

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LUMPUR DARI HASIL KERUKAN  
BENDUNGAN SENGGURUH SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF  
DALAM PEMBUATAN BATAKO**

Oleh :

**ABDUL GAFUR JAHUR  
01.26.046**



**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2008**

1971

MAJLIS PERKEMBARAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN

1971

PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN

PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN

PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN  
PERSEKUTUAN PERSEKUTUAN

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

PEMANFAATAN LUMPUR DARI HASIL KERUKAN BENDUNGAN  
SENGGURUH SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF DALAM PEMBUATAN  
BATAKO

Oleh:

ABDUL GAFUR JAHUR

01.26.046

Menyetujui  
Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

DR. Ir. Hery Setyobudiarso, Msc  
NIP. 131965844

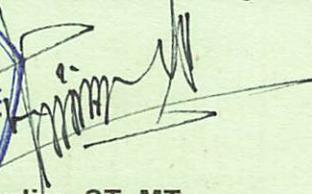
Dosen Pembimbing II

Ir. Raphael Sotang  
NIP.Y. 1018000028

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan



  
Sudiro, ST. MT  
NIP. Y. 1039900327

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PEMANFAATAN LUMPUR DARI HASIL KERUKAN BENDUNGAN  
SENGGURUH SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF DALAM PEMBUATAN  
BATAKO

Oleh:

ABDUL GAFUR JAHUR

01.26.046

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 19 Maret 2008.

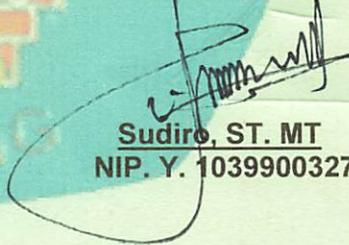
Mengetahui  
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Ketua



Ir. Agustina Nurul H., MTP  
NIP. Y. 103900214

Sekretaris



Sudiro, ST. MT  
NIP. Y. 1039900327

Dewan Penguji

Dosen Penguji I



Candra Dwi Ratna, ST. MT  
NIP.Y. 1030000349

Dosen Penguji II



Hardianto, ST. MT  
NIP.P. 1030000350

### ABSTRAKS

Sedimen memang memiliki zat cemar yang merugikan lingkungan. Namun zat-zat tersebut juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan. Materi inilah yang memiliki potensi untuk dikeruk dan dimanfaatkan menjadi produk olahan baru. Material ini banyak terdapat di bendungan Sengguruh, produk yang dapat dihasilkan dari limbah sungai yang banyak tertampung di bendungan Sengguruh diantaranya adalah hasil kerukan yang tertampung misalnya lumpur yang mengandung  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CaO}$  kandungan ini dapat meningkatkan mutu beton sehingga berpotensi dijadikan bahan baku/bahan sampingan pembuatan batako.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data yang diperlukan. Variasi perbandingan campuran bahan pembuat batako pada penelitian ini adalah :

- ▶ 1 semen : 5 pasir : 0 lumpur
- ▶ 1 semen : 3 pasir : 2 lumpur
- ▶ 1 semen : 2 pasir : 3 lumpur
- ▶ 1 semen : 1 pasir : 4 lumpur
- ▶ 1 semen : 0 pasir : 5 lumpur

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) Komposisi batako dengan kualitas terbaik dan memenuhi syarat mutu SNI 03-0349-1989 untuk tipe IV dengan kuat tekan  $34,77 \text{ kg/cm}^2$  adalah komposisi (B) 1:3:2. Lumpur Bendungan Sengguruh Malang yang dihasilkan dapat 100% dimanfaatkan sebagai salah satu bahan dasar pembuatan batako. (2) Penggunaan lumpur sebagai salah satu bahan dasar pembuatan batako berpengaruh buruk terhadap uji syarat mutu batako dan uji leaching yang dihasilkan yaitu komposisi (E) 1:0:5. (3) Hasil uji leaching logam berat pada semua batako yang dihasilkan dalam penelitian ini masih berada dibawah baku mutu uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang diijinkan.

---

**Kata Kunci** : Batako, Kuat Tekan, Lumpur, Leaching, Penyerapan Air

---

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat ALLAH SWT, berkat rahmat dan Hidayahnya sehingga penyusun dapat melaksanakan dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisis data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari keikutsertaan semua pihak yang dengan tulus dan ikhlas membantu dalam memberikan semangat dan bimbingan dalam penyusunan skripsi. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak SUDIRO, ST. MT. Selaku Ketua jurusan teknik lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ibu Anis Artiyani ST Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan.
3. Bapak Dr.Ir.HERY SETYOBUDIARSO, MSi. Selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Ir. Raphael Sotang Selaku Dosen Pembimbing II
5. Ibu Candra Dwi Ratna ST, MT Selaku Dosen Penguji I.
6. Bapak Hardianto ST, MT Selaku Dosen Penguji II.
7. Ibu Tuani Lidiawati ST, MT Selaku Dosen Pembimbing
8. Kepada seluruh Staf dan Dosen-dosen Pengajar Teknik Lingkungan ITN Malang.
9. Bapak dan Ibuku yang tercinta dan tersayang, yang selalu mendukung dalam doa, kepercayaan serta dukungan moral dan materi demi kelancaran studi.
10. My Brothers all, thanks for support and affection, baik materi maupun doa.
11. Buat semua teman dan para sahabat ku yang cuuuuuakep-cuuuuuakep dan muuuuuuanis-muuuuuanis 2001 Khususnya dan warga Teknik Lingkungan umumnya.

Penyusun menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, bahasa, kajian dan hal-hal lainnya, Namun terlepas dari kekurangan tersebut penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun, guna penyusunan laporan yang lebih baik berikutnya.

Penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya rekan-rekan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang dan Masyarakat luas pada umumnya

Malang, Maret 2008

Penyusun

## DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan .....	i
Abstrak.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv-vii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Lampiran.....	x

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup.....	3
1.6. Hipotesis Penelitian.....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Batako.....	5
2.1.1. Umum.....	5
2.1.2. Klasifikasi.....	5
2.1.3. Keuntungan Pemakaian Batako.....	6
2.1.4. Pembuatan Batako.....	7
2.1.5. Syarat Mutu Batako.....	7
2.2. Semen.....	8
2.2.1. Umum.....	8
2.2.2. Semen Portland.....	9
2.2.2.1. Hidrasi Semen Portland.....	14
2.3. Agregat.....	19
2.3.1. Umum.....	19

2.3.2. Syarat Mutu Agregat.....	19
2.3.3. Karakteristik Agregat.....	20
2.4. Air.....	23
2.5. Curing.....	24
2.5.1. Definisi.....	24
2.5.2. Tujuan Curing.....	24
2.6. Lumpur.....	24
2.6.1. Karakteristik Lumpur.....	26
2.6.2. Kandungan Organik.....	26
2.7. Logam Berat.....	27
2.7.1. Pengertian Logam Berat.....	27
2.7.2. Kandungan Logam Berat.....	27
2.7.2.1. Bes (Fe).....	28
2.7.2.1.1. Gambaran Umum.....	28
2.7.2.1.2. Efek Fe Terhadap Mahluk Hidup.....	28
2.7.2.1.3. Tingkat Fe normal Dalam Tubuh.....	29
2.7.2.2. Timbal (Pb).....	29
2.7.2.2.1. Gambaran Umum.....	29
2.7.2.2.2. Efek Pb .....	29
2.7.2.2.3. Tiongkat Pb Normal Dalam Tubuh.....	30
2.8. Metode Pengolahan Data.....	30
2.8.1. Statistik Deskriptif.....	31
2.8.2. Statistik Inferensi.....	33

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Umum.....	35
3.2. Bentuk Penelitian.....	35
3.3. Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian.....	35
3.4. Variabel Penelitian.....	35
3.5. Pelaksanaan Penelitian Pendahuluan.....	36
3.6. Tahapan Penelitian.....	36
3.6.1. Komposisi Campuran.....	37

3.6.1.1. Pembuatan Batako.....	38
3.7. Uji Kelayakan Mutu Batako.....	38
3.8. Kerangka Penelitian.....	40

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Hasil Analisa Pendahuluan.....	41
4.2. Hasil Penelitian Uji Syarat Mutu Batako.....	41
4.2.1. Hasil Penelitian Uji Kuat Tekan Batako.....	41
4.2.2. Hasil Penelitian Uji Penyerapan Air Batako.....	43
4.2.3 Hasil Penelitian Uji Leaching Batako.....	44
4.3. Analisa Data.....	45
4.3.1. Analisa Uji Kuat Tekan Batako.....	45
4.3.1.1. Analisa Deskriptis.....	46
4.3.1.2. Analisa Anova.....	47
4.3.1.3. Analisa Duncan.....	47
4.3.2. Analisa Hasil Uji Penyerapan Air Batako.....	48
4.3.2.1. Analisa Deskriptis.....	49
4.3.2.2. Analisa Anova.....	49
4.3.2.3. Analisa Duncan.....	50
4.3.3. Analisa Hasil Uji Leaching Batako.....	51
4.3.3.1. Analisa Deskriptis.....	52
4.3.3.2. Analisa Anova.....	52
4.3.3.3. Analisa Duncan.....	53
4.4. Pembahasan.....	54
4.4.1. Uji Kuat Tekan Batako.....	54
4.4.2. Uji Penyerapan Air Batako.....	56
4.4.3. Uji Leaching Batako.....	58
4.5. Menentukan Komposisi Terbaik.....	60
4.6. Analisa Kelayakan Lingkungan.....	60
4.7. Nilai Ekonomi Batako.....	62

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....	65
5.2. Saran.....	65

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran Dan Jenis Bata.....	6
Tabel 2.2	Syarat Fisis Batako.....	8
Table 2.3	Penggunaan Dan Karakteristik Tipe Semen Portland.....	12
Table 2.4	Persyaratan Mutu Semen Portland.....	12
Table 2.5	Spesifikasi Teknis Semen Gresik Type I.....	13
Tabel 2.6	Spesifikasi Agregat Yang Digunakan Dalam Beton.....	20
Tabel 2.7	Kandungan Organik Lumpur Terhadap Kering Oven 105.....	27
Tabel 3.1	Komposisi Bahan Batako Dengan Komposisi Limbah Lumpur..	38
Tabel 4.1	Kualitas Awal Lumpur Bendungan Sengguruh Malang.....	41
Tabel 4.2	Nilai Kuata Tekan Batako.....	42
Tabel 4.3	Nilai Penyerapan Air Batako.....	43
Tabel 4.4	Konsentrasi akhir Logam Berat Dalam Batako.....	45
Tabel 4.5	Analisis Deskriptif Kuat Tekan Batako.....	46
Table 4.6	Analisis Anova Nilai Kuat Tekan Batako.....	47
Table 4.7	Nilai uji Duncan Kuat Tekan.....	47
Table 4.8	Analisis Deskriptif Penyerapan Air Batako.....	49
Tabel 4.9	Analisis Anova Nilai Penyerapan Air Batako.....	49
Tabel 4.10	Nilai uji Duncan Penyerapan Air.....	50
Table 4.11	Analisis Deskriptif Leaching Batako.....	52
Tabel 4.9	Analisis Anova Nilai Leaching Batako.....	52
Tabel 4.10	Nilai uji Duncan Leaching Batako.....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ukuran Dan Jenis Batako.....	7
Gambar 2.2. Hasil Proses Hidrasi .....	17
Gambar 2.3. Perkembangan Mikrostruktur Pada Proses Hidrasi Pasta Semen.....	18
Gambar 2.4. Skematis Angkutan Sedimen.....	25
Gambar 2.5. Mekanisme Proses Pengikatan Logam Berat Dalam Pasta Semen.....	28
Gambar 2.6. Diagram Kontrol <i>Shewhart</i> .....	32
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian.....	40
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Porsentase Lumpur Dengan Rata-rata Kuat Tekan.....	46
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Porsentase Lumpur Dengan Rata-rata Penyerapan Air	48
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Porsentase Lumpur Dengan Rata-rata Leaching.....	51
Gambar 4.4. Ukuran Bagian-bagian Batako.....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Cara Kerja Analisa Parameter Uji.....	A
Lampiran	Data Hasil Parameter Uji.....	B
Lampiran	Tabel Statistik.....	C
Lampiran	Analisis Statistik.....	D
Lampiran	Dokumentasi Penelitian.....	E
Lampiran	SNI Bata Beton 03-0349-1989.....	F

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lumpur selalu menjadi persoalan karena dibiarkan menumpuk begitu saja. Maka permasalahan yang akan terjadi adalah bau yang tidak sedap, lalat yang bebas berterbangan, atau gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh timbunan lumpur yang terlantar. Dalam kondisi apapun, lumpur yang menumpuk sudah pasti akan mengganggu pemandangan dan berpotensi mencemari lingkungan.

Sungai sebagai tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan, (*Rasif, 1994 dalam, Agustina Uba Ina, 2001*). Tidak dipungkiri akan dimanfaatkan sebagai saluran pembuangan air kotor (limbah), oleh masyarakat, kegiatan industri, dan pabrik, juga sebagai saluran pembuangan limbah padat.

Jika sungai sudah tersedia kelancaran alirannya sebaiknya selalu dijaga, limbah apapun yang dibuang di sungai dapat mengganggu kesehatan dan kelancaran aliran air. Sampah yang terapung dan menumpuk akan menghalangi aliran air, sementara lumpur atau tanah yang terbawa air dan sampah yang lebih berat akan menjadi endapan, endapan ini lama kelamaan mengakibatkan pendangkalan sungai, Akibatnya air mudah menggenang dan pada saat musim penghujan aliran sungai akan mudah meluap. Luapan sungai ini akan mengotori lingkungan dalam skala cukup besar, sehingga banjir tidak mungkin dicegah.

Pengendapan (agradasi) adalah suatu keadaan dimana debit sedimen seimbang dalam satu satuan waktu. Proses ini akan mengurangi kemiringan dasar sungai (pendangkalan) dan mungkin akan menyebabkan proses pelebaran sungai, misalnya: agradasi di hulu Bendung/bendungan, agradasi di hulu bangunan-bangunan pengatur sungai (check dam, zabo dam) dan lain-lain (*Priyantoro, 1987 dalam Agustina Uba Ina, 2001*).

Penanganan limbah tentu membutuhkan biaya yang cukup besar, terutama jika di lakukan dalam skala besar. Hal ini yang membuat masyarakat enggan membersihkan lingkungan sendiri (sungai). Waktu, tenaga, bahkan mungkin biaya

telah dikeluarkan, tetapi hasilnya tidak nyata secara ekonomis. Untuk itu masyarakat dimotivasi bahwa kebersihan lingkungan bukan hanya untuk kepentingan lingkungan sendiri, tetapi juga akan berdampak pada lingkungan lain di sekitarnya. Penyuluhan tentang pemanfaatan sampah/limbah juga perlu dilakukan karena sampah/limbah ternyata mengandung material yang dapat diolah.

Semua jenis limbah memang memiliki zat cemar yang merugikan lingkungan. Namun zat-zat tersebut juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan. Material inilah yang memiliki potensi untuk dikeruk dan dimanfaatkan mejadi produk olahan baru. Material ini banyak terdapat di bendungan Sengguruh, produk yang dapat dihasilkan dari limbah sungai yang banyak tertampung di bendungan Sengguruh antara lain dari hasil kerukan yang tertampung misalnya, endapan lumpur, sampah organik, dan anorganik sebagian material ini sangat berpotensi dijadikan bahan baku/bahan sampingan pembuatan batako.

Penelitian terdahulu tentang pemanfaatan limbah dalam pembuatan bahan bangunan diantaranya adalah pemanfaatan lumpur Got sebagai batako oleh sangar kegiatan belajar (SKB) Cilandak, Jakarta Selatan, (1999). Selain itu penelitian tentang limbah got juga pernah dilakukan oleh Yayasan Samai Alam Lestari yang mengemukakan hasil temuannya dilapangan bahwa limbah got terdiri dari 70% pasir, 20% lumpur, serta 10% berupa sampah yang tergenang ini dimanfaatkan sebagai bahan bangunan (batako dan paving block). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sangar kegiatan belajar (SKB), dan Penebar Swadaya, dengan memanfaatkan limbah got sebagai bahan bangunan yaitu batako dengan komposisi, semen limbah, Pasir, lumpur, dan koral memiliki kualitas yang cukup bagus (kuat tekan 97,9 kg/cm<sup>2</sup>), (*Mutawakil 2006, dan Bambang.S, 2007*).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari penjelasan diatas. Maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah komposisi campuran bahan-bahan (semen, pasir, dan lumpur) dapat menghasilkan batako yang memenuhi syarat menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)

2. Apakah zat cemar yang ada dalam limbah lumpur aman bagi lingkungan apa bila dimanfaatkan sebagai pembuatan batako.

### **1.3. Maksud dan tujuan**

Maksud dari pembuatan batako menggunakan limbah Bendungan Sengguruh (lumpur) ini adalah untuk mengimbangi eksploitasi alam dan membuka peluang usaha baru bagi masyarakat sekitar/meningkatkan perekonomian masyarakat.

Tujuan penelitian ini adalah:

- Untuk menentukan komposisi campuran bahan-bahan (semen, pasir, dan lumpur) yang dapat menghasilkan batako yang memenuhi syarat menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)
- Mengetahui jaminan keamanan dari zat cemar yang ada dalam limbah lumpur, jika digunakan dalam bangunan.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Memberi masukan kepada masyarakat bahwa limbah dari Bendungan Sengguruh (lumpur) dapat dimanfaatkan sehingga dapat bernilai ekonomis untuk memenuhi kebutuhan bahan bangunan serta memasyarakatkan pemakaian bahan alternatif.

### **1.5. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, pasir, lumpur, dan air.
2. Bahan baku (lumpur) diambil dari daerah bendungan Sengguruh di Kabupaten Malang
3. Menggunakan semen tipe I sebagai bahan pengikat.
4. Menggunakan pasir yang berasal dari Kabupaten Lumajang berkualitas bagus dan lumpur (agregat).
5. Uji kelayakan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil ITN Malang.
6. Air yang digunakan adalah air PDAM.

7. Uji kelayakan yang di lakukan meliputi, uji kuat tekan, uji penyerapan air, dan uji leaching
8. Variasi komposisi 0%, 40%, 60%, 80%, dan 100%

### 1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian adalah dugaan awal dari suatu penelitian yang hendak dilakukan, dan dipakai sebagai bahan pertimbangan yang perlu dikaji lebih lanjut dalam penelitian untuk mendapatkan kesimpulan akhir yang akurat.

Ada dua bentuk hipotesis yaitu :

1. Hipotesis nol ( $H_0$ ) yaitu menyatakan tidak adanya pengaruh penggunaan limbah (lumpur) sebagai salah satu bahan agregat pengganti pasir pada pembuatan batako.
2. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) yaitu menyatakan adanya pengaruh penggunaan limbah (lumpur) sebagai salah satu bahan agregat pengganti pasir pada pembuatan batako terhadap uji kelayakan batako.

Pada penelitian ini digunakan hipotesis alternatif ( $H_a$ ), sehingga rumusan hipotesisnya adalah :

*“Terdapat pengaruh penggunaan limbah (lumpur) sebagai bahan alternatif pengganti pasir pada pembuatan batako terhadap uji syarat mutu batako dan uji leaching”*

Sehingga hipotesis statistiknya dapat dirumuskan :

1.  $H_a = \mu_{a1} \neq \mu_{a2} \neq \mu_{a3} \neq \mu_{a4} \neq \mu_{a5} \neq \mu_n$
2.  $H_a = \mu_{b1} \neq \mu_{b2} \neq \mu_{b3} \neq \mu_{b4} \neq \mu_{b5} \neq \mu_{bn}$
3.  $H_a = \mu_{c1} \neq \mu_{c2} \neq \mu_{c3} \neq \mu_{c4} \neq \mu_{c5} \neq \mu_{cn}$

Dimana :

- $\mu$  = nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan.
- a = variabel kuat tekan
- b = variabel penyerapan air
- c = variabel leaching

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batako**

##### **2.1.1 Umum**

Batako adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen, air dan agregat yang digunakan untuk pemasangan dinding. Batako merupakan tipe bahan bangunan yang bersifat ekonomis, batako mempunyai berbagai macam bentuk dan ukuran sehingga mudah untuk disesuaikan dengan bentuk-bentuk arsitektur yang ada. Batako juga dapat digunakan untuk meredam suara dan juga mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca serta mempunyai ketahanan terhadap api.

##### **2.1.2 Klasifikasi**

Batako mempunyai berbagai macam variasi, (SNI 04-1989) diantaranya adalah :

1. Batako mutu I, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).
2. Batako mutu II, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi dibawah atap)
3. Batako mutu III, adalah batako yang hanya digunakan untuk hal-hal seperti yang tersebut dalam mutu IV hanya permukaan dinding/konstruksi dari batako tersebut boleh tidak di plester.
4. Batako mutu IV, adalah batako yang dipergunakan hanya untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindungi dari hujan dan terik matahari (di bawah atap).

### 2.1.3 Keuntungan Pemakaian Batako

Keuntungan - keuntungan jika memakai batako :

1. Tiap m<sup>2</sup> pasangan tembok membutuhkan lebih sedikit batako jika dibandingkan dengan bata merah, berarti secara kuantitatif terdapat suatu penghematan.
2. Karena ukurannya besar praktis waktu dan ongkos pemasangan lebih hemat.
3. Bila pekerjaannya rapih tak perlu diplester.

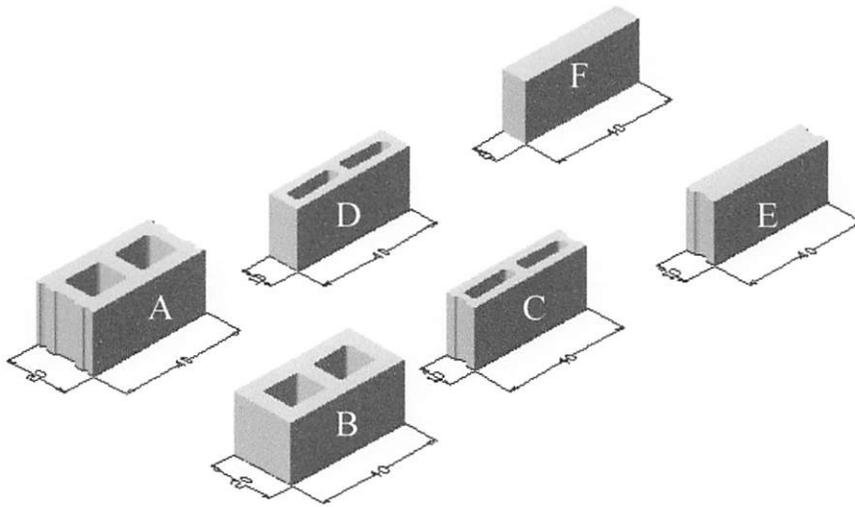
Adapun ukuran dan jenis-jenis batako dapat dilihat pada tabel 2.1.

(Heinz Frick, 1980)

**Tabel 2.1 ukuran dan jenis bata.**

Tipe	Ukuran (cm <sup>3</sup> ) P x l x T	Jenis dan pemakaiannya
A	40 x 20 x 20	Berlubang, dapat dipakai sebagai pemikul.
B	40 x 20 x 20	Berlubang dipakai sebagai batu penutup pada sudut dan pertemuan tembok.
C	40 x 10 x 20	Berlubang, dapat dipakai sebagai dinding pengisi.
D	40 x 10 x 20	Berlubang, dapat dipakai sebagai penutup dan dinding pengisi .
E	40 x 10 x 20	Tidak berlubang, dipakai sebagai dinding pemisah dan pemikul untuk muatan muatan tertentu saja.
F	40x 8 x 20	Tidak berlubang, dapat dipakai sebagai dinding pengisi.

Sumber: Supribadi (1986)



**Gambar 2.1. Ukuran dan jenis batako**

#### **2.1.4 Pembuatan Batako**

Pembuatan batako dapat dilakukan dengan cara manual atau dengan bantuan mesin. Menurut Anonim, (1984) adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan pencampuran bahan pembuat batako sesuai komposisi yang ditentukan.
2. Ditambah air sedikit demi sedikit dan dilakukan pengadukan agar campuran merata.
3. Untuk mengetahui kadar air yang digunakan terlalu banyak atau terlalu sedikit maka diambil campuran batako satu gengam kemudian ditekan dengan tangan, jika terlalu basah maka air terlalu banyak dan jika tangan kering maka air yang ditambahkan kurang.
4. Kemudian batako siap di cetak, setelah batako jadi, dilakukan penyimpanan.

#### **2.1.5 Syarat Mutu Batako**

Dalam pembuatan batako harus memenuhi syarat mutu yang ditetapkan menurut SNI 13-0349-1989 Bata beton untuk pasangan dinding, yaitu:

1. Tampak luar
  - Bidang permukaannya tidak cacat.

- Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan.
- Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

## 2. Syarat fisis batako

Bata beton harus memenuhi syarat-syarat fisis dapat dilihat pada tabel 2.2

**Tabel. 2.2. syarat fisis batako.**

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata			
		I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata min	Kg/cm <sup>2</sup>	70	50	35	20
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	Kg/cm <sup>2</sup>	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata maks	%	25	35	-	-

\* Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji pecah dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata, termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

Sumber: SNI-03-0349-1989

## 2.2 Semen

### 2.2.1 Umum

Semen adalah senyawa kimia yang mengalami perubahan dari senyawa-senyawa yang tidak stabil menjadi bentuk stabil disertai dengan pelepasan energi panas. Semen dipakai sebagai petunjuk sekelompok bahan ikat hidrolik untuk pembuatan beton. Hidrolik berarti:

- o Semen bereaksi dengan air dan membentuk suatu batuan massa.
- o Suatu produksi keras (batuan-semen) yang kedap air.

Semen merupakan hasil produk yang dibuat di pabrik semen. Pabrik-pabrik semen memproduksi bermacam-macam jenis semen dengan sifat-sifat dan karakteristik yang berlainan. Semen dibedakan dalam dua kelompok yaitu:

- a. Semen dari bahan klinker
  - o Semen portland
  - o Semen portlan abu terbang
  - o Semen portland berkadar besi

- o Semen tanur tinggi (hoogovenement)
  - o Semen portland tras/pozzolan
  - o Semen portland putih
- b. Semen-semen lain
- o Aluminium semen
  - o Semen bersulfat

### 2.2.2 Semen Portland

Semen portland (PC) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker, yang terdiri dari silikat-silikat kalsium hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (ASTM C-150,1985).

Bahan baku semen portland adalah campuran dari batu gamping yang mengandung CaO, tanah liat dan endapan yang mengandung SiO<sub>2</sub> dan S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pasir silikat dan pasir besi dengan persentase tertentu. Campuran tersebut kemudian digiling menjadi serbuk, lalu dibakar dalam tanur dengan suhu 1350-1400 °C, kemudian didinginkan secara mendadak dan hasilnya disebut terak (klinker), terak terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis. Langkah selanjutnya dilakukan penggilingan akhir dengan mencampur terak gypsum sampai semen mencapai derajat kehalusan tertentu.

Klinker semen portland dibuat dari batu kapur, tanah liat dan bahan dasar berkadar besi. Jumlah batu kapur yang dipakai disini sangat banyak, sehingga pabrik semen yang dibangun biasanya dekat dengan gunung kapur Bahan dasar dari klinker semen portland dapat dipabrikasikan dalam dua proses (basah dan kering). Pada proses basah, sebelum dibakar bahan dicampur dengan air dan digiling sehingga berbentuk bubur halus (*slurry*). Pada proses kering, bahan dasar dicampur dan digiling dalam keadaan kering menjadi bubuk kasar. Selanjutnya kedua proses ini dibakar dalam tanur pada temperatur 1400<sup>o</sup>C sehingga diperoleh klinker semen portland.

Ketika semen dicampur dengan air timbullah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air, pada tingkatan awal, sejumlah kecil dari retader (gips) cepat terlarut dan dapat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi ini menghasilkan

bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Ada empat macam senyawa yang paling penting yaitu:

Dikalsium silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	atau	$\text{C}_2\text{S}$
Trikalsium silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	atau	$\text{C}_3\text{S}$
Trikalsium aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	atau	$\text{C}_3\text{A}$
Tetra kalsium aluminat ferrit	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$	atau	$\text{C}_4\text{AF}$

Menurut standart kualitas semen, Bogue (1986) merumuskan unsur-unsur dalam portland adalah sebagai berikut :

- $\text{C}_2\text{S}$  kadar dalam semen 8 – 15 %
- $\text{C}_3\text{S}$  kadar dalam semen 58 – 69%
- $\text{C}_3\text{A}$  kadar dalam semen 2 – 12%
- $\text{C}_4\text{AF}$  kadar dalam semen 6 – 14%

Masing-masing sifat dari komponen diatas adalah sebagai berikut:

#### 1. Dikalsium silikat ( $\text{C}_2\text{S}$ )

- $\text{C}_2\text{S}$  akan mengeras pada reaksi dengan penambahan air dan menimbulkan panas 12 kalori/gram setelah 3 hari.
- Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat.
- Berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan yang terjadi selama 14 – 28 hari.
- Tahan terhadap agresi kimia yang tinggi.
- Mengalami penyusutan kering yang relatif rendah.

#### 2. Trikalsium silikat ( $\text{C}_3\text{S}$ )

- Senyawa ini mengeras dan kaku jika ditambahkan air dalam beberapa jam saja, dengan melepas sejumlah panas.
- Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan pada 14 hari pertama.
- $\text{C}_3\text{S}$  juga menunjang kekuatan awal semen dan menimbulkan panas hidrasi kurang lebih 58 kalori/gram setelah 3 hari.

#### 3. Trikalsium Aluminat ( $\text{C}_3\text{A}$ )

- Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas yaitu 212 kalori/gram setelah 3 hari.

- Perkembangan kekuatan awal terjadi pada 1- 2 hari, tetapi sangat rendah
- Kurang ketahanannya terhadap agresi kimia.
- Mudah mengalami retak-retak karena perubahan volume.

#### 4. Tetrakalsium Alumini Ferit ( $C_4AF$ )

- Cepat bereaksi dengan air dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi 69 kalori/gram. Warna abu-abu pada semen disebabkan oleh  $C_4AF$
- Tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat semen lainnya.
- Bereaksi cepat dengan air tetapi tidak banyak menghasilkan panas dan kekuatan.

Keempat komponen diatas menentukan ikatan dan pengerasan dalam semen apabila dicampur dan diaduk dengan air, tetapi yang paling menentukan adalah komponen  $C_3S$  dan  $C_2S$ . Kedua bahan ini merupakan 70% dari seluruh bahan semen. Disamping komponen utama juga ada bahan-bahan dalam jumlah kecil tetapi mempengaruhi sifat-sifat semen, seperti :

- **Magnesia ( $MgO$ )**

Bilamana oksida magnesium tercampur dengan air, maka hal ini akan diikuti oleh penambahan volume. Dengan sendirinya penambahan volume ini akan dialami oleh beton menggunakan bahan tersebut disertai retak-retak. Kadar  $MgO$  dibatasi sampai 5%.

- **Sisa Asam Sulfit (*Sulphuric Anhydrate*),  $SO_3$**

$SO_3$  dalam semen portland berfungsi sebagai pengatur waktu pengikat semen.  $SO_3$  terdapat dalam gips  $CaSO_4$ . Apabila kadar gips terlalu tinggi maka selama berlangsungnya proses pengerasan akan timbul pengembangan gips, sehingga biasanya dibatasi 2,5 – 3%.

- **Alkali  $Na_2O$  dan  $K_2O$**

$Na_2O$  dan  $K_2O$  selalu dijumpai dalam bahan-bahan baku untuk semen. Apabila digunakan agregat sebagai campuran beton mengandung silikat reaktif, maka timbul reaksi yang merugikan beton.

Menurut American society for Testing and Material (ASTM), semen portland diklasifikasikan menjadi 5 tipe yaitu tipe I, II, III, IV, V. Klasifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Penggunaan dan Karakteristik Tipe Semen Portland

Type ASTM	Penggunaan untuk	Karakteristik	Prosentase			
			C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
<u>Type I</u> Standart	Bangunan beton biasa	-	53	24	8	8
<u>Type II</u> Modified panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat sedang	Pembetonan massal dan biasa	-	47 max 50	32	3	12
<u>Type III</u> Cepat mengeras, kecepatan awal tinggi	Pembetonan di musim dingin	Mempunyai kadar C <sub>3</sub> A dan C <sub>3</sub> S yang tinggi	58	16	8	8
<u>Type IV</u> Panas hidrasi rendah	Pembetonan massal	Kadar rendah dari C <sub>3</sub> A dan C <sub>3</sub> S	26 max 35	54 min 40	2 max 7	12
<u>Type V</u> Tahan terhadap sulfat	Air mengandung sulfat atau air laut	Kadar rendah dari C <sub>3</sub> A dan C <sub>3</sub> S	max 50	-	max 5	-
Semen putih	Beton khusus putih	-	51	26	11	1

Sumber: ASTM C-150-80

Sedangkan persyaratan mutu semen Portland dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Persyaratan Mutu Semen Portland

Uraian	Jenis				
	I	II	III	IV	V
<b>Kehalusan</b>					
Sisa diatas ayakan 0,09 mm maks % berat.	10	10	10	10	10
Dengan alat Blaine, cm <sup>3</sup> /gr, minimum	2800	2800	2800	2800	2800
<b>Waktu pengikatan dengan alat vicat</b>					
Awal, menit, minimum	60	60	60	60	60
Akhir, jam, maksimum	8	8	8	8	8
<b>Kekekalan</b>					
Pemuaian dalam autoclave, % maks.	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Kekuatan tekan</b>					
1 hari, kg/cm <sup>2</sup> , minimum	-	-	125	-	-
1 + 2 hari, kg/cm <sup>2</sup> , minimum	125	100	250	-	85
1 + 6 hari, kg/cm <sup>2</sup> , minimum	200	175	-	70	150
1 + 27 hari, kg/cm <sup>2</sup> , minimum	-	-	-	175	210
<b>Pengikatan semu (false set)</b>					
Penetrasi akhir, % minimum	50	50	50	50	50
<b>Panas hidrasi</b>					
7 hari, cal/gram, maksimum	-	70	-	60	-
	-	60	-	70	-

28 hari, cal/gram, maksimum					
Pemuaian karena sulfat 14 hari, % maks	-	-	-	-	0,045

Sumber : PUBI – 1982 dalam Evy Triani 2003

Dalam penelitian ini menggunakan semen portland type I, dengan spesifikasi teknis sebagai berikut : dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Spesifikasi Teknis Semen Gresik Type I**

Jenis Pengujian	SNI 15-2049-94 PC jenis I	ASTM C 150-02 PC type I	Hasil uji PC I
<b>Komposisi Kimia :</b>			
Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> ), %	-	-	20,92
Aluminium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %	-	-	5,49
Ferri Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %	-	-	3,78
Kalsium Oksida (CaO), %	-	-	65,21
Magnesium Oksida (MgO), %	≤ 6,00	≤ 6,00	0,97
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> ), %	≤ 3,50	≤ 3,50	2,22
Hilang pijar (LOI), %	≤ 5,00	≤ 3,00	1,35
Kapur bebas, %	-	-	0,59
Bagian tidak larut, %	≤ 3,00	≤ 0,75	0,43
Alkali (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O), %	≤ 0,60	≤ 0,60	0,19
Tricalcium Silicate (C <sub>3</sub> S), %	-	-	57,82
Dicalcium Silicate (C <sub>2</sub> S), %	-	-	16,36
Tricalcium Aluminate (C <sub>3</sub> A), %	-	-	8,16
Tertracalsium Aluminate Ferrit (C <sub>4</sub> AF), %	-	-	11,50
<b>Pengujian Fisika :</b>			
Kehalusan	≥ 280	≥ 280	320
- Dengan alat Blaine (m <sup>2</sup> /Kg)			
Waktu pengikatan dengan alat Vicat:	≥ 45	≥ 45	148
- Awal (menit)	≤ 375	≤ 375	245
- Akhir (menit)			
Kekekalan dengan alat autoclave :	≤ 0,80	≤ 0,80	0,060
- Pemuaian (%)	-	-	-
- Penyusutan (%)			
Kuat Tekan :	≥ 125	≥ 122	230
- 3 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )	≥ 200	≥ 194	320
- 7 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )	-	-	410
- 28 hari (Kg/cm <sup>2</sup> )			
Pengikatan semu, (false set) :	≥ 50	≥ 50	73,79
- Penetrasi akhir (%)			

Sumber : Petunjuk Praktis Penggunaan Semen

### 2.2.2.1. Hidrasi Semen Portland

Dari permulaan pencampuran, beton merupakan bahan yang heterogen karena terdiri atas unsur yaitu : unsur padat (butiran-butiran agregat, butiran-butiran semen), unsur cair (air), dan unsur gas (rongga-rongga, gelembung udara). Pada dasarnya mekanisme hidrasi hampir tidak berpengaruh pada bahan agregat maupun rongga udara, tetapi lebih berpengaruh atau hanya terjadi di dalam pasta semen yang terdiri dari butiran-butiran semen dan air (Nurhaida E, 1995). Proses hidrasi timbul bila air ditambahkan ke dalam semen portland, sehingga terjadi reaksi air dengan komponen-komponen semen. Reaksi ini dipengaruhi oleh kehalusan semen, jumlah air, suhu dan sebagainya. Reaksi hidrasi tersebut menghasilkan senyawa-senyawa hidrat yang berbentuk kristal halus dan dikenal sebagai "*cemen gell*". Adapun sebagian besar senyawa hidrat tersebut adalah :

- Kalsium Silikat Hidrat ( $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )
- Kalsium Hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- Kalsium Aluminat Hidrat ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )

Mengetahui zat-zat yang terbentuk dalam reaksi semen dengan air adalah amat penting, karena hal tersebut akan menentukan sifat-sifat mekanis dari semen yang mengeras. Reaksi antara semen dan air dibedakan menjadi dua masa yang berlainan, yaitu :

#### 1. Masa Pengikatan (*Setting time*)

Periode pengikatan adalah periode dimana terjadi peralihan keadaan plastis menjadi keras.

#### 2. Masa Pengerasan (*Hardening*)

Periode pengerasan adalah periode dimana terjadi penambahan kekuatan setelah pengikatan itu selesai.

Pada pencampuran semen dengan air, senyawa-senyawa klinker segera terhidrasi.  $\text{C}_3\text{A}$  akan bereaksi paling cepat menghasilkan kalsium aluminat hidrat. Senyawa ini berbentuk gel yang bersifat cepat kaku, sehingga akan mengontrol sifat setting time. Tetapi kalsium aluminat hidrat akan bereaksi dengan gypsum yang segera membentuk *ettringite* yang akan membungkus

permukaan kalsium aluminat hidrat dan  $C_3A$  sehingga reaksi hidrasi dari  $C_3A$  akan dihalangi yang berarti proses setting time akan dicegah. Namun demikian lapisan *ettringite* pembungkus tersebut karena suatu fenomena osmosis, akan pecah dan reaksi hidrasi  $C_3A$  akan terjadi lagi, tetapi akan segera pula terbentuk *ettringite* yang baru yang akan membungkus kalsium aluminat hidrat sampai semua gypsum habis terpakai. Proses ini akhirnya menghasilkan perpanjangan setting time. Makin banyak *ettringite* yang terbentuk, maka setting time akan makin panjang, oleh karena itulah gypsum dikenal sebagai "retarder". Dengan adanya gypsum, maka proses hidrasi disamping menghasilkan "cement gel" juga terbentuk *ettringite*. Proses terbentuknya coating, pecah, reaksi kembali, sampai terjadi initial set disebut "*Dormant Period*."

Selama periode tersebut pasta masih dalam keadaan plastis (*workable*). Terjadinya reaksi hidrasi dari  $3CaO \cdot SiO_2$  menghasilkan  $32CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$  merupakan simbol Kalsium Silikat Hidrat (CSH) dengan volume lebih dari dua kali volume semen. CSH ini akan mengisi rongga dan membentuk titik kontak yang menghasilkan kekakuan. Pada tahap berikutnya terjadi konsentrasi dari CSH dan konsentrasi dari titik – titik kontak yang akan menghalangi mobilitas partikel-partikel semen, yang akhirnya pasta menjadi kaku dan final setting dicapai. Kemudian proses pengerasanpun mulai terjadi secara steady.

Kecepatan hidrasi semen portland tergantung dari beberapa faktor, antara lain:

#### 1. Umur

Kecepatan hidrasi mencapai maksimum pada tahap awal. Kecepatan hidrasi menurun terhadap waktu, hal ini disebabkan makin terbentuknya lapisan CSH berupa kristal pada semen. Makin tebal lapisan, makin lambat kecepatan hidrasi

#### 2. Komposisi Semen.

Kecepatan hidrasi semen tergantung pada komposisi senyawa yang terkandung pada senyawa tersebut. Hal ini disebabkan karena kecepatan hidrasi setiap senyawa tersebut berbeda. Sebagai contoh, sebagian besar  $C_3A$  telah terhidrasi dalam waktu 24 jam.  $C_2S$  dengan air akan berjalan

sehingga reaksi hidrasinya akan memakan waktu dalam orde mingguan bahkan bulanan. Hasil reaksi hidrasi antara  $C_3S$  dan  $C_2S$  adalah sama, akan tetapi jumlah  $Ca(OH)_2$  yang dihasilkan oleh hidrasi  $C_3S$  lebih banyak. Kristal  $Ca(OH)_2$  luas permukaan spesifiknya lebih besar sehingga kecepatan hidrasi  $C_3S$  lebih cepat bila dibandingkan dengan hidrasi  $C_2S$ .

### 3. Kehalusan Semen

Kecepatan hidrasi semen akan naik sebanding dengan kehalusan semen. Makin halus partikel semen, makin besar luas permukaan, makin besar air yang terserap dan makin cepat reaksi hidrasi berlangsung.

### 4. Perbandingan Jumlah Air Semen

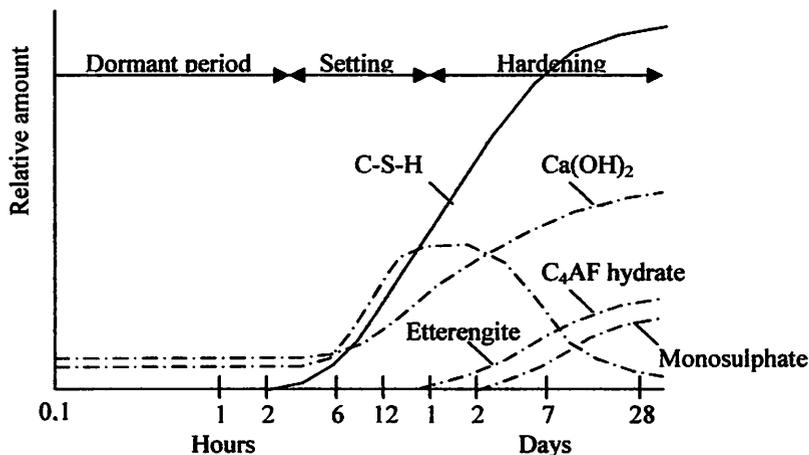
Proses hidrasi semen portland agar sempurna secara teoritis memerlukan air sebanyak 20% volume semen. Apabila perbandingan jumlah air dan semen ( $FA/C$ ) lebih rendah dari 0,4 maka proses hidrasi tidak akan berjalan secara penuh. Pada hidrasi tahap awal, makin rendah perbandingan jumlah air dan semen, makin turun kecepatan hidrasinya.

### 5. Temperatur

Pada hidrasi tahap awal, kecepatan hidrasi akan naik sebanding dengan kenaikan temperatur. Hal ini membuktikan bahwa dengan kenaikan temperatur tidak menyebabkan pasta semen kering, sebab apabila pasta kering, maka hidrasi menurun dan akhirnya berhenti.

### 6. Admixture

Seperti kita ketahui bahwa tambahan gypsum dapat memperlambat waktu pengerasan semen. Sedangkan penambahan bahan  $CaCl_2$  dan  $NaCl$  dapat mempercepat waktu pengerasan yang biasa disebut "accelerators", atau retarder. Retarder dari bahan dasar gula paling banyak dipakai. Beberapa admixture dapat bertindak sebagai retarder maupun accelerator. Penambahan  $CaCl_2$  pada konsentrasi di bawah 1% akan berfungsi sebagai retarder, tetapi pada konsentrasi tinggi  $CaCl_2$  akan bertindak sebagai accelerator.



**Gambar 2.2. Hasil Proses Hidrasi pada Pasta Semen Portland**

*Sumber : Soroka, 1979 dalam Evy Triani 2003*

Dalam masa semen yang telah terhidrasi terkandung :

- Gel hasil hidrasi senyawa-senyawa semen dalam bentuk padat.
- Kristal-kristal kalsium hidroksida.
- Bagian semen yang tidak terhidrasi.
- Pori-pori gel yang sangat kecil yang terletak di antara lapisan gel dan selalu terisi air.
- Pori-pori kapiler yang lebih besar dan selalu terisi air.

Selama proses hidrasi pada semen portland, akan terbentuk Ca(OH)<sub>2</sub>.

Timbulnya partikel Ca(OH)<sub>2</sub> pada pengerasan semen tidak dikehendaki karena:

1. Ca(OH)<sub>2</sub> tidak menyebabkan kekuatan semen, dan mudah sekali larut dalam asam.
2. Ca(OH)<sub>2</sub> juga menyebabkan bentuk-bentuk yang tidak semestinya pada permukaan beton, karena terjadinya *efflorescence* (pemekaran).

Apabila ditambahkan pozzolan ke dalam semen tersebut, senyawa silika dan alumina yang terkandung dalam bahan pozzolan akan bereaksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> membentuk kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat. Kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat merupakan pemegang peranan utama dalam pengerasan semen, sehingga sifat ketahanan kimia dari beton akan meningkat dan

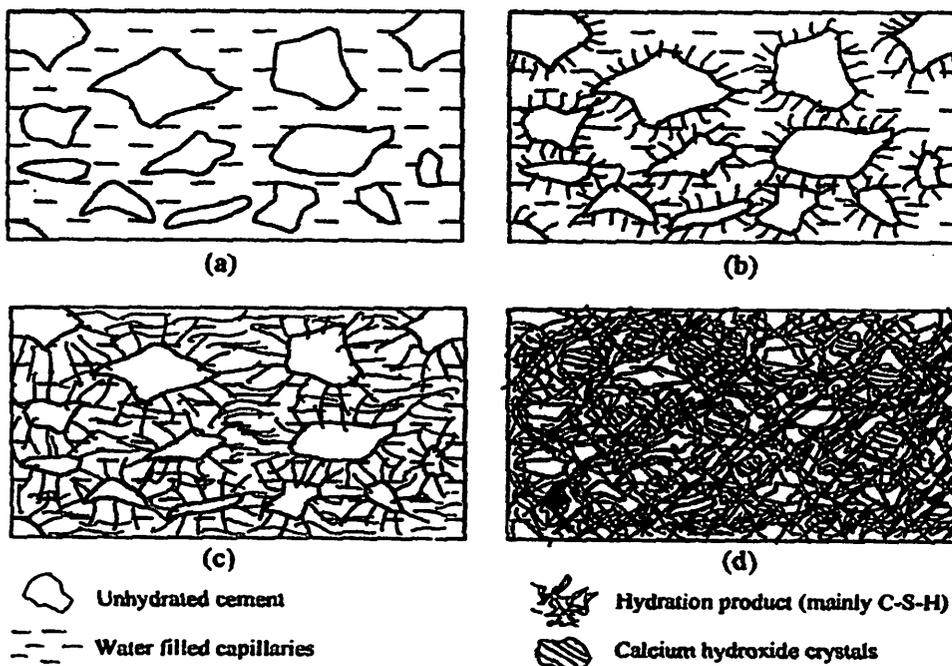
pemekaran akan berkurang dan diharapkan kekuatan beton juga akan bertambah (Nurhaida E, 1995).

Pada gambar 2.3 dapat dilihat berbagai macam bentuk dari pasta semen yang belum terhidrasi, hasil proses hidrasi yang sebagian besar terdiri dari gel CSH, pori-pori kapiler yang terisi air dan juga kristal-kristal kalsium hidroksida.

Komposisi semen portland ada 4 macam, yaitu  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  dan  $C_4AF$ , masing-masing mempunyai reaksi kimia pada proses hidrasi yang berbeda-beda. Masing-masing diuraikan di bawah ini:



Dari keempat macam reaksi di atas, dapat dilihat bahwa hanya  $C_3S$  dan  $C_2S$  saja yang menghasilkan  $Ca(OH)_2$  pada reaksinya.



- a. Semen yang baru dicampur dengan air.
- b. Pengikatan awal. Hubungan antara gel CSH yang berkualitas buruk dengan kristal kalsium hidroksida.
- c. Pasta semen berumur 2-3 hari, kekuatan yang didapat dari gel CSH di antara semen yang tidak terhidrasi dan pori-pori kapiler.
- d. Pasta semen yang telah cukup umur, gel CSH dikelilingi oleh kristal kalsium hidroksida, sisa semen yang tidak terhidrasi dan pori-pori kapiler.

**Gambar 2.3. Perkembangan Mikrostruktur pada Proses  
Hidrasi Pasta Semen**

## **2.3 Agregat**

### **2.3.1 Umum**

Agregat adalah bahan pengisi atau insert filter yang digunakan bersama - sama semen untuk membuat beton atau sejenisnya. Menurut besar butirnya agregat dibagi dua jenis, yaitu:

1. Agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 4,75 mm.
2. Agregat kasar adalah agregat berupa krikil sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 - 40 mm.

Menurut ASTM C 125-93 terminologi dari agregat adalah bahan berbentuk butiran seperti pasir, kerikil, pecahan kerikil, atau batu pecah yang digunakan bersama semen dan air untuk membentuk beton (*Kardiyono T, 1996*).

### **2.3.2 Syarat Mutu Agregat**

Agregat secara umum harus mempunyai syarat-syarat sebagai berikut :

1. Bentuk yang baik.
2. Bersih, keras, dan kuat.
3. Mempunyai kestabilan kimia dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan cuaca.

Syarat mutu agregat untuk beton dijelaskan pada peraturan beton tahun 1989 pasal 3.3.1 dijelaskan bahwa agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dan persyaratan dari SII 0052-80 "Mutu dan cara uji agregat beton"

dan ASTM C 33-93 "Spesification for concrete aggregates". Ini dapat dilihat pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6. Spesifikasi Agregat yang Digunakan dalam Beton**

No	Faktor	Agregat Halus		Agregat Kasar	
		SII	ASTM	SII	ASTM
1.	Modulus Kehalusan	1.5-3.8	2.3-3.2	6.0-7.1	
2.	Kadar Lumpur	5 %		1 %	
3.	a. Kadar bahan organik (NaOH 3 %)	warna standar		-	
	b. Kadar yang diuji dengan goresan batang tembaga	-		5 %	
4.	a. Kekerasan batu dibandingkan dengan pasir Bangka	< 2,2		-	
	b. Kekerasan dengan mesin Los Angeles	-		-	
5.	Sifat kekal dengan larutan garam sulfat				
	a. Natrium Sulfat	< 10 %		< 12 %	
	b. Magnesium Sulfat	< 15 %		< 18 %	
6.	Tidak bersifat reaktif terhadap alkali bila semen $\text{Na}_2\text{O}$ 0,6 %	-			
7.	Batuan pipih (% berat)	-		< 20 %	
8.	Susunan grading	BS 882.1983	ASTM C33	BS 882.1983	ASTM C33

### 2.3.3 Karakteristik Agregat.

Dilihat dari sumbernya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan (artificial aggregates). Contoh agregat yang berasal dari alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan contoh agregat buatan adalah agregat yang berasal dari stone crusher, hasil residu terak tanur tinggi (blast furnace slag), pecahan genteng, pecahan beton, flai ash dari residu PLTU, extendet shale, expanded slag dan lainnya.

Interaksi antara iklim setempat dan geologinya akan menghasilkan tiga macam jenis *quarry*, yaitu sumber daya alam dari batu-batuan (deposit), yang dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. *Quarry* Batu-batuan dari bedrock

*Quarry* ini membutuhkan pengeboran dan peledakan (*drilling and blasting*) yang menghasilkan bermacam-macam ukuran yang perlu disesuaikan dengan kebutuhan. Derajat pelapukan *quarry* ini bergantung pada deposit batuan. Pada lapisan terluar, derajat pelapukan biasanya paling berat, semakin kedalam derajat pelapukannya semakin rendah. Untuk mendapatkan hasil yang baik dari batu-batuan segar (*fresh rock*), pengalihan pada deposisi ini harus dilakukan hingga kadalaman yang cukup.

Hasil pemecahan agregat semacam ini adalah campuran batuan yang mengalami pelapukan dengan batu-batuan segar. Makin segar batu-batuannya, makin rendah nilai *crushing value* dan *Los Angeles Abrasion* Serta semakin rendah porisitasnya. Sebaliknya, tinggi derajat pelapukan, semakin tinggi pula nilai-nilai tersebut. Secara sederhana dapat disimpulkan bahwa campuran agregat dengan mutu yang baik dan agregat dengan mutu yang kurang baik yang dihasilkan satu industri pemecah batu dapat mengakibatkan kesulitan dalam perencanaan dan pengendalian mutu campuran beton. Untuk itu, setiap produksi dari *crushing plant* harus diuji sesuai dengan standar dan tingkat kebutuhan agregat tersebut.

Macam-macam jenis batu pecah yang cocok digunakan sebagai agregat beton, sebagai berikut:

- ❖ Batu kapur, adalah batuan hasil sedimentasi yang komposisi utamanya kalsium karbonat. Semakin keras dan padat jenis batu kapur ini, terutama jenis ferro karbonat makin cocok sekali untuk pembuatan beton. Kapur dolomit sebagian besar mengandung magnesium karbonat di samping kalsium karbonat.
- ❖ Batu api, meliputi granit, basalt, dolerit, gabbros dan porphries. Granit adalah keras, ulet dan padat sehingga merupakan agregat yang baik untuk beton. Basalt merupakan batu api yang menyerupai granit, tetapi struktur butimya lebih halus karena pendinginan yang cepat pada proses pendinginan yang

cepat pada proses pembentukannya. Ini merupakan agregat yang sangat baik.

- ❖ Batu pasir, keras dan padat hampir semua cocok untuk agregat. Yang terbaik adalah yang mempunyai butiran quartz yang terikat oleh oksida besi yang terhidrasi. Pasir bervariasi mulai dari yang paling keras dengan komposisi butiran yang berdekatan, sampai yang lebih lunak dengan butiran yang lebih lepas, seperti batu tulis yang berpasir, dimana adanya tanah liat menyebabkan menjadi lunak, gampang pecah dan tinggi daya serapnya.
- ❖ Batu tulis, biasanya agregat yang tidak baik, lunak, lemah, berlapis dan daya serapnya tinggi. Bentuknya yang pipih menyebabkan partikel-partikel ini sulit dipadatkan didalam pecahan beton.
- ❖ Batuan mata morfosa, bervariasi dalam karakternya. Marmer dan quarzites biasanya pejal, padat, serta cukup ulet dan kuat, sebagian suatu agregat yang baik.

## 2. Pasir dari sungai dan batu-batuan yang digali

Sungai-sungai yang terjal memiliki aliran yang deras sehingga deposit dari partikel batu-batuan akan bervariasi cukup besar pada suatu jarak tertentu dan biasanya butir-butir halus tidak cukup banyak dan batu-batuan ini cukup bersih. Pada sungai-sungai yang landai, variasi perbedaan ukuran partikel tidak berubah dari jarak yang satu ke tempat yang lainnya dan kebanyakan partikel-partikelnya lebih bulat dan cukup kotor tercampur dengan mica dan small fraction.

Sungai-sungai yang mengalir melewati jenis batu-batuan yang seragam misalnya sungai yang melewati gugusan pegunungan yang mengandung batu-batuan granit akan menghasilkan batu-batuan yang sejenis tetapi masih terdiri dari campuran fragmen yang kuat dan lemah.

## 3. Pasir dari pesisir pantai dan sumur-sumur yang mengandung pasir dan batu-batuan

Pesisir yang landai dan delta-delta sering dijumpai di Indonesia, mestipun tidak terdapat disetiap tempat. Pantai biasanya terdiri dari batuan bulat dan fragmen kerang-kerangan.

Agregat (pasir) yang berasal dari pantai ini mutunya kurang karena banyak mengandung garam-garam tersebut menyebabkan pasir banyak menyerap air

dari udara sehingga kondisi akan selalu basah yang tidak dikehendaki dalam pekerjaan beton. Pasir ini juga mengakibatkan pengembangan ketika beton sudah jadi. Karena itu sebaiknya pasir pantai (laut) tidak dipakai dalam campuran beton.

#### 2.4. Air

Air merupakan salah satu bagian yang menentukan dalam campuran atau pengolahan bahan bangunan. Air dapat menyebabkan campuran menjadi plastis sehingga memudahkan pembuatan bentuk dan memberikan proses hidrasi pada senyawa kapur. Karena pengerasan beton berdasarkan reaksi antar semen dan air, maka sangat diperlukan agar memeriksa apakah air yang akan digunakan memenuhi syarat-syarat tertentu. Air tawar yang dapat diminum, tanpa diragukan dapat dipakai. Air minum tidak selalu ada dan bila tidak ada disarankan untuk mengamati apakah air tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang merusak beton. Hal-hal penting yang perlu diperhatikan tentang air, adalah:

1. Air diperlukan untuk berlangsungnya reaksi kimia dengan semen (prosehidrasi) untuk menghasilkan daya retak yang meningkat bahan beton secara komposit.
2. Sering kali pori-pori agregat terisi air. Air yang terserap ini dianggap tidak ikut dalam proses hidrasi semen.
3. Pergerakan air keluar masuk pori dapat menyebabkan perubahan volume beton.
4. Kehilangan air sebelum *setting time* baik untuk proses hidrasi maupun karena penguapan akan cenderung menurunkan *workabilitas* (kemudahan dalam pengejaran).
5. Kejernihan, apabila ada beberapa kotoran yang terapung maka air tidak boleh dipakai.
6. Kandungan bahan-bahan kimia yang dapat merusak, misalnya fosfat, minyak asam, alkali, bahan-bahan organik atau garam-garam.

## **2.5. Curing**

### **2.5.1 Definisi**

Curing menurut (Neville, 1981 dalam Evy Triani, 2003) adalah cara-cara yang digunakan untuk meningkatkan proses hidrasi semen, dimana didalamnya termasuk pengaturan, perubahan suhu dan kelembaban. Sedangkan menurut (Taylor, 1977 dalam Evy Triani, 2003) menyatakan bahwa curing adalah suatu prosedur atau perawatan untuk meningkatkan proses pengerasan beton pada suhu dan kelembaban tertentu agar perkembangan pengikatan dari bahan penyusun semen berlangsung sempurna.

### **2.5.2 Tujuan Curing**

Didalam penentuan kualitas beton, curing sangat berperan dalam penilaian mutu beton, dimana semakin sempurna curing maka makin bagus mutu beton yang diperoleh. Tujuan dari curing adalah untuk mencegah kehilangan kelembaban yang diperoleh selama proses hidrasi berlangsung guna meningkatkan kuat tekan, durabilitas, ketahanan abrasi dan kestabilan bentuk secara umum. Teknik curing diantaranya meliputi :

1. Beton disimpan didalam ruangan yang lembab.
2. Beton dibasahi terus menerus.
3. Beton direndam air
4. Beton direndami dengan karung basah, film plastik atau kertas perawatan tahan air
5. Dengan perawatan gabungan acuan membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari beton basah.

Dalam penelitian ini sistem curing yang dipakai adalah dengan menyimpan batako didalam ruangan yang lembab.

## **2.6. Lumpur**

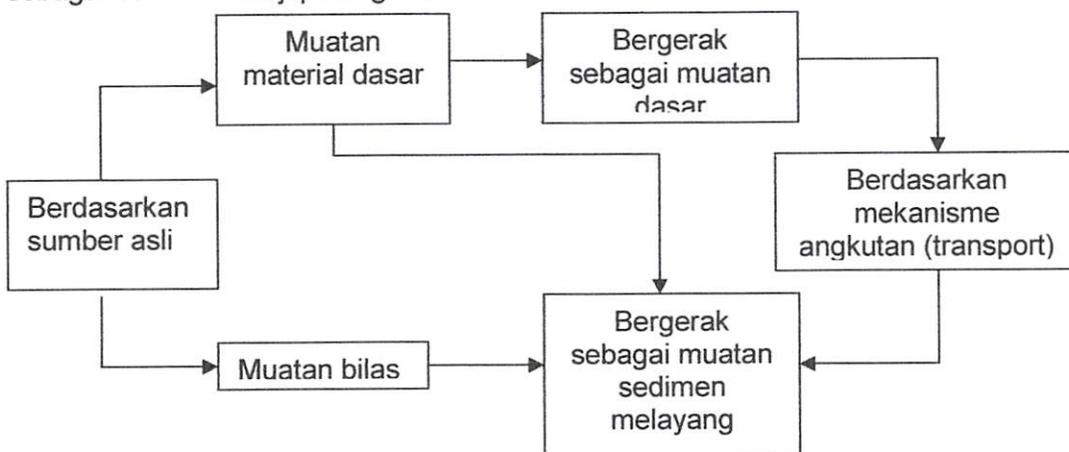
Lumpur atau sludge adalah hasil sampingan pada proses pengolahan air limbah, khusus limbah domestik biasanya tidak mengandung bahan kimia. Residu sering kali tertinggal sebagai padatan tersuspensi tersebut mungkin merupakan presipitasi kimia yang terbentuk dari reaksi penambahan bahan kimia dengan polutan terlarut, produk dari penambahan koagulan pada limbah koloid dan polutan

tersuspensi, sisa mikroorganisme yang terbentuk dalam pengolahan limbah secara biologi, absorben yang digunakan untuk menghilangkan polutan terlarut atau padatan yang tergantung dalam limbah itu sendiri yang berada dalam bentuk endapan (Weber, 1972 dalam Luh komang, 2000).

Waduk Sengguruh di Kapanjen Malang yang berfungsi menampung air dari Sungai Lesti (hulu di Semeru) dan Sungai Brantas (Kelud) saat ini sudah tidak mampu menahan laju sedimentasi berupa melimpahnya volume lumpur dalam waduk yang mencapai 5 juta meter kubik lumpur per tahun disebabkan kondisi hulu Sungai Brantas yang telah mengalami alih fungsi lahan. Percepatan sedimentasi ini dipicu oleh hilang hutan dan beralihnya fungsi kawasan lindung menjadi kawasan terbangun, disamping itu juga keberadaan gunung berapi di DPS Kali Brantas dapat menyebabkan sedimen hasil letusan gunung berapi sisa letusan terbawa arus sungai, (<http://www.surya.co.id/web> Powered Mrvaerdch, 2008, 15:11).

Besarnya volume angkutan sedimen terutama tergantung dari pada perubahan musim penghujan dan kemarau, dimulai dari proses jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian tertinggal diatas tanah sedangkan sebagiannya masuk kesungai terbawa menjadi angkutan sedimen.

Pada dasarnya sedimen yang terangkut oleh aliran dapat diklasifikasikan sebagai berikut: tersaji pada gambar 2.4.



**Gambar 2.4. Skematis Angkutan Sedimen**

(Sumber: Sudarmanto, 1999 dalam Agustina Uba Ina, 2001)

Material dasar yang terangkut dapat dibedakan menjadi *muatan sedimen dasar dan muatan sedimen melayang*. Disamping material dasar juga ada angkutan sedimen sangat halus yang disebut dengan *muatan bilas*.

- Muatan Layang (suspended Load)

Partikel yang bergerak dalam pusaran air yang cenderung terus-menerus melayang bersama aliran. Muatan layang biasanya mengendap di muara sungai ataupun dasar waduk.

- Muatan Dasar (Bed Load)

Partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan berguling, meluncur, dan meloncat

- Muatan Bilas (Wash Load)

Partikel yang sangat halus bergerak melayang-layang terbawa oleh aliran dan tidak mengendap dalam sungai.

(Priyantoro, 1987 dalam Agustina Uba ina, 2001)

### 2.6.1 Karakteristik Lumpur

Karakteristik lumpur sangat bervariasi tergantung dari asal limbah tersebut. Meskipun beberapa persamaan mungkin ditemui dalam limbah domestik dan industri, tetapi pada dasarnya setiap lumpur mempunyai karakteristik yang berbeda.

Konsentrasi padatan tersuspensi dari lumpur biasanya diukur dengan prosedur konvensional dengan menyaring sampel yang diketahui volumenya, dikeringkan dan mengukur berat padatan kering. Konsentrasi kemudian dinyatakan dalam berat per unit volume, biasanya dalam mg/l. Namun untuk lebih mudah, konsentrasi lumpur sering dinyatakan sebagai prosentase dengan 1% sama dengan 1 gr/100 ml, (Metcalf & Edy, 1991).

### 2.6.2. Kandungan organik

Pada penelitian lumpur senyuruh untuk mengetahui kualitas lumpur yang akan digunakan sebagai agregat halus dalam pembuatan bahan bangunan Adapun pengamatan yang dilakukan adalah analisis kandungan bahan organik yang terkandung dalam lumpur dapat dilihat pada Tabel 2.7

**Tabel 2.7. Kandungan Organik lumpur terhadap kering oven 105 °C**

Bahan	Bahan Organik (%)
Lumpur	4,39

Sumber: Hasil penelitian

## 2.7. Logam Berat

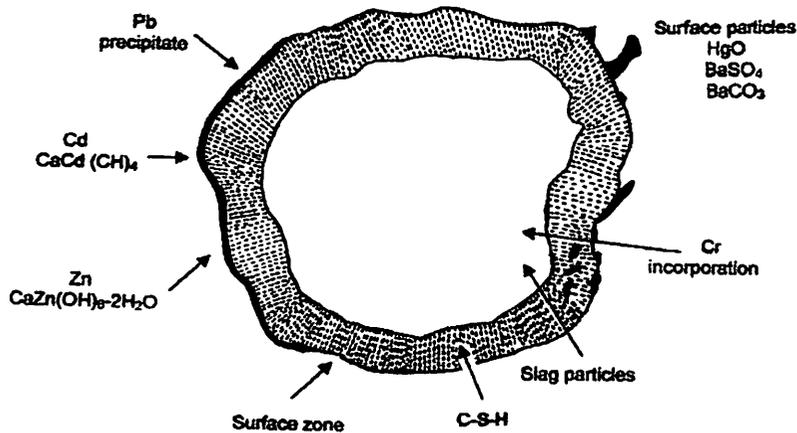
### 2.7.1. Pengertian logam berat

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria – kriteria yang sama dengan logam - logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup. Istilah logam berat sebetulnya telah dipergunakan secara luas terutama dalam perpustakaan ilmiah. Sebagai istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut.

- a) Memiliki spesifikasi graviti yang sangat besar (lebih dari 4).
- b) Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur antanida dan alktinida.
- c) Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

### 2.7.2. Kandungan Logam berat

Kandungan logam berat yang ada dalam lumpur menjadi perhatian khusus karena toksisitasnya terhadap lingkungan dan organisme hidup. Pengelolaan limbah yang mengandung logam berat perlu dilakukan agar tidak mencemari lingkungan. Hal itu dimaksudkan untuk menekan dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh logam berat tersebut. Penelitian ini merupakan salah satu langkah untuk mengolah limbah yang mengandung logam berat, yaitu solidifikasi-stabilisasi. Tujuan proses ini adalah mengubah bentuk limbah cair atau lumpur menjadi padatan, sehingga logam berat yang terkandung didalamnya dapat terikat oleh bahan tambahan yang mempunyai daya ikat terhadap logam berat tersebut. Dengan demikian diharapkan limbah logam berat tersebut akan lebih tahan terhadap proses pelindian (leaching). Adapun mekanisme pengikatan logam berat dalam pasta semen dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5. Mekanisme Proses Pengikatan Logam Berat dalam Pasta Semen**

*Sumber : Ure A M, 1995 dalam Evitasari 2000*

### 2.7.2.1. Besi (Fe)

#### 2.7.2.1.1. Gambaran Umum

Seperti halnya unsur-unsur kimia lainnya Terutama golongan logam. Logam Fe, metal berwarna putih keperakan. Kelompok logam yang berkelimpahan adalah logam-logam yang ditemukan dalam jumlah banyak pada lapisan tanah atau lapisan batuan bumi kelompok ini antara lain adalah Fe (besi), (Heryando Palar, 1994). Bernomor atom 26, nomor massa 55,847 dan massa jenis 7,86 gr/cm<sup>3</sup>, logam ini memiliki titik didih 906 °C.

#### 2.7.2.1.2. Efek Fe Terhadap Makhluk Hidup

Keracunan yang disebabkan oleh Fe dapat bersifat akut dan keracunan kronis. Adapun efek dari Fe terhadap organ tubuh antara lain adalah:

##### 1) Efek terhadap usus

Dalam dosis yang tinggi dapat merusak dinding usus, bahkan dapat menyebabkan kematian karena rusaknya dinding usus.

##### 2) Efek terhadap paru-paru

Unsur ini bersifat toksit pada alat pernafasan, misalnya debu Fe juga dapat di akumulasi di dalam alveoli, dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru.

### 3) Efek terhadap kulit

Bagi yang sering mendapat transfusi darah, warna kulit mejadi hitam karena terjadi akumulasi Fe.

### 4) Efek terhadap hati, jantung, dan otak

Penumpukan zat besi ini akan mengganggu fungsi organ tubuh tersebut dan bahkan dapat menyebabkan kematian akibat kegagalan fungsi jantung atau hati.

#### 2.7.1.1.3. Tingkat Fe Normal Dalam Tubuh

Kebutuhan manusia akan besi cukup tinggi, manusia dewasa membutuhkan sekitar 30  $\mu\text{g}$  Fe per perkilogram berat tubuh. Pada anak - anak jumlah Fe yang dibutuhkan adalah 40  $\mu\text{g}$  Fe per kilogram berat tubuh. Konsentrasi zat besi yang baik bagi manusia adalah 2,5 mg/kg berat tubuh/hari bagi orang dewasa dan 0,05 mg/kg tubuh/hari untuk anak-anak dan bayi, (*Elly dwi martgariani. 2005*).

#### 2.7.2.2. Timbal (Pb)

##### 2.7.2.2.1. Gambaran Umum

Pb termasuk unsur dalam golongan IVB tabel periodik dengan nomor atom 82, nomor massa 207,19. Logam ini memiliki karakteristik lunak, warna abu-abu kebiru-biruan, massa jenis 11,4  $\text{gr/cm}^3$ . logam ini memiliki titik didih 1740°C. Pb bereaksi apabila ada udara dan reaktif terhadap asam lemah, (*Heryando Palar, 1994*).

##### 2.7.2.2.2. Efek Pb

Pb bersifat toksid pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Logam berat Pb termasuk salah satu pencemar yang sangat berbahaya, yang dapat menimbulkan efek kesehatan baik akut maupun kronis. Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi kerana masuknya persenyawaan logam tersebut kedalam tubuh dapat melalui oleh beberapa jalur, yaitu makanan minuman dan udara yang terhirup. Namun jumlah Pb yang masuk bersama makanan atau minuman masih mungkin ditolelir oleh lambung

disebabkan oleh asam lambung (HCL) mempunyai kemampuan untuk menyerap keberadaan logam Pb ini, pada kenyataan Pb banyak dikeluarkan oleh tinja.

Pada jaringan atau organ tubuh, logam Pb akan terakumulasi pada tulang, karena logam ini dalam bentuk ion ( $Pb^{2+}$ ) mampu menggantikan keberadaan ion  $Ca^{2+}$  (kalsium) yang terdapat dalam jaringan tulang. Disamping itu pada wanita hamil logam Pb dapat melewati plasenta dan kemudian akan ikut masuk dalam sistem peredaran janin dan selanjutnya bayi lahir, Pb akan dikeluarkan bersama air susu.

Senyawa Pb organik umumnya masuk kedalam tubuh melalui jalur pernafasan atau penetrasi melalui kulit. Penyerapan melalui kulit ini dapat terjadi disebabkan karena senyawa ini dapat larut dalam lemak dan minyak.

Keracunan yang disebabkan oleh keberadaan logam Pb dalam tubuh mempengaruhi banyak jaringan dan organ tubuh, antara lain: epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar, deliriu (sejenis penyakit gula), kerusakan pada saluran ginjal dan mengganggu sistem reproduksi.

#### **2.7.2.2.3. Tingkat Pb Normal Dalam Tubuh**

Untuk dapat melakukan evaluasi terhadap keterpaparan oleh logam Pb, perlu diketahui batas normal dari konsentrasi kandungan Pb dalam jaringan-jaringan dan cairan tubuh. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di Amerika serikat, Disimpulkan bahwa pemasukan Pb sehari-hari kedalam tubuh dan digolongkan pada tingkat keterpaparan normal adalah dalam kisaran  $330 \mu g$  per hari, dengan tingkat variasi antara  $100 \mu g$  sampai dengan  $2000 \mu g$  (Darmono, 1995).

### **2.8. Metode Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi analisa deskriptif dan analisis konfirmatif / inferensi (Soleh A Z, 2005).

### 2.8.1. Statistik Deskriptif

Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya, tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan, analisis deskriptif sering digunakan khususnya dalam memperhatikan perilaku data dan penentuan dugaan – dugaan yang selanjutnya akan diuji dalam analisis inferensi. Berikut ini adalah beberapa rumus yang biasa digunakan dalam statistik deskriptif.

#### a. Mean / Rataan Sampel ( $\bar{x}$ )

Nilai-nilai data kuantitatif akan dinyatakan dengan  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , apabila dalam kumpulan data itu terdapat  $n$  buah nilai. Simbol  $n$  juga akan dipakai untuk menyatakan ukuran sampel, yakni banyak data atau obyek yang diteliti dalam sampel. Sedangkan fungsi dari rata-rata sampel untuk menghitung rata-rata dari sebuah sampel yang diteliti. Rumus yang digunakan adalah:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

dimana:

$\bar{x}$  = rata – rata hitung dari sampel

$\sum x$  = total jumlah sampel

$n$  = banyaknya sampel

#### b. Simpangan Baku (s)

Untuk mengukur data kuantitatif yang berpencair bisa menggunakan ukuran simpangan/ukuran dispersi. Ukuran ini kadang-kadang dinamakan pula ukuran variasi. Untuk menggambarkan bagaimana berpencairnya data kuantitatif. Rumus yang digunakan adalah:

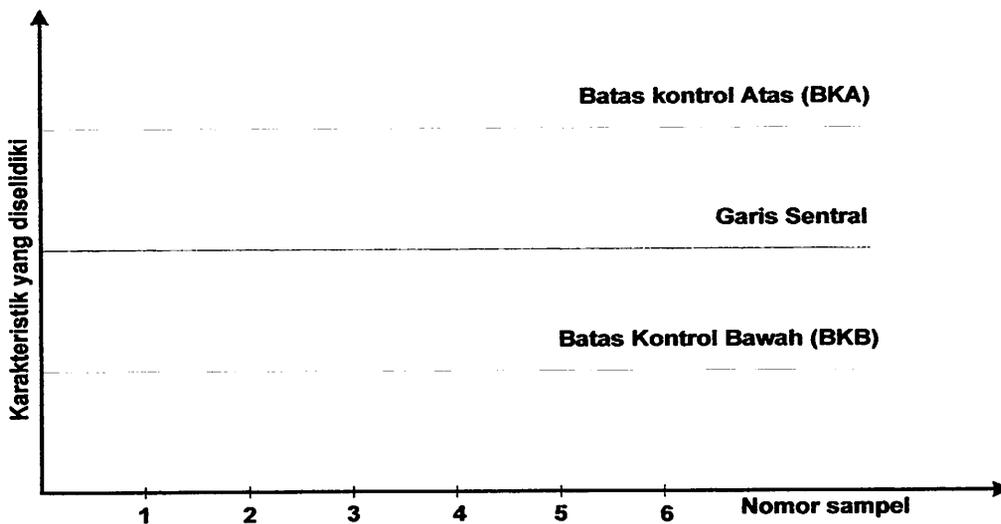
$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

dimana:

- $s$  = standart deviasi yang dicari  
 $\Sigma x$  = jumlah semua harga sampel  
 $n$  = banyaknya sampel

### c. Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan data. Pada pengujian keseragaman data ini data akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata – ratanya. Untuk memudahkan pengujian maka digunakan diagram kontrol *Shewhart* dengan contoh sebagai berikut: dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6. Diagram Kontrol *Shewhart***

Garis sentral melukiskan “nilai baku” yang akan menjadi pangkal perhitungan terjadinya penyimpangan hasil – hasil pengamatan untuk tiap sampel. Garis bawah yang sejajar dengan garis sentral dinamakan batas kontrol bawah (BKB). Ini merupakan penyimpangan paling rendah yang diijinkan dihitung dari “nilai baku”. Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “nilai baku”

terdapat sejajar di atas sentral dan dinamakan batas kontrol atas (BKA). Rumus yang digunakan untuk mengetahui sentral, BKA dan BKB adalah:

$$\text{sentral} = \bar{x}$$

$$BKA = \bar{x} + K\bar{s}$$

$$BKB = \bar{x} - K\bar{s}$$

dimana:

$\bar{x}$  = rata – rata harga sampel

$K$  = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai  $K = 2$

$\bar{s}$  = standart deviasi rata – rata

(Sudjana,2002)

### 2.8.2. Statistik Inferensi

Statistik inferensi mencakup semua metode yang berhubungan dengan analisis data untuk kemudian sampai pada peramalan atau penarikan kesimpulan. Statistik inferensi dapat memberikan informasi lebih objektif terutama dalam proses pengambilan keputusan yang ditunjang dengan adanya nilai tingkat kesalahan pengukuran. Statistik inferensi selanjutnya akan dijabarkan kembali ke dalam penaksiran titik dan penaksiran selang dari suatu nilai parameter dan juga pengujian hipotesis dari suatu masalah. Beberapa analisis yang terdapat dalam statistik inferensi adalah sebagai berikut.

#### - Analisa Varian

Pengujian menggunakan analisa varian dalam statistika parametrik diantara kelompok yang saling memiliki perbedaan sebagai akibat adanya perlakuan, dilakukan dengan menggunakan *Analysis of Varian* (ANOVA). Uji ini dilakukan berdasarkan distribusi nilai F. Nilai F diperoleh dari rata – rata jumlah kuadrat (*mean square*) antar kelompok yang dibagi dengan rata – rata jumlah kuadrat dalam kelompok dengan rumus :

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2}$$

dimana:

$S_B^2$  = varians antar kelompok

$S_W^2$  = varians dalam kelompok

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Penyusunan metode penelitian dalam pelaksanaan penelitian sangat diperlukan untuk:

- ◆ Memudahkan tahapan penelitian.
- ◆ Mendapatkan gambaran mengenai tahapan penelitian yang sistematis untuk pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan tugas akhir.
- ◆ Mengevaluasi segala sesuatu yang terjadi dalam pelaksanaan penelitian.

#### **3.2 Bentuk Penelitian**

Limbah lumpur yang ada dimanfaatkan menjadi bahan baku dalam pembuatan batako dan selanjutnya dilakukan pengujian batako.

#### **3.3 Lokasi penelitian dan Waktu Penelitian**

Pembuatan batako dibuat pada Sumber Rejeki di Jl. Tirta Praloyo 38 Klandungan - Landungsari Malang. Sedangkan serangkaian kelayakan dan tes persyaratan batako sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Secara fisik dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil ITN Malang, pengujian secara kimia di Laboratorium MIPA Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Perum Jasa Tirta I. Penelitian ini berlangsung pada bulan September sampai dengan bulan Oktober 2007

#### **3.4. Variabel Penelitian**

- a. Variabel terikat:
  - Uji kuat tekan
  - Uji penyerapan air
  - Uji leaching

b. Variabel bebas:

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan perbandingan volume semen, pasir, dan lumpur. Variasi tersebut dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

### 3.5. Pelaksanaan Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pembuatan batako dari limbah lumpur ini, perlu dilakukan penelitian pendahuluan agar supaya dapat mengetahui kualitas limbah lumpur yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan batako.

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari analisis kandungan kimia yang terdapat dalam limbah lumpur yang dapat membahayakan manusia, diantaranya adalah analisis logam berat Pb dan Fe. Serta meneliti kualitas bahan-bahan apa saja yang terkandung dalam lumpur tersebut seperti,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CaO}$  serta analisis kadar air, agar nantinya dapat dipakai sebagai bahan pembuat batako yang memenuhi syarat sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Meneliti senyawa-senyawa dalam lumpur yang dapat membuat beton mengembang dan lapuk yaitu: garam klorida ( $\text{MgCl}$ ).

### 3.6. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menentukan komposisi campuran bahan-bahan pembuat batako dari limbah lumpur dengan kualitas terbaik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).
2. Studi literatur dilakukan selama penelitian berlangsung untuk dijadikan acuan dalam melakukan analisa data dan pembahasan.
3. Persiapan penelitian

#### a. Persiapan alat.

Alat-alat yang dibutuhkan:

- ✕ Saringan no. 4 (4,8 mm)

Saringan ini untuk menyaring butiran-butiran lumpur yang sudah dikeringkan.

- ✘ Alat tumbuk  
Ini bertujuan untuk penghancuran/penghalusan lumpur kering bahan campuran.
- ✘ Cetok  
Untuk memasukan adonan ke dalam cetakan batako
- ✘ Alat cetak batako  
Untuk mencetak batako sesuai dengan ukuran cetakan.
- ✘ Alat uji kelayakan  
Diantaranya adalah alat uji kuat tekan, bak perendaman, oven, dan alat uji leaching.

#### **b. Persiapan Bahan**

Dalam penelitian ini bahan-bahan yang disiapkan adalah

- Lumpur  
Sebagai bahan baku batako sebelum dibuat, diperlukan pengeringan untuk mempermudah pembuatan batako adapun perlakuan yang dilakukan adalah dijemur dibawah sinar matahari pada proses ini dilakukan pengeringan selama 5 hari agar benar-benar kering, lalu dihaluskan untuk mempermudah pencampuran.
- Semen Portland  
Semen yang digunakan untuk pembuatan batako adalah semen tipe I
- Pasir  
Pasir sebagai agregat
- Air  
Air yang digunakan adalah air dari PDAM

#### **3.6.1 Komposisi Campuran**

Dalam melakukan penelitian ini digunakan beberapa variasi untuk mengetahui komposisi batako. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan komposisi yang biasa digunakan pada pabrik. Untuk pasangan batu dinding bahan yang digunakan untuk pembuatan bahan batako adalah semen dengan agregat pasir, dan lumpur. Setelah itu dilakukan pembuatan adonan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan, setelah tercampur

dengan sempurna kemudian dicampur lagi dengan semen dan diaduk lagi hingga tercampur secara merata kemudian baru ditambah air PDAM. Variasi komposisi bahan pembuat batako pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini:

**Tabel 3.1 Komposisi bahan batako dengan komposisi limbah Lumpur**

No	Kode campuran	Jenis campuran		
		Semen	Pasir	Lumpur
1	A (0%)	1	5	0
2	B (40%)	1	3	2
3	C (60%)	1	2	3
4	D (80%)	1	1	4
5	E (100%)	1	0	5

### 3.6.1.1 Pembuatan Batako

Pembuatan batako dengan cetakan ukuran 36 x 10 x 17,5 cm<sup>3</sup>. Langkah berikut adalah :

- Pembuatan batako dapat dilakukan dengan cara manual atau dengan bantuan mesin. Pada penelitian ini batako dibuat secara manual, dengan mencetak campuran pasir dan semen portland yang lembab memakai cetakan dengan pemampatan secara dipukul-pukul dengan menggunakan palu yang terbuat dari kayu.
- Batako hasil cetakan yang masih basah diangin-anginkan selama 15 menit lalu disimpan selama 24 jam di dalam ruangan terbuka terdiri dari atap dan tanpa sinar matahari langsung. Setelah itu mulai proses curing selama 28 hari, hal ini dilakukan karena batako akan mencapai kekuatan maksimal pada 28 hari.

### 3.7. Uji Syarat Mutu Batako

Uji syarat mutu batako yang dilakukuan sesuai dengan SNI 03-0349-1989 adalah sebagai berikut :

- **Uji kuat tekan**

Uji kuat tekan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan dari campuran lumpur, pasir dan semen yang dipakai. Uji kuat tekan ini dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine*. Diharapkan dari uji kuat tekan akan memenuhi syarat kuat tekan batako tidak kurang dari 20 kg/cm<sup>2</sup> sesuai SNI 03-0349-1989.

- **Uji penyerapan air**

Uji penyerapan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako dalam menyerap air. Batako bermutu baik jika kemampuan penyerapan airnya kecil. Uji ini dilakukan dengan merendam batako dalam air selama 24 jam kemudian ditimbang. Dari berat kering dan berat basah akan diketahui penyerapan airnya.

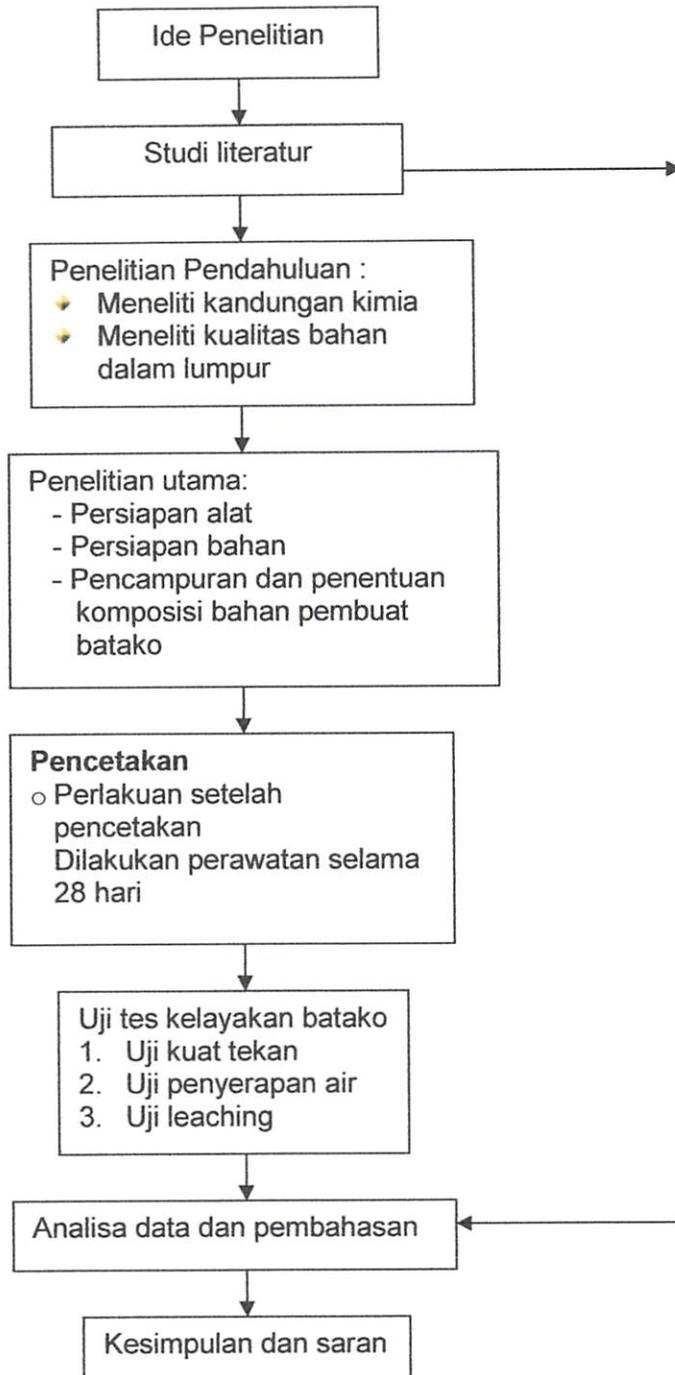
Selain uji syarat mutu batako yang sesuai dengan SNI 03-0349-1989 diatas, dilakukan juga uji toksisitas

- **Uji Leaching**

untuk mengetahui konsentrasi logam berat dalam lindi. Uji pelindian dengan TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi*) terhadap asam dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan asam melepaskan logam berat ke lingkungan dan mengetahui kemampuan semen untuk mengikat logam berat. Logam berat yang diuji adalah logam berat Pb dengan pertimbangan kandungan logam Timbal (Pb) pada lumpur paling besar. Untuk penelitian ini digunakan metode ekstraksi leachate dari limbah padat, yang kemudian dilakukan analisa dengan *Atomic Absorption Spectrofotometri (AAS)*.

### 3.8. Kerangka Penelitian

Untuk mengetahui dasar pemikiran penelitian, dibuat kerangka penelitian seperti berikut : dapat dilihat pada gambar 3.1. dibawah ini



Gambar 3.1 Kerangka penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Analisis Pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian ini, untuk mengetahui kualitas awal lumpur Bendungan Sengguruh Malang dilakukan analisis pendahuluan yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Kualitas Awal Lumpur Bendungan Sengguruh Malang**

Parameter	Hasil Analisa
Pb	3,5973 ppm
Fe	0,1867 ppm
SiO <sub>2</sub>	22,467 ppm
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	782,064 ppm
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	54,2754 ppm
CaO	10,854 ppm
MgCl	5,9053 ppm
Kadar Air	5,33 %

*Sumber : Hasil penelitian*

### 4.2. Hasil Penelitian Uji Syarat Mutu Batