang menarik, terlihat padat, bertekstur permukaan halus dan tidak terlihat retakan-retakan pada permukaan.

Secara visual terlihat *pavingblock* yang memanfaatkan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti semen mempunyai kecenderungan mendapatkan respon positif dari konsumen. Hal ini terlihat pada bentuk fisik *pavingblock* yang rapih, berwarna abu-abu kehijauan akibat campuran *sludge*, terlihat padat seperti pada *pavingblock* tanpa *sludge*, tekstur semua bidang permukaan halus dan tidak terlihat retakan pada semua bidang permukaan *pavingblock* akibat pencampuran *sludge* serta akibat pelepasan *pavingblock* dari cetakan pada saat dibuat.

Sedangkan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti pasir secara visual mempunyai kecenderungan tidak mendapat respon positif. Hal ini

terlihat dari bentuk yang berwarna hijau dan fisik yang rapuh (permukaan *pavingblock* mudah terlepas), bertekstur kasar dan terlihat retakan-retakan pada permukaan *pavingblock*.

## 6.4.2 Analisis Ekonomis

### 6.4.2.1 Kebutuhan Bahan Baku *Pavingblock*

Kebutuhan bahan baku/material *pavingblock* pada analisis ekonomis dititik beratkan pada *pavingblock* yang telah lulus persyaratan kuat desak dan daya serap air yaitu *pavingblock* tanpa *sludge* dan *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen. Adapun kebutuhan bahan baku per unit *pavingblock* adalah sebagai berikut ini.

*Pavingblock* yang mengandung *sludge* 5 % berat semen :

$$\begin{aligned} \text{a. Portland cement (PC)} &= 0,3249 \text{ kg} \\ &\approx 0,0065 \text{ sak} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Pasir sedang} &= 1,3748 \text{ kg} &= \frac{1,3748 \text{ kg}}{1.620,5 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,000848 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Pasir kasar} &= 0,7734 \text{ kg} &= \frac{0,7734 \text{ kg}}{1.620,5 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,000477 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Sludge} &= 0,0171 \text{ kg} &= \frac{0,0171 \text{ kg}}{1.055,2 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,000016 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan baku per unit *pavingblock* selengkapnya dapat dilihat pada pada tabel berikut ini.

Tabel 6.8 Kebutuhan Bahan Baku per Unit *Pavingblock*

Kode Variasi	Kebutuhan Bahan Baku Per Unit <i>Pavingblock</i>				Kebutuhan Bahan Baku Per Unit <i>Pavingblock</i>				
	PC (kg)	<i>Sludge</i> (kg)	Pasir Sedang (kg)	Pasir Kasar (kg)	PC (kg)	<i>Sludge</i> (m <sup>3</sup> )	Pasir Sedang (m <sup>3</sup> )	Pasir Kasar (m <sup>3</sup> )	
I	A	0.3420	0	1.3748	0.7734	0.3420	0	0.000848	0.000477
	B	0.3249	0.0171	1.3748	0.7734	0.3249	0.000016	0.000848	0.000477
	C	0.3078	0.0342	1.3748	0.7734	0.3078	0.000029	0.000848	0.000477
	D	0.2907	0.00513	1.3748	0.7734	0.2907	0.000043	0.000848	0.000477

Jumlah 1 m<sup>2</sup> *pavingblock* adalah sebanyak berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Luas } \textit{pavingblock} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\ &= 0,20 \text{ m} \times 0,10 \text{ m} \\ &= 0,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^2 \textit{ pavingblock} &= \frac{1}{0,02} \\ &= 50 \text{ unit } \textit{pavingblock} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan baku per m<sup>2</sup> *pavingblock* selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 6.9 Kebutuhan Bahan Baku per unit dan per m<sup>2</sup> *Pavingblock*

Kode Variasi	Kebutuhan Bahan Baku Per Unit <i>Pavingblock</i>				Kebutuhan Bahan Baku Per m <sup>2</sup> <i>Pavingblock</i>				
	PC (kg)	<i>Sludge</i> (kg)	Pasir Sedang (kg)	Pasir Kasar (kg)	PC (sak)	<i>Sludge</i> (m <sup>3</sup> )	Pasir Sedang (m <sup>3</sup> )	Pasir Kasar (m <sup>3</sup> )	
I	A	0.3420	0	1.3748	0.7734	0.3420	0	0.0424	0.02385
	B	0.3249	0.0171	1.3748	0.7734	0.3249	0.00080	0.0424	0.02385
	C	0.3078	0.0342	1.3748	0.7734	0.3078	0.00145	0.0424	0.02385
	D	0.2907	0.00513	1.3748	0.7734	0.2907	0.00215	0.0424	0.02385

#### 6.4.2.2 Biaya Bahan Baku

Biaya bahan baku merupakan salah satu dari biaya produksi suatu produk yang dapat dilakukan tindakan penekanan biaya terhadapnya. Tindakan penekanan terhadap biaya bahan baku dilakukan dengan jalan mencari suatu terobosan alternatif pengganti bahan baku yang harganya relatif tinggi. Dari hasil penelitian ini diketahui *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen memenuhi persyaratan kuat desak dan daya serap air. Mengingat limbah padat industri tekstil hanya memerlukan biaya pengangkutan dari lokasi pabrik ke lokasi pembuatan *pavingblock*, pemanfaatan *sludge* pada *pavingblock* dapat diartikan bahwa pemanfaatan *sludge* dapat mendukung langkah penekanan terhadap biaya bahan baku, dimana semen merupakan komponen bahan baku *pavingblock* yang paling besar biayanya.

Mengingat gejolak harga yang dapat menyebabkan biaya bahan baku berubah setiap saat mengikuti perubahan tersebut, maka biaya bahan baku pada penelitian ini didasarkan pada harga komponen bahan baku saat penelitian dilakukan. Untuk penerapan hasil penelitian ini pada waktu yang akan datang, biaya bahan baku perlu disesuaikan dengan harga pada saat itu.

Harga komponen bahan baku *pavingblock* pada saat penelitian adalah :

- a. *Portland Cement* merk Nusantara kemasan 50 kg : Rp 21.000,- / sak
- b. Pasir Sungai Krasak : Rp 24.000,- / m<sup>3</sup>
- c. Biaya angkut *sludge* : Rp 10.000,- / m<sup>3</sup>

Berikut ini disusun rincian perhitungan biaya bahan baku *pavingblock* per m<sup>2</sup> untuk *pavingblock* yang mengandung *sludge* 5 % berat semen.

- a. Biaya PC = analisis kebutuhan PC x harga satuan semen  
 = 0,3249 sak x Rp 21.000,- / sak = Rp 6.822,90
- b. Biaya *sludge* = analisis *sludge* x harga satuan biaya angkut *sludge*  
 = 0,00080 m<sup>3</sup> x 10.000,- / m<sup>3</sup> = Rp 8,00
- c. Biaya pasir sedang = analisis pasir sedang x harga satuan pasir sedang S. Krasak  
 = 0,0424 m<sup>3</sup> x 24.000,- / m<sup>3</sup> = Rp 1.017,60
- d. Biaya pasir kasar = analisis pasir kasar x harga satuan pasir kasar S. Krasak  
 = 0,02385 m<sup>3</sup> x 24.000,- / m<sup>3</sup> = Rp 572,40

Perhitungan lebih lengkap selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.10 berikut dibawah ini.

Tabel 6.10 Analisis Biaya Bahan Baku per m<sup>2</sup> *Pavingblock*

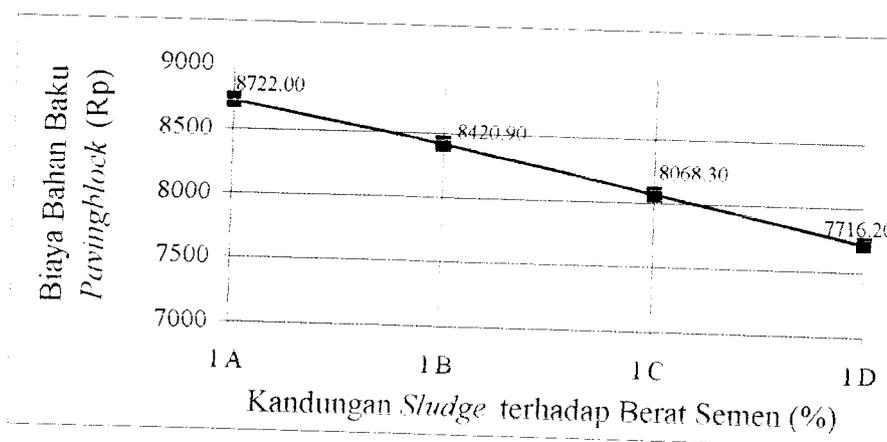
Kode Var.	Bahan Baku	Analisis Bahan Baku	Satuan	Harga Satuan Bahan Baku	Harga Bahan Baku	Jumlah Biaya Bahan Baku
IA	PC merk Nusantara kem. 50 kg	0.34200	sak	Rp 21000.00	Rp 7182.00	Rp 8772.00
	<i>Sludge</i> asal PT. JOGJATEX	0	m <sup>3</sup>	Rp 10000.00	Rp 0.00	
	Pasir sedang asal sungai Krasak	0.04240	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 1017.60	
	Pasir kasar asal sungai Krasak	0.02385	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 572.40	
IB	PC merk Nusantara kem. 50 kg	0.34290	sak	Rp 21000.00	Rp 6822.90	Rp 8420.90
	<i>Sludge</i> asal PT. JOGJATEX	0.00080	m <sup>3</sup>	Rp 10000.00	Rp 8.00	
	Pasir sedang asal sungai Krasak	0.04240	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 1017.60	
	Pasir kasar asal sungai Krasak	0.02385	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 572.40	
IC	PC merk Nusantara kem. 50 kg	0.30780	sak	Rp 21000.00	Rp 6463.80	Rp 8068.30
	<i>Sludge</i> asal PT. JOGJATEX	0.00145	m <sup>3</sup>	Rp 10000.00	Rp 14.50	
	Pasir sedang asal sungai Krasak	0.04240	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 1017.60	
	Pasir kasar asal sungai Krasak	0.02385	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 572.40	
ID	PC merk Nusantara kem. 50 kg	0.29070	sak	Rp 21000.00	Rp 6104.70	Rp 7716.20
	<i>Sludge</i> asal PT. JOGJATEX	0.00215	m <sup>3</sup>	Rp 10000.00	Rp 21.50	
	Pasir sedang asal sungai Krasak	0.04240	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 1017.60	
	Pasir kasar asal sungai Krasak	0.02385	m <sup>3</sup>	Rp 24000.00	Rp 572.40	

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen, dapat menekan biaya bahan baku *pavingblock*. Perbedaan biaya bahan baku seperti pada tabel diatas, menghasilkan selisih biaya bahan baku yang berguna bagi pihak-pihak tertentu sebagai informasi dalam pengambilan keputusan untuk memilih alternatif bahan baku. Untuk itu berikut ini dipaparkan tabel selisih biaya bahan baku *pavingblock*.

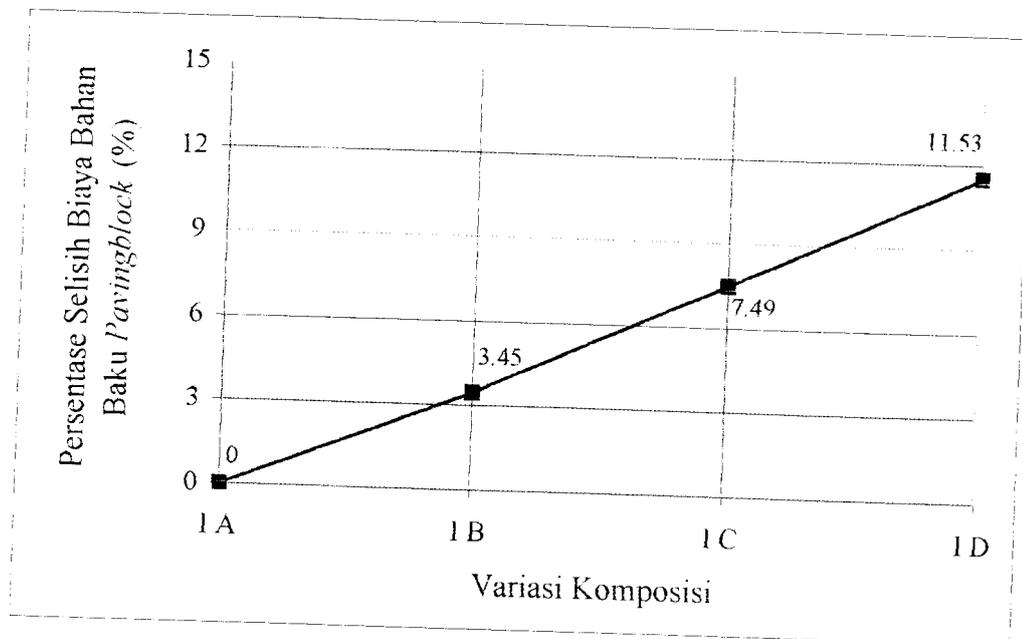
Tabel 6.11 Selisih Biaya Bahan Baku *Pavingblock*

Jenis Bahan Baku	Biaya Bahan Baku untuk Variasi			
	IA	IB	IC	ID
PC merk Nusantara	Rp 7182.00	Rp 6822.90	Rp 6463.80	Rp 6104.70
<i>Sludge</i> asal Yogyateks	Rp 0.00	Rp 8.00	Rp 14.50	Rp 21.50
Pasir Sedang	Rp 1017.60	Rp 1017.60	Rp 1017.60	Rp 1017.60
Pasir Kasar	Rp 572.40	Rp 572.40	Rp 572.40	Rp 572.40
Biaya Bahan Baku per m <sup>2</sup> <i>Pavingblock</i>	Rp 8722.00	Rp 8420.90	Rp 8068.30	Rp 7716.20
Selisih Biaya Bahan Baku per m <sup>2</sup> <i>Pavingblock</i>		Rp 301.10	Rp 653.70	Rp 1005.80
Persentase Selisih Biaya Bahan Baku terhadap <i>Pavingblock</i> Variasi IA		3.45 %	7.49 %	11.53 %

Dibawah ini ditampilkan grafik yang menunjukkan hubungan biaya bahan baku *pavingblock* terhadap pemanfaatan *sludge* pengganti semen pada variasi campuran.



Gambar 6.13 Grafik Hubungan Biaya Bahan Baku *Pavingblock* per-m<sup>2</sup> terhadap Variasi Campuran *Pavingblock* yang Lulus Kuat Desak Rencana



Gambar 6.14 Grafik Persentase Hubungan Biaya Bahan Baku *Pavingblock* terhadap Variasi Campuran *Pavingblock* yang Lulus Kuat Desak Rencana

Pada analisis data di atas terlihat bahwa *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dapat menghemat biaya bahan baku. Selisih biaya bahan baku yang terjadi pada pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti semen meningkat seiring dengan bertambahnya semen yang digantikan.

*Pavingblock* yang tidak menggunakan *sludge* (variasi 1A) merupakan *pavingblock* yang berfungsi sebagai pembanding terhadap *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* menghabiskan biaya bahan baku sebesar Rp 8.722,00 per- $m^2$ .

*Pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dengan kandungan *sludge* sebanyak 5 % berat semen (variasi 1 B) menghabiskan biaya bahan baku sebesar Rp 8.420,90 per- $m^2$ . Hal ini berarti *pavingblock* yang mengandung *sludge* 5% berat semen dapat menghemat biaya bahan baku sebesar Rp 301,10 atau terjadi penurunan biaya bahan baku sebesar 3,45% dibandingkan dengan *pavingblock* tanpa kandungan *sludge*.

Sedangkan pada *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dengan kandungan *sludge* 10 % (variasi I C) menghabiskan biaya bahan baku sebesar Rp 8.068,30 per m<sup>2</sup> (50 unit), dan berbiaya bahan baku Rp 7.716,20 per m<sup>2</sup> untuk *pavingblock* berkandungan *sludge* 15 % berat semen (variasi ID). Biaya bahan baku ini lebih rendah daripada *pavingblock* yang tidak mengandung *sludge* (variasi IA) sehingga terjadi penurunan biaya bahan baku sebesar Rp 653,70 per m<sup>2</sup> dan Rp 1.005,80 per m<sup>2</sup> masing-masing untuk *pavingblock* yang berkandungan *sludge* 10% dan 15% atau terjadi penurunan biaya bahan baku sebesar 7,49 % dan 11,53 %.

Sesuai dengan pengujian kuat desak yang telah dilakukan sebelumnya dinyatakan bahwa untuk *pavingblock* yang tidak mengandung *sludge* (variasi IA), *pavingblock* yang mengandung *sludge* 5 % berat semen (variasi IB) dan *pavingblock* yang mengandung *sludge* 10 % berat semen (variasi IC) dapat diaplikasikan pemakaian di lapangan minimal pada umur 7 hari setelah dibuat serta minimal umur 28 hari sejak dibuat untuk *pavingblock* yang mengandung *sludge* 15% berat semen (variasi ID). Hal ini perlu diperhatikan agar aplikasi pemakaian *pavingblock* di lapangan dapat memenuhi target mutu dan keuntungan sekaligus.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Dari pengujian di Laboratorium, pengamatan di lapangan serta pembahasan pada bab sebelumnya, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pemanfaatan limbah padat industri tekstil (*sludge*) sebagai pengganti bahan ikat semen dapat meningkatkan kuat desak *pavingblock* terutama pada kadar penggantian semen sebanyak 5 % berat semen. Sedangkan pemanfaatan *sludge* sebagai pengganti pasir ternyata menurunkan kuat desak *pavingblock*.
2. Semakin banyak *sludge* dimanfaatkan baik sebagai pengganti semen maupun pengganti pasir, maka semakin besar penyerapan air pada *pavingblock*. Daya serap air pada *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen masih memenuhi syarat daya serap air menurut SII 0819-88 *pavingblock* mutu III yang ditentukan yaitu maksimal 7 %.
3. Pemanfaatan *sludge* pada *pavingblock* baik sebagai pengganti semen maupun pasir menyebabkan penurunan berat satuan. Semakin banyak pemanfaatan *sludge*, semakin menurun berat satuan *pavingblock*.

4. *Pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* sebagai pengganti semen dapat menurunkan biaya bahan baku. Setiap kenaikan 5% berat semen, pemanfaatan *sludge* dapat menurunkan biaya bahan baku *pavingblock* sebesar Rp 301,10 per m<sup>2</sup> (50 unit) atau 3,45 % per m<sup>2</sup> (harga bahan baku *pavingblock* pada saat penulisan).

## 7.2 Saran

Berdasarkan pelaksanaan dan hasil penelitian dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut ini.

1. Perlu diteliti *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* dengan agregat kasar sebagai salah satu penyusunnya.
2. Perlu diteliti pula *pavingblock* yang memanfaatkan *sludge* dengan pemadatan secara mekanis dan bentuk serta dimensi *pavingblock* lainnya.
3. Sesudah peralatan laboratorium lengkap, perlu diadakan penelitian lanjutan tentang ketahanan aus (*skid resistance*) dan kuat lentur *pavingblock*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. -----, 2000, **PEDOMAN PELAKSANAAN PRAKTIKUM**, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. -----, 1993, **PEDOMAN PELAKSANAAN PRAKTIKUM BETON**, Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
3. -----, 1982, **PERSYARATAN UMUM BAHAN BANGUNAN DI INDONESIA (PUBI – 1982)**, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
4. -----, 1988, **PETUNJUK PEMASANGAN BLOCK TERKUNCI SKBI 3.4.26.1988**, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
5. -----, 1990, **TATA CARA PEMASANGAN BLOCK BETON TERKUNCI UNTUK PERMUKAAN JALAN**, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
6. -----, 1983, **TINJAUAN SINGKAT PERKERASAN DENGAN MENGGUNAKAN INTERBLOCK**, Urusan Laboratorium dan Pengukuran, Seksi Laboratorium Jalan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
7. Abdul Halim dan Bambang Supomo, 1996, **AKUTANSI MANAJEMEN**, Edisi Pertama Cetakan Ke-5, BPFE, Yogyakarta.
8. Haning, 1993, **PENGGUNAAN PAVINGBLOCK PADA PERKERASAN**, Yayasan Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
9. Heinz Frick dan Ch. Koesmartadi, 1999, **ILMU BAHAN BANGUNAN**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

10. Houben, L.J.M., A.A.A., Molenaar, G.H.A.M., Fuchs, and H.O., Moll, 1984, **THE ANALYSYS AND DESIGN OF CONCRETE BLOCK PAVEMENTS**. Proceeding 2<sup>nd</sup> International Conference on Concrete Block Paving, Delft.
11. Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992, **BAHAN BANGUNAN**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
12. Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
13. Kuivers, G., 1984, **THE CHOISE OF AN APPROPRIATE BLOCK SHAPE FOR HEAVY INDUSTRIAL FLEXIBLE PAVEMENTS**, Proceeding 2<sup>nd</sup> International Conference on Concrete Block Paving, Delft.
14. Marais, L. R. and Lane, J. W., 1984, **SPECIFICATIONS FOR GENERAL SEGMENTAL CONCRETE BLOCK PAVING IN THE REPUBLIC OF SOUTH AFRICA**, Proceeding 2<sup>nd</sup> International Conference on Concrete Block Paving, Delft.
15. Miura, Y.M., Takaura, and T., Tsuda, 1984, **STRUCTURAL DESIGN OF CONCRETE BLOCK PAVEMENT BY CBR METHODE AND ITS EVALUATION**, Proceeding 2<sup>nd</sup> International Conference on Concrete Block Paving, Delft.
16. Pino Iskandar, 1984, **CONCRETE BLOCK PAVING IN INDONESIA**, PT. Conbloc Indonesia, Jakarta.
17. Sastrowiyoto, S., 1984, **THE USE OF CONCRETE BLOCK PAVEMENT IN INDONESIA**, Master Thesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
18. Sharp, K.G., and P.J., Armstrong, 1985, **INTERLOCKING CONCRETE BLOCK PAVEMENT**, Special Report No. 31, Australian Research Board, Melbourne.

# *LAMPIRAN*

Program 101  
FA301



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

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	WAIHYU HIDAYAT	93.310.100		TSM
2	NABIKO LUHUR UTOMO	93.310.166		TSM

JUDUL TUGAS AKHIR : .....

.....PEMANFAATAN LIMBAH PADA INDUSTRI.....

.....TAKSIRAN LINGKUNGAN SEBAGAI PAVING BELUKAR.....

Dosen Pembimbing I : IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS  
Dosen Pembimbing II : IR. H. KASAM, MT

1

2



Yogyakarta, 12 Agustus 2019  
Dekan,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

IR. H. TADJUDDIN BM ARIS, MS



DEPARTEMEN KESEHATAN R.I.  
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN  
PENYEHATAN LINGKUNGAN PEMUKIMAN  
**BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN**

JALAN POLOWJAN No. 11 TELP. (0274) 376288 FAX. 376288 YOGYAKARTA 55133

**PEMERIKSAAN PARAMETER FISIKA DAN KIMIA**

Jenis sampel : Padatan lumpur  
Asal sampel : PT. Yogyatex Yogyakarta  
Dikirim oleh : PT Yogyatex Yogyakarta  
Diambil oleh : Petugas BTKL Yogyakarta (Ir. Nurrochman)  
Tgl. Pengambilan : 05-03-1996.  
Tgl. Penerimaan : 05-03-1996.  
No. lab. : 2285

2285. Contoh lumpur dari Drying bed UPL PT Yogyatex

No.	Parameter	Satuan	Hasil analisa
			2285
1.	pH	-	7,0
2.	Besi (Fe)	%	1,5
3.	Mangan (Mn)	%	0,01
4.	Crom total (Cr)	%	0,043
5.	Aluminium (Al)	%	0,036
6.	Timbal (Pb)	%	ttd
7.	Nikel (Ni)	%	0,0181
8.	Calcium (Ca)	%	14,20
9.	Magnesium (Mg)	%	72,0
10.	Tembaga (Cu)	%	0,0118



Mengetahui  
Kepala Balai Teknik Kesehatan  
Lingkungan Yogyakarta

Ir. JB. Budi Harsanto  
NIP. 140098823.

Yogyakarta, 12 April 1996

Koordinator Lab. Kimia Fisika  
Zat Padat dan Cair

Ir. Hartiningsih, MS.  
NIP. 140131378.

Sistim yang digunakan dalam IPAL PT. Unitex merupakan perpaduan antara proses fisika, kimia dan biologi, dimana yang paling berperan dalam hal pengurangan bahan-bahan pencemar adalah proses biologi yang menggunakan sistim lumpur aktif dengan aerasi berkelanjutan (Extended aeration).

Selain limbah cair, terdapat pula limbah padat berupa lumpur yang merupakan hasil samping dari sistim pengolahan yang digunakan. Lumpur hasil olahan digunakan sebagai bahan campuran pembuatan batako (batali) dan conblock (Paving block). Hal ini merupakan salah satu alternatif dan langkah lebih maju dari PT. Unitex dalam memanfaatkan kembali limbah padat.

Dengan dibuatnya instalasi pengolahan air limbah yang pengoperasiannya dapat dipertanggung jawabkan, tidak akan membuat pabrik menjadi rugi, justru akan mendapatkan nilai lebih antara lain ikut melestarikan lingkungan, ketenangan dan berusaha, meningkatkan kepercayaan konsumen, kelangsungan produksi terjamin, pemanfaatan hasil limbah padat, sebagai tempat penelitian maupun belajar bagi pihak yang memerlukan.

## URUTAN PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Urutan proses pengolahan air limbah di PT. Unitex secara garis besar dapat dibagi dalam 5 unit proses yang meliputi proses primer, sekunder dan tersier yaitu :

- Unit 1 : adalah proses penghilangan warna (decolouring) dengan sistim koagulasi dan sedimentasi.
- Unit 2 : adalah proses penguraian bahan organik yang terkandung di dalam air limbah dengan sistem lumpur aktif.
- Unit 3 : adalah proses pemisah antara air yang telah bersih dengan lumpur aktif dari kolam aerasi.
- Unit 4 : adalah proses penghilangan padatan tersuspensi setelah pengendapan, dimana dasar pemikirannya seperti pada proses penjernihan air.
- Unit 5 : adalah proses pemanfaatan lumpur padat setelah pengepresan di belt press.

## PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Proses pengolahan air limbah PT. Unitex terbagi menjadi tiga tahap pemrosesan, yaitu :

### 1. Proses Primer

Proses primer merupakan perlakuan pendahuluan (pretreatment) yang meliputi :

- a. Penyaringan kasar
- b. Penghilangan warna (decolouring)
- c. Equalisasi
- d. Penyaringan halus
- e. Pendinginan

### 2. Proses Sekunder

Proses biologi dan sedimentasi

### 3. Proses tersier

Merupakan tahap lanjutan setelah proses biologi dan sedimentasi

### 1. Proses Primer

#### a. Saringan kasar

Air limbah dari proses pencelupan dan pembilasan dibuang melalui saluran pembuangan terbuka menuju pengolahan air limbah. Saluran ini terbagi menjadi dua bagian, yakni saluran air berwarna (colour water) dan saluran air tidak berwarna (uncolour water). Untuk mencegah agar sisa-sisa benang atau kain dalam air limbah tidak terbawa pada saat proses, maka air limbah disaring dengan menggunakan saringan kasar berdiameter 50 mm dan 20 mm.

Desain ini dimaksudkan untuk mempermudah pengeluaran endapan dari dasar bak. Pada bak sedimentasi ini akan terjadi settling lumpur yang berasal dari bak aerasi dan endapan lumpur ini harus segera dikembalikan lagi ke bak aerasi (return sludge), karena kondisi pada bak sedimentasi hampir mendekati anaerob. Besarnya RS ditentukan berdasarkan perbandingan nilai MLSS dan debit outlet dengan MLSS dan debit RS itu sendiri. Pada bak sedimentasi ini juga dilakukan pemantauan kaiment (ketinggian lumpur dari permukaan air) dan MLSS dengan menggunakan alat MLSS meter.

### 3. Proses Tersier

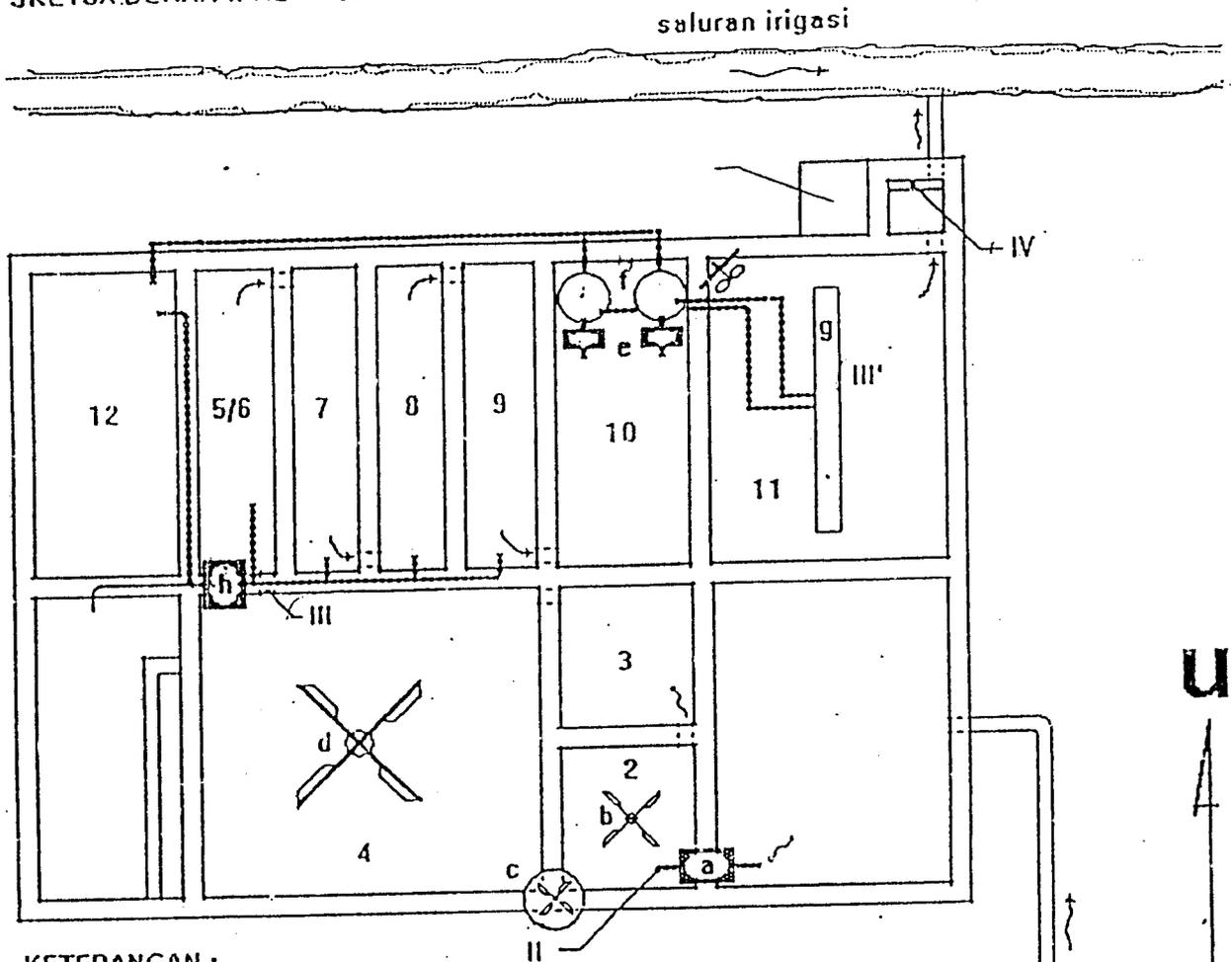
Pada proses pengolahan ini ditambahkan bahan kimia yaitu aluminium Sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ), Polymer dan Antifoam (silicon base); untuk mengurangi padatan tersuspensi yang masih terdapat dalam air. Tahap lanjutan ini diperlukan untuk memperoleh kualitas air yang lebih baik sebelum air tersebut dibuang keperairan.

Air hasil proses biologi dan sedimentasi selanjutnya ditampung dalam bak intermediet ( $V = 2 \text{ m}^3$ ). Kemudian dipompakan ke dalam tangki koagulasi ( $V = 3,6 \text{ m}^3$ ) dengan menggunakan pompa sentrifugal. Pada tangki koagulasi ditambahkan aluminium sulfat (konsentrasi antara 200 - 500 ppm) dan polymer (konsentrasi antara 0,5 - 2 ppm) sehingga terbentuk flock yang mudah mengendap. Selain kedua bahan koagulan tersebut juga ditambahkan tanah yang berasal dari pengolahan air baku (water treatment) yang bertujuan menambah partikel padatan tersuspensi untuk memudahkan terbentuknya flock.

Pada tangki koagulasi ini terdapat mixer (pengaduk) untuk mempercepat proses persenyawaan kimia antara air dan bahan koagulan, juga terdapat pH kontrol yang berfungsi untuk memantau pH effluent sebelum dikeluarkan ke perairan.

Setelah penambahan koagulan dan proses flokulasi berjalan dengan sempurna, maka gumpalan-gumpalan yang berupa lumpur akan diendapkan pada tangki sedimentasi III ( $V = 178 \text{ m}^3$ ). Hasil endapan kemudian dipompakan ke tangki penampungan lumpur yang selanjutnya akan diolah dengan belt press filter machine.

SKETSA DENAH IPAL PT JOGJATEX :



KETERANGAN :

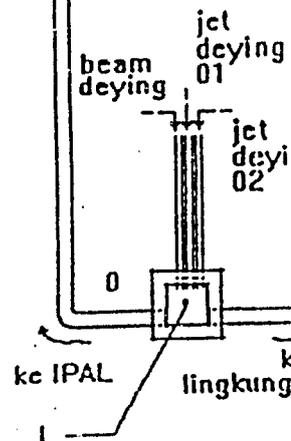
\* Unit / bak pengolah limbah :

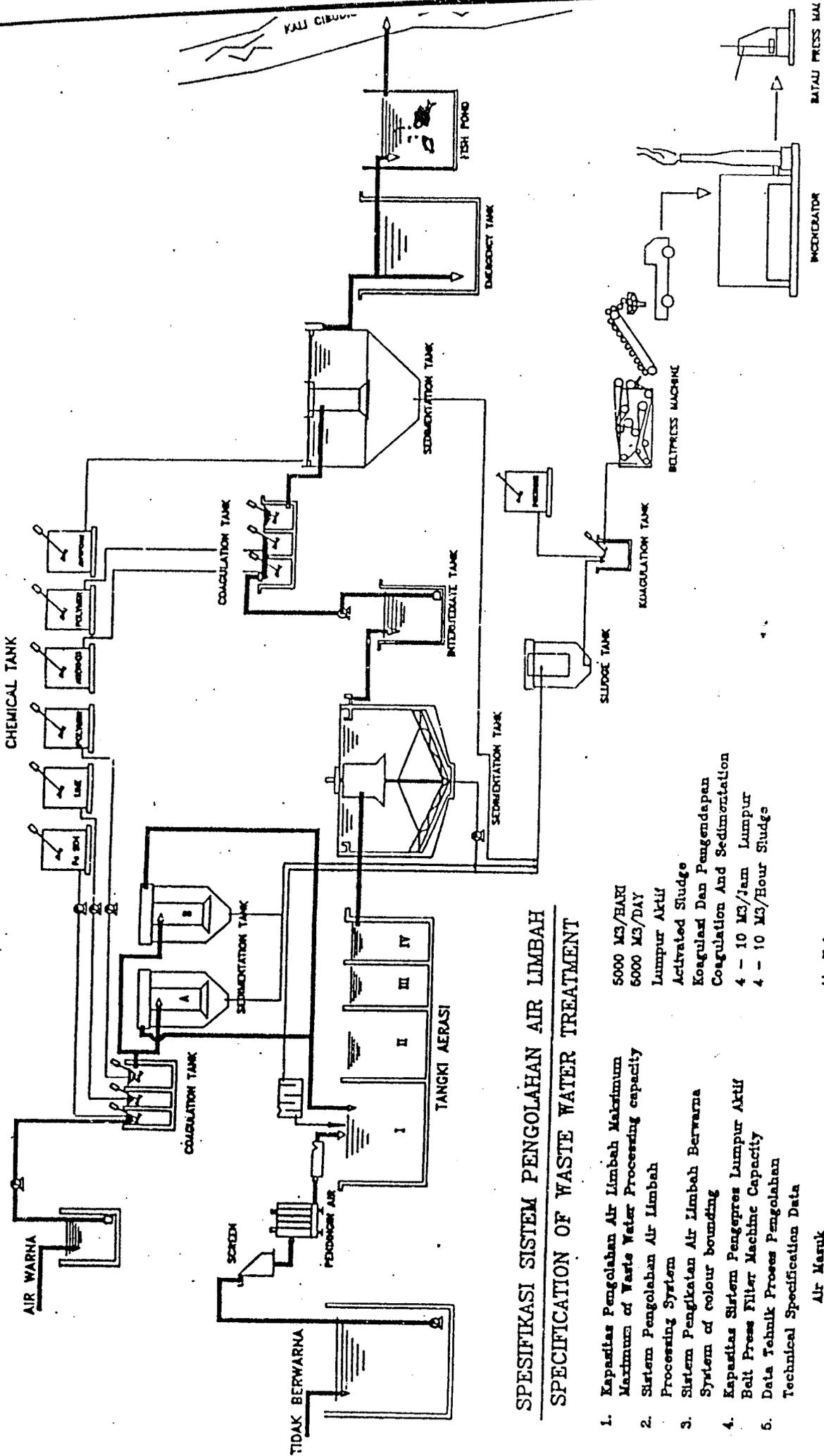
- 0 = Bak kontrol
- 1 = Bak equalisasi / penampungan air limbah
- 2 = Bak pengapuran I
- 3 = Bak pengapuran II
- 4 = Bak koagulasi / Flokulasi
- 5/6, 7, 8, 9 = Bak pengendapan lumpur
- 10 = Bak aerasi
- 11 = Bak penampungan limbah akhir
- 12 = Bak penampungan lumpur.

- \* Titik pengambilan sampel :  
I, II, III, III', IV.

\* Peralatan pengolah limbah :

- a = Pompa dari bak equalisasi
- b = Pengaduk bak pengapuran
- c = Pengaduk larutan kapur / larutan koagulan
- d = Pengaduk bak koagulasi / Flokulasi
- e = Pompa filter
- f = Filter karbon aktif
- g = Aerator
- h = Pompa lumpur.





**SPEKIFIKASI SISTEM PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
SPECIFICATION OF WASTE WATER TREATMENT**

1. Kapasitas Pengolahan Air Limbah Maksimum  
Maximum of Waste Water Processing capacity  
5000 M3/HARI  
6000 M3/DAY
2. Sistem Pengolahan Air Limbah  
Processing System  
Lumpur Aktif  
Activated Sludge
3. Sistem Pengklatan Air Limbah Berwarna  
System of colour bounding  
Kongulasi Dan Pengendapan  
Coagulation And Sedimentation
4. Kapasitas Sistem Pengpres Lumpur Aktif  
Belt Press Filter Machine Capacity  
4 - 10 M3/Jam Lumpur  
4 - 10 M3/Hour Sludge
5. Data Teknik Proses Pengolahan  
Technical Specification Data

Air Masuk	Air Keluar
Inlet Water	Outlet Water
PH 8 - 12	7 ~ 7.5
BOD 300 mg/L max	30 mg/L
COD 580 mg/L max	100 mg/L (Mn)



# 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 : Pasir  
Nama Benda Uji : \_\_\_\_\_  
Asal : Sungai Krasak  
Keperluan : Pemeriksaan bahan  
susun pavingblock

Diperiksa oleh :

1. Wahyu Hidayat 93 310 100
2. Sabdo Luhur Utomo 93 310 168

Tanggal : 4 September 2000

### ALAT - ALAT

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

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat agregat ( W )	400 gr	400 gr
Gelas ukur + air ( V <sub>1</sub> )	500 cc	500 cc
Gelas ukur + air + pasir ( V <sub>2</sub> )	647 gr	653 gr
Berat jenis ( B <sub>j</sub> ) = $\frac{W}{V_2 - V_3}$	$\frac{400}{147} = 2,72 \text{ gr/cm}^3$	$\frac{400}{153} = 2,61 \text{ gr/cm}^3$
Berat jenis rata-rata ( B <sub>j</sub> rat )	2,67 gr/cm <sup>3</sup>	

Yogyakarta, 6 September 2000  
Lab. BKT FTSP / UII

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



# 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 *SLUDGE*

Jenis Benda Uji : *Sludge*  
Nama Benda Uji : \_\_\_\_\_  
Asai : Yogyateks  
Keperluan : Pemeriksaan bahan  
susun *pavingblock*

Diperiksa oleh :

1. Wahyu Hidayat 93 310 100
2. Sabdo Luhur Utomo 93 310 168

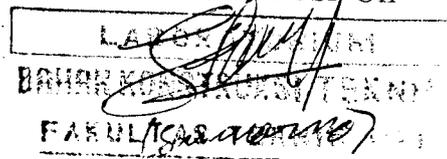
Tanggal : 5 September 2000

### ALAT - ALAT

1. *Picnometer*
2. Saringan # 4,75 mm
3. Timbangan ketelitian 0,01 gram
4. Lap kaos

No	Jenis Berat	Jumlah Berat (gram)	
1	Berat <i>picnometer</i> kosong	$W_1$	34,21 gr
2	Berat <i>picnometer</i> + <i>sludge</i> kering	$W_2$	45,12 gr
3	Berat <i>picno</i> + <i>sludge</i> + air	$W_3$	90,53 gr
4	Berat <i>picnometer</i> + air	$W_4$	84,65 gr
5	Berat <i>sludge</i>	$W_t = W_2 - W_1$	10,91 gr
		$A = W_t + W_4$	95,56 gr
6	Volume <i>sludge</i>	$A - W_3$	5,03 gr
7	Berat jenis <i>sludge</i>	$\gamma_s = \frac{W_t}{A - W_3}$	2,169 gr/cc

Yogyakarta, 6 September 2000  
Lab. BKT FTSP UII





**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 VOLUME AGREGAT HALUS**

Jenis Benda Uji : Pasir  
Nama Benda Uji : \_\_\_\_\_  
Asal : Sungai Krasak  
Keperluan : Pemeriksaan bahan  
susun pavingblock

Diperiksa oleh :  
1. Wahyu Hidayat 93 310 100  
2. Sabdo Luhur Utomo 93 310 168

Tanggal : 4 September 2000

**ALAT - ALAT**

1. Timbangan Kapasitas minimal 20 Kg
2. Cetakan Silinder ( Ø 10 x tinggi 20 ) cm
3. Tongkat penumbuk Ø 16 mm panjang 60 cm
4. Serok / cetok
5. Dan lain-lain

Uraian	Benda Uji I	Benda Uji II
Berat cetakan silinder ( $W_1$ )	3.213 gram	3.217 gram
Berat cetakan silinder + pasir ( $W_2$ )	5.754 gram	5.780 gram
Diameter cetakan (d)	19,920 cm	19,943 cm
Tinggi cetakan (t)	10,015 cm	10,045 cm
Volume silinder ( $V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$ )	1.569,21 cm <sup>3</sup>	1.580,45 cm <sup>3</sup>
Berat volume pasir = $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,6193 kg/m <sup>3</sup>	1,6217 kg/m <sup>3</sup>
Berat Volume Pasir Rata-Rata	1,6205 kg/m <sup>3</sup>	

Yogyakarta, 6 September 2000

Lab. BKTFTSI UII  
LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII  
(Suwarna)

## PENDAHULUAN

PT. UNITEX merupakan pabrik tekstil terpadu (Integrated). Proses produksinya meliputi pemintalan (Spinning), pertenunan (Weaving), pencelupan (Dyeing) dan Finishing. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri tekstil dapat berupa padatan tersuspensi, padatan terlarut serta gas terlarut. Sedangkan karakteristik limbah umumnya bersifat alkalis ( $\text{pH} > 7$ ), temperatur tinggi serta warna yang pekat. Untuk menghilangkan atau mengurangi polutan tersebut, diperlukan pengolahan yang dapat memisahkan dan menghancurkan polutan yang terkandung didalamnya.

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT. Unitex mulai dibangun pada tahun 1988 diatas areal tanah seluas  $4000\text{M}^2$ . Biaya yang telah dikeluarkan untuk pembuatan IPAL beserta penyempurnaannya hingga akhir tahun 1994 sebesar Rp. 3,5 milyar. Biaya ini hanya 2% dari total biaya investasi. Sedangkan biaya pengolahan air limbah yang terdiri dari pembelian bahan-bahan kimia, listrik, operator dan sebagainya adalah Rp. <sup>400</sup>~~500~~ - Rp. <sup>450</sup>~~600~~ per meter kubik limbah cair yang diolah. Dengan adanya pengolahan air limbah, biaya yang dibebankan kepada ongkos produksi hanya 2% saja atau Rp. 23 - Rp. 25 per meter kain.

Dalam perkembangan selanjutnya IPAL terus mengalami perbaikan dan penambahan instalasi sejalan dengan peningkatan produksi. Kapasitas IPAL PT. Unitex mampu mengolah limbah cair sebesar  $5000\text{ m}^3$  per hari. Saat ini limbah cair yang diolah baru  $3000\text{ m}^3$  per hari.

c. Equalisasi

Bak equalisasi atau disebut juga bak air umum memiliki  $V$   $650 \text{ m}^3$  menampung limbah cair tidak berwarna. Oleh karena itu untuk memperlancar proses selanjutnya, limbah tersebut diaduk dengan menggunakan blower hingga mempunyai karakteristik yang sama yakni  $\text{pH} > 7$  dan temperatur  $> 32^\circ\text{C}$ . Sebelum kontak dengan sistem lumpur aktif, terlebih dahulu air melewati saringan halus dan cooling tower. Karena untuk proses aerasi memerlukan temperatur  $< 32^\circ\text{C}$ . Untuk mengalirkan air dari bak equalisasi ke bak aerasi digunakan dua buah submersible pump ( $Q$   $60 \text{ m}^3/\text{jam}$ ).

d. Saringan halus (bar screen  $Q$   $0,25$  inchi)

Air hasil equalisasi di pompakan menuju saringan halus yang bertujuan untuk memisahkan padatan dan larutan sehingga air limbah yang akan diolah bebas dari padatan kasar berupa sisa-sisa serat benang yang masih terbawa.

e. Cooling tower

Karakteristik limbah produksi tekstil umumnya mempunyai temperatur tinggi antara  $35^\circ - 40^\circ\text{C}$ , sehingga memerlukan pendinginan untuk menurunkan temperatur yang bertujuan mengoptimalkan kerja bakteri dalam sistem lumpur aktif. Karena temperatur yang diinginkan adalah antara  $29^\circ - 30^\circ\text{C}$ .

## 1. PROSES SEKUNDER

### a. Proses Biologi

PAL PT. Unitex saat ini memiliki empat bak aerasi dengan sistim lumpur aktif, yang pertama dua bak berbentuk oval dan dua bak berbentuk persegi panjang. Bak berbentuk oval mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bentuk persegi panjang. Karena pada bak oval tidak memerlukan blower sehingga dapat menghemat tenaga listrik, selain itu perputaran air relatif lebih sempurna dan waktu kontak bakteri dengan air limbah lebih merata serta tidak terjadi pengendapan lumpur seperti layaknya terjadi pada bak persegi panjang. Kapasitas dari ke empat bak aerasi adalah  $4175\text{m}^3$ . Pada masing-masing bak aerasi ini terdapat sparator yang mutlak diperlukan untuk mensuplai oksigen ke dalam air bagi kehidupan bakteri.

Parameter yang diukur dalam bak aerasi dengan sistim lumpur aktif ini adalah DO, MLSS dan temperatur. Dari pengalaman yang telah dijalani, parameter-parameter tersebut dijaga sehingga penguraian polutan yang berada dalam limbah dapat diuraikan semaksimal mungkin oleh bakteri. DO, MLSS dan temperatur yang diperlukan oleh bakteri tersebut berkisar antara 0,5 - 2,0 ppm ; 4000 - 6000 ppm ;  $29^\circ - 30^\circ\text{C}$ .

### b. Proses Sedimentasi

Bak sedimentasi II ( $V = 407\text{ m}^3$ ) mempunyai bentuk bundar pada bagian atasnya dan bagian bawahnya berbentuk konis yang dilengkapi dengan pangaduk (agitator) dengan putaran 2 rph.

## CATATAN KONSULTASI

No.	Tanggal	Konsultasi ke:	Keterangan	Paraf
	2-12-00	<u>VI</u>	Revisi Abstraksi	<i>[Signature]</i>
	6-12-00	<u>VII</u>	Dilanjutkan Konsultasi ke DPT	<i>[Signature]</i>
	$\frac{9}{12}$ 00		<ul style="list-style-type: none"> <li>= konsistensi dengan buku</li> <li>Analisis atau analisis?</li> <li>= apakah tidak ada keambiguan dari kata/proj block ke kata kearah kubus / silinder</li> <li>= semua data harus di tulis</li> <li>= terapan oleh pengelompokan</li> </ul>	<i>[Signature]</i>
	$\frac{20}{2}$ 00		<ul style="list-style-type: none"> <li>→ lengkapi 4 submis</li> <li>→ abstraksi</li> <li>→ daftar isi - Tabel</li> </ul>	<i>[Signature]</i>
	$\frac{23}{2}$ 00		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abstraksi di perpanjang</li> <li>alinia 1. latar belakang</li> <li>2. teori yang digunakan</li> <li>3. hasil</li> <li>4. kesimpulan</li> </ul>	<i>[Signature]</i>



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## DATA PEMERIKSAAN GRADASI AGREGAT HALUS

Jenis Benda Uji : Pasir  
Nama Benda Uji : \_\_\_\_\_  
Asal : Sungai Krasak  
Keperluan : Pemeriksaan bahan  
susun *pavingblock*

Diperiksa oleh :

1. Wahyu Hidayat 93 310 100  
2. Sabdo Luhur Utomo 93 310 168

Tanggal : 5 September 2000

### ALAT - ALAT

1. Timbangan kapasitas 20 kg
2. Mesin penggetar / mesin ayak
3. Saringan 1 (satu) set (# 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm dan pan)
4. Sikat baja ( kasar / halus )
5. Kuas, lap kaos
6. Piring, serok dan lain-lain

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)
4,75	0	0	0
2,36	149	7,45	7,45
1,18	397	19,85	27,30
0,60	589	29,45	56,75
0,30	429	21,45	78,20
0,15	278	13,90	92,10
Sisa	158	7,90	-
Jumlah	2.000	100	261,80

Modulus Halus Butir (mhb) =  $\frac{261,80}{100} = 2,6180$

Yogyakarta, 6 September 2000

Lab. BKT FTSP UII

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Sleman Yogyakarta  
(Sawarna)



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengujian : 19 September 2000

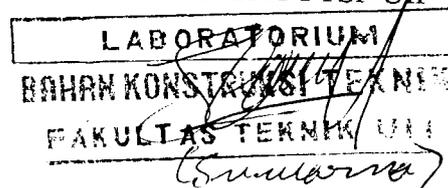
Sabdo Luhur U. 93 310 168

Umur : 7 Hari

Kode Sampel	Dimensi (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Desak Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IA	71	20,12	10,10	5,82	203,2120	1182,694	2,445	2,0673	500	250,9163
	72	20,14	10,08	5,99	203,0112	1216,037	2,496	2,0526	525	263,7227
	73	20,15	10,08	5,82	203,1120	1182,112	2,444	2,0675	480	240,9982
	74	20,12	10,08	5,94	202,8096	1204,689	2,481	2,0595	540	271,5273
	75	20,12	10,07	5,87	202,6084	1189,311	2,451	2,0609	510	256,6971
IB	71	20,17	10,08	5,77	203,3136	1173,119	2,415	2,0586	510	255,8067
	72	20,16	10,10	5,78	203,6160	1176,900	2,418	2,0545	490	245,4101
	73	20,15	10,10	5,79	203,5150	1178,352	2,411	2,0461	550	275,5970
	74	20,16	10,08	5,78	203,2128	1174,570	2,394	2,0382	520	260,9519
	75	20,16	10,08	5,79	203,2128	1176,602	2,413	2,0508	530	265,9702
IC	71	20,10	10,13	5,82	203,6130	1185,028	2,445	2,0632	450	225,3799
	72	20,17	10,11	5,81	203,9187	1184,768	2,363	1,9945	470	235,0439
	73	20,16	10,09	5,73	203,4144	1165,565	2,400	2,0591	430	215,5733
	74	20,15	10,08	5,82	203,1120	1182,112	2,370	2,0049	420	210,8734
	75	20,16	10,07	5,75	203,0112	1167,314	2,366	2,0269	415	208,4665
ID	71	20,15	10,07	5,77	202,9105	1170,794	2,356	2,0123	380	190,9797
	72	20,14	10,07	5,81	202,8098	1178,325	2,374	2,0147	330	165,9332
	73	20,17	10,07	5,75	203,1119	1167,893	2,351	2,0130	350	175,7280
	74	20,13	10,07	5,76	202,7091	1167,604	2,352	2,0144	290	145,8925
	75	20,13	10,08	5,78	202,9104	1172,822	2,362	2,0139	325	163,3380

Yogyakarta, 20 September 2000

Lab. BKT FTSP UII





# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengujian : 19 September 2000

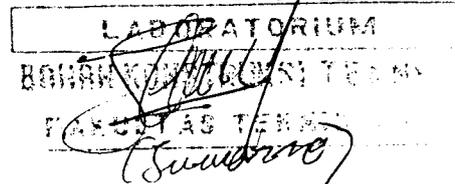
Sabdo Luhur U. 93 310 168

Umur : 7 Hari

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IE	71	20,11	10,05	5,76	202,1055	1164,128	2,289	1,9663	260	131,1908
	72	20,12	10,08	5,73	202,8096	1162,099	2,294	1,9740	270	135,7636
	73	20,13	10,07	5,80	202,7091	1175,713	2,405	2,0456	228	114,7017
	74	20,12	10,07	5,77	202,6084	1169,050	2,342	2,0033	213	107,2088
	75	20,13	10,12	5,77	203,7156	1175,439	2,400	2,0418	227	113,6344
IIA	71	20,15	10,08	5,74	203,1120	1165,863	2,261	1,9393	245	123,0095
	72	20,14	10,08	5,71	203,0112	1159,194	2,322	2,0031	272	136,6335
	73	20,14	10,07	5,71	202,8098	1158,044	2,254	1,9464	267	134,2550
	74	20,14	10,06	5,73	202,6084	1160,946	2,323	2,0010	320	161,0648
	75	20,13	10,08	5,74	202,9104	1164,706	2,278	1,9559	270	135,6962
IIB	71	20,13	10,06	5,76	202,5078	1166,445	2,170	1,8604	155	78,0545
	72	20,13	10,07	5,73	202,7091	1161,523	2,163	1,8622	158	78,4863
	73	20,13	10,08	5,76	202,9104	1168,764	2,181	1,8661	165	82,9254
	74	20,14	10,08	5,74	203,0112	1165,284	2,237	1,9197	193	96,9495
	75	20,14	10,06	5,74	202,6084	1162,972	2,204	1,8951	185	93,1156
IIC	71	20,14	10,05	5,78	202,4070	1169,912	2,092	1,7882	117	58,9479
	72	20,12	10,06	5,76	202,4072	1165,865	2,142	1,8373	120	60,4594
	73	20,12	10,06	5,85	202,4072	1184,082	2,116	1,7870	123	61,9708
	74	20,10	10,06	5,74	202,2060	1160,662	2,101	1,8102	125	63,0412
	75	20,13	10,07	5,76	202,7091	1167,604	2,075	1,7771	115	57,8539

Yogyakarta, 20 September 2000

Lab. BKT FTSP/UII





# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengujian : 19 September 2000

Sabdo Luhur U. 93 310 168

Umur : 7 Hari

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IID	71	20,13	10,06	5,78	202,5078	1170,495	1,999	1,7078	80	40,2862
	72	20,11	10,05	5,78	202,1055	1168,170	2,050	1,7549	76	38,3481
	73	20,13	10,05	5,76	202,3065	1165,285	1,999	1,7155	90	45,3671
	74	20,12	10,07	5,76	202,6084	1167,024	2,045	1,7523	87	43,7895
	75	20,12	10,06	5,79	202,4072	1171,938	2,073	1,7689	93	46,8560
IIE	71	20,10	10,05	5,78	202,0050	1167,589	1,953	1,6727	65	32,8140
	72	20,08	10,05	5,80	201,8040	1170,463	1,977	1,6891	58	29,3094
	73	20,10	10,05	5,83	202,0050	1177,689	2,001	1,6991	68	32,3285
	74	20,10	10,06	5,78	202,2060	1168,751	1,990	1,7027	60	30,2598
	75	20,10	10,06	5,79	202,2060	1170,773	2,002	1,7100	65	32,7814

Yogyakarta, 20 September 2000

Lab. BKT FTSP UII

LABORATORIUM  
 BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
 FAKULTAS TEKNIK UII  
 (Signature)



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

### HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengujian : 26 September 2000

Sabdo Luhur U. 93 310 168

Umur : 14 Hari

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IA	141	20.12	10.07	5.80	202.6084	1175.129	2.440	2.0764	560	281.8635
	142	20.12	10.05	5.78	202.2060	1168.751	2.402	2.0552	505	254.6863
	143	20.12	10.06	5.83	202.4072	1180.034	2.457	2.0821	605	304.8159
	144	20.13	10.07	5.83	202.7091	1181.794	2.459	2.0807	575	289.2696
	145	20.13	10.08	5.82	202.9104	1180.939	2.458	2.0814	560	281.4439
IB	141	20.09	10.06	5.74	202.1054	1160.085	2.384	2.0550	575	290.1337
	142	20.10	10.09	5.76	202.8090	1168.180	2.438	2.0870	580	291.6413
	143	20.06	10.08	5.74	202.2048	1160.656	2.400	2.0678	620	312.6860
	144	20.08	10.08	5.74	202.4064	1161.813	2.402	2.0675	590	297.2597
	145	20.10	10.06	5.71	202.2060	1154.596	2.367	2.0501	540	272.3378
IC	141	20.09	10.06	5.78	202.1054	1168.169	2.401	2.0554	510	257.3359
	142	20.08	10.08	5.74	202.4064	1161.813	2.390	2.0571	460	231.7618
	143	20.10	10.09	5.73	202.8090	1162.096	2.359	2.0300	460	231.3017
	144	20.08	10.06	5.79	202.0048	1169.608	2.383	2.0374	450	227.1742
	145	20.10	10.07	5.74	202.4070	1161.816	2.430	2.0916	495	249.3951
ID	141	20.10	10.06	5.79	202.2060	1170.773	2.371	2.0252	380	191.6451
	142	20.10	10.08	5.76	202.6080	1167.022	2.368	2.0291	420	211.3980
	143	20.10	10.08	5.78	202.6080	1171.074	2.379	2.0315	390	196.2982
	144	20.09	10.08	5.74	202.5072	1162.391	2.364	2.0337	440	221.5748
	145	20.09	10.08	5.78	202.5072	1170.492	2.373	2.0274	460	231.6464

Yogyakarta, 27 September 2000

Lab. BKT FTSP/UII

LABORATORIUM  
  
 (Sumarmo)



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

### HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000      Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100  
 Tanggal Pengujian : 26 September 2000      Sabdo Luhur U. 93 310 168  
 Umur : 14 Hari

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (kg)	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IE	141	20.10	10.07	5.77	202.4070	1167.888	2.346	2.0088	345	173.8208
	142	20.08	10.06	5.73	202.0048	1157.488	2.352	2.0320	350	176.6910
	143	20.09	10.06	5.78	202.1054	1168.169	2.342	2.0048	342	172.5665
	144	20.10	10.08	5.74	202.6080	1162.970	2.350	2.0207	346	174.1517
	145	20.10	10.08	5.76	202.6080	1167.022	2.351	2.0145	350	176.1650
IIA	141	20.13	10.09	5.74	203.1117	1165.861	2.279	1.9548	325	163.1761
	142	20.12	10.08	5.82	202.8096	1180.352	2.310	1.9570	298	149.8428
	143	20.13	10.07	5.76	202.7091	1167.604	2.285	1.9570	315	158.4694
	144	20.13	10.05	5.77	202.3065	1167.309	2.265	1.9404	295	148.7032
	145	20.13	10.06	5.74	202.5078	1162.395	2.292	1.9718	345	173.7343
IIB	141	20.14	10.07	5.77	202.8098	1170.213	2.233	1.9082	215	108.1080
	142	20.13	10.07	5.74	202.7091	1163.550	2.230	1.9165	217	109.1678
	143	20.13	10.07	5.77	202.7091	1169.632	2.230	1.9066	220	110.6771
	144	20.14	10.08	5.80	203.0112	1177.465	2.256	1.9160	235	118.0473
	145	20.13	10.07	5.77	202.7091	1169.632	2.237	1.9126	213	107.1555
IIC	141	20.12	10.05	5.76	202.2060	1164.707	2.134	1.8322	145	73.1277
	142	20.13	10.07	5.79	202.7091	1173.686	2.138	1.8216	140	70.4309
	143	20.13	10.09	5.78	203.1117	1173.986	2.130	1.8143	145	72.8017
	144	20.12	10.07	5.78	202.6084	1171.077	2.122	1.8120	145	72.9825
	145	20.12	10.05	5.77	202.2060	1166.729	2.130	1.8256	157	79.1797

Yogyakarta, 27 September 2000

Lab. BKT FTSP UII

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK

(Signature)



## LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

### HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

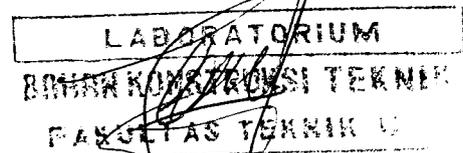
Tanggal Pembuatan : 12 September 2000  
Tanggal Pengujian : 26 September 2000  
Umur : 14 Hari

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100  
Sabdo Luhur U. 93 310 168

Kode Sampei	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (kg)	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IID	141	20.05	10.04	5.71	201.3020	1149.434	2.085	1.8139	120	60.7913
	142	20.07	10.05	5.78	201.7035	1165.846	2.048	1.7567	103	52.0753
	143	20.10	10.07	5.76	202.4070	1165.864	2.048	1.7566	105	52.9020
	144	20.07	10.05	5.80	201.7035	1169.880	2.007	1.7156	100	50.5586
	145	20.08	10.03	5.77	201.4024	1162.092	2.012	1.7314	95	48.1024
IIE	141	20.09	10.02	5.78	201.3018	1163.524	2.030	1.7447	100	50.6595
	142	20.10	10.06	5.79	202.2060	1170.773	2.000	1.7083	87	43.8766
	143	20.06	10.04	5.76	201.4024	1160.078	1.981	1.7076	85	43.0390
	144	20.08	10.09	5.80	202.6072	1175.122	2.008	1.7088	83	41.7764
	145	20.08	10.06	5.78	202.0048	1167.588	1.986	1.7009	85	42.9107

Yogyakarta, 27 September 2000

Lab. BKT FTSP/UII



(Suwono)



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2000

Sabdo Luhur U. 93 310 168

Umur : 28 Hari

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (kg)	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IA	281	20.12	10.08	5.82	202.8096	1180.352	2.444	2.0706	620	311.7535
	282	20.11	10.08	5.77	202.7988	1169.630	2.425	2.0733	580	291.7854
	283	20.10	10.09	5.76	202.8090	1168.180	2.424	2.0750	635	319.2969
	284	20.10	10.08	5.79	202.6080	1173.100	2.433	2.0740	620	312.0637
	285	20.14	10.06	5.78	202.6084	1171.077	2.431	2.0759	645	324.6463
IB	281	20.14	10.07	5.80	202.8098	1176.297	2.248	1.9111	635	319.2956
	282	20.13	10.04	5.83	202.1052	1178.273	2.374	2.0148	625	315.3630
	283	20.12	10.05	5.83	202.2060	1178.861	2.482	2.1054	700	353.0305
	284	20.14	10.07	5.82	202.8098	1180.353	2.456	2.0807	660	331.8663
	285	20.13	10.06	5.78	202.5078	1170.495	2.469	2.1094	650	327.3255
IC	281	20.14	10.07	5.75	202.8098	1166.156	2.375	2.0366	510	256.4422
	282	20.14	10.06	5.82	202.6084	1179.181	2.414	2.0472	500	251.6638
	283	20.13	10.06	5.78	202.5078	1170.495	2.402	2.0521	500	251.7888
	284	20.14	10.05	5.80	202.4070	1173.961	2.408	2.0512	470	236.7994
	285	20.12	10.04	5.80	202.0048	1171.628	2.403	2.0510	530	267.5607
ID	281	20.14	10.06	5.79	202.6084	1173.103	2.407	2.0518	470	236.5640
	282	20.14	10.05	5.80	202.4070	1173.961	2.387	2.0333	445	224.2036
	283	20.15	10.06	5.80	202.7090	1175.712	2.395	2.0371	445	223.8696
	284	20.14	10.05	5.80	202.4070	1173.961	2.353	2.0043	450	226.7228
	285	20.14	10.06	5.76	202.6084	1167.024	2.385	2.0437	460	231.5307

Yogyakarta, 11 Oktober 2000

Lab. BKT/ETSP/III

LABORATORIUM

BANGUNAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK UII

(Sumarna)



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2000

Sabdo Luhur U. 93 310 168

Umur : 28 Hari

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (kg)	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IE	281	20.14	10.06	5.78	202.6084	1171.077	2.323	1.9836	400	201.3310
	282	20.13	10.04	5.76	202.1052	1164.126	2.289	1.9663	390	196.7865
	283	20.12	10.08	5.77	202.8096	1170.211	2.335	1.9954	410	206.1596
	284	20.11	10.07	5.78	202.5077	1170.495	2.339	1.9983	390	196.3954
	285	20.12	10.07	5.78	202.6084	1171.077	2.333	1.9922	385	193.7811
IIA	281	20.08	10.06	5.75	202.0048	1161.528	2.268	1.9526	340	171.6427
	282	20.09	10.08	5.76	202.5072	1166.441	2.244	1.9238	335	168.6990
	283	20.09	10.06	5.75	202.1054	1162.106	2.269	1.9525	330	166.5115
	284	20.12	10.07	5.77	202.6084	1169.050	2.292	1.9606	330	166.0981
	285	20.10	10.07	5.76	202.4070	1165.864	2.288	1.9625	365	183.8974
IIB	281	20.13	10.05	5.78	202.3065	1169.332	2.257	1.9302	250	126.0197
	282	20.10	10.05	5.76	202.0050	1163.549	2.227	1.9140	270	136.3044
	283	20.10	10.08	5.79	202.6080	1173.100	2.200	1.8754	256	128.8521
	284	20.08	10.07	5.80	202.2056	1172.792	2.235	1.9057	285	143.7341
	285	20.07	10.09	5.75	202.5063	1164.411	2.185	1.8765	292	147.0458
IIC	281	20.09	10.06	5.80	202.1054	1172.211	2.118	1.8068	190	95.8703
	282	20.10	10.06	5.80	202.2060	1172.795	2.097	1.7880	183	92.2923
	283	20.10	10.07	5.83	202.4070	1180.033	2.110	1.7881	175	88.1700
	284	20.09	10.05	5.78	201.9045	1167.008	2.052	1.7583	160	80.8132
	285	20.12	10.05	5.77	202.2060	1166.729	2.090	1.7913	173	87.2490

Yogyakarta, 11 Oktober 2000

Lab. BKT FTSP UII  
LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK UII

(S. ...)



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL KUAT DESAK PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000  
Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2000  
Umur : 28 Hari

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100  
Sabdo Luhur U. 93 310 168

Kode Sampel	Ukuran (cm)			Luas (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Berat (kg)	Berat Satuan (kg)	Beban Max. (KN)	Kuat Desak (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Panjang	Lebar	Tinggi							
IID	281	20.14	10.03	5.80	202.0042	1171.624	1.980	1.6900	115	58.0558
	282	20.09	10.04	5.78	201.7036	1165.847	1.996	1.7121	128	64.7149
	283	20.10	10.05	5.80	202.0050	1171.629	1.949	1.6635	117	59.0652
	284	20.12	10.03	5.76	201.8036	1162.389	1.960	1.6862	115	58.1135
	285	20.09	10.05	5.78	201.9045	1167.008	1.983	1.6992	126	63.6404
IIE	281	20.07	10.06	5.79	201.9042	1169.025	1.930	1.6509	95	47.9829
	282	20.09	10.07	5.77	202.3063	1167.307	1.915	1.6405	90	45.3671
	283	20.08	10.05	5.78	201.8040	1166.427	1.955	1.6761	92	46.4907
	284	20.07	10.07	5.74	202.1049	1160.082	1.926	1.6602	97	48.9444
	285	20.08	10.07	5.75	202.2056	1162.682	1.920	1.6514	90	45.3897

Yogyakarta, 11 Oktober 2000

Lab. BKT FTSP UII

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

(Sawarna)



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL UJI DAYA SERAP AIR PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Penguji: Wahyu Hidayat 93 310 100

Tanggal Pengeringan : 09 Oktober 2000

Sabdo Luhur U. 93 310 168

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2000

Kode Sampel	Berat Basah Wb (gram)	Berat Basah Wb (gram)	Selisih Berat (gram)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)	
IA	D1	2535	2480	55	2.22	2.28
	D2	2568	2512	56	2.23	
	D3	2501	2445	56	2.29	
	D4	2525	2467	58	2.35	
	D5	2586	2528	58	2.29	
IB	D1	2516	2395	121	5.05	5.46
	D2	2492	2356	136	5.77	
	D3	2494	2361	133	5.63	
	D4	2491	2364	127	5.37	
	D5	2490	2361	129	5.46	
IC	D1	2478	2333	145	6.22	5.54
	D2	2488	2359	129	5.47	
	D3	2457	2321	136	5.86	
	D4	2452	2331	121	5.19	
	D5	2485	2367	118	4.99	
ID	D1	2473	2328	145	6.23	5.61
	D2	2478	2335	143	6.12	
	D3	2496	2353	143	6.08	
	D4	2457	2329	128	5.50	
	D5	2439	2342	97	4.14	

Yogyakarta, 11 Oktober 2000

Lab. BKT FTSP UII

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
(Sudarna)



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL UJI DAYA SERAP AIR PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000  
Tanggal Pengeringan : 09 Oktober 2000  
Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100  
Sabdo Luhur U. 93 310 168

Kode Sampel	Berat Basah Wb (gram)	Berat Basah Wb (gram)	Selisih Berat (gram)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)	
IE	D1	2429	2282	147	6.44	5.85
	D2	2447	2317	130	5.61	
	D3	2396	2263	133	5.88	
	D4	2385	2264	121	5.34	
	D5	2432	2295	137	5.97	
IIA	D1	2386	2239	147	6.57	8.06
	D2	2408	2218	190	8.57	
	D3	2415	2224	191	8.59	
	D4	2396	2246	150	6.68	
	D5	2427	2208	219	9.92	
IIB	D1	2365	2185	180	8.24	9.02
	D2	2356	2147	209	9.73	
	D3	2362	2152	210	9.76	
	D4	2368	2182	186	8.52	
	D5	2361	2169	192	8.85	
IIC	D1	2245	2025	220	10.86	11.94
	D2	2240	2001	239	11.94	
	D3	2270	2004	266	13.27	
	D4	2245	2005	240	11.97	
	D5	2240	2006	234	11.67	

Yogyakarta, 11 Oktober 2000  
Lab. BKT FTSP UII

LABORATORIUM  
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
*(Signature)*



# LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

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

## HASIL UJI DAYA SERAP AIR PAVINGBLOCK

Tanggal Pembuatan : 12 September 2000

Tanggal Pengeringan : 09 Oktober 2000

Tanggal Pengujian : 10 Oktober 2000

Penguji : Wahyu Hidayat 93 310 100

Sabdo Luhur U. 93 310 168

Kode Sampel	Berat Basah Wb (gram)	Berat Basah Wb (gram)	Selisih Berat (gram)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)	
IID	D1	2174	1943	231	11.89	12.24
	D2	2171	1933	238	12.31	
	D3	2134	1938	196	10.11	
	D4	2198	1915	283	14.78	
	D5	2139	1908	231	12.11	
IIE	D1	2084	1842	242	13.14	13.18
	D2	2095	1857	238	12.82	
	D3	2083	1840	243	13.21	
	D4	2077	1828	249	13.62	
	D5	2088	1846	242	13.11	

Yogyakarta, 11 Oktober 2000

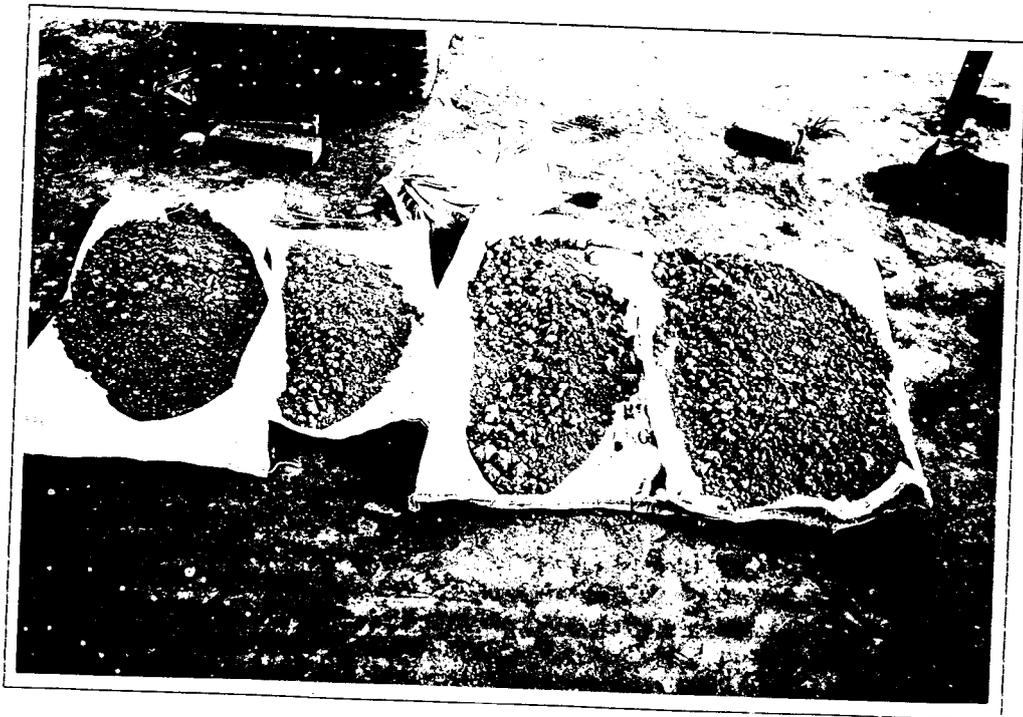
Lab. BKT FTSP UII

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

*Sumarmo*



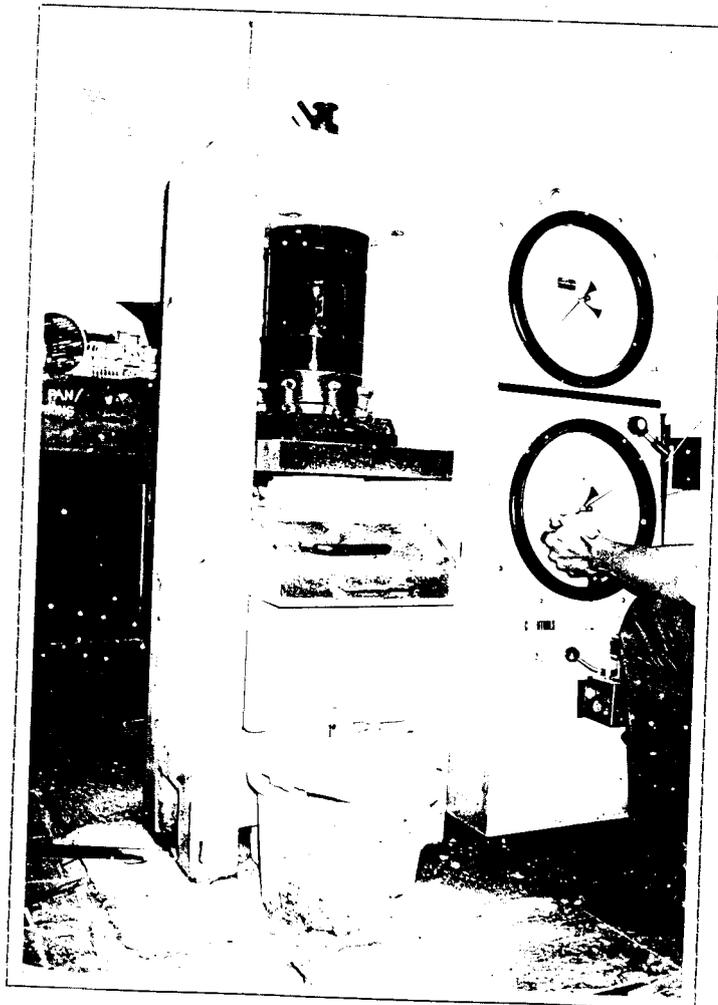
Gambar 1. Mesin Uji Desak Merk Control – Milano – Italia – Kapasitas 30 ton



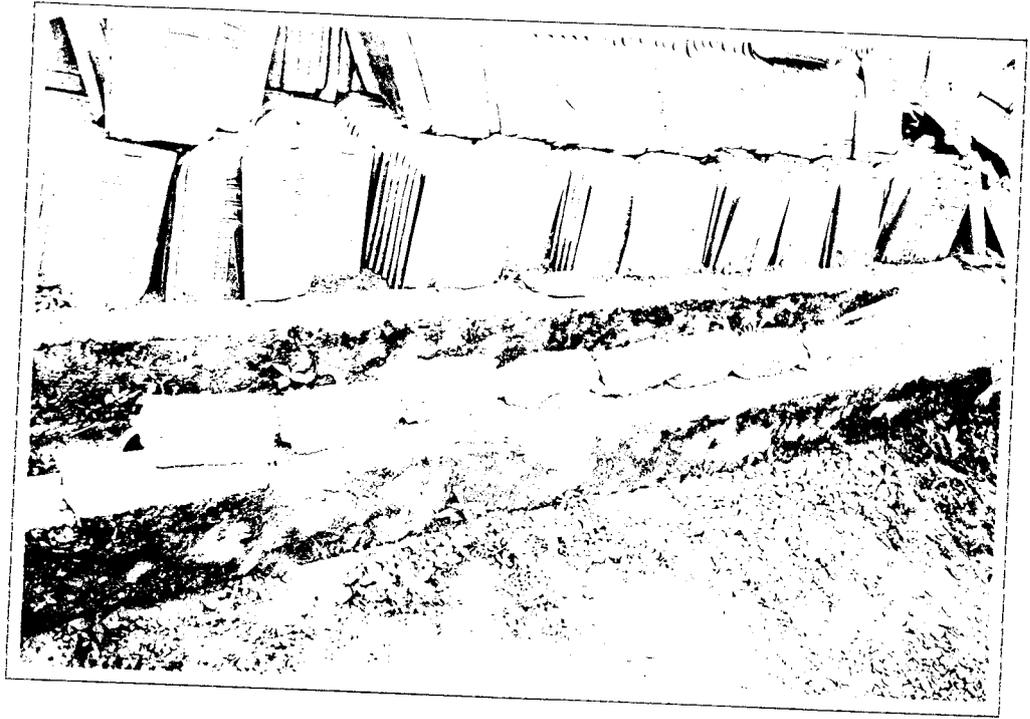
Gambar 2. Limbah Padat Industri Tekstil (*Sludge*)



Gambar 3. Benda Uji *Pavingblock*



Gambar 4. Pengujian Kuat Desak Benda Uji *Pavingblock*  
di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik  
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta



Gambar 5. Bentuk Benda Uji *Pavingblock* Pasca Pengujian Kuat Desak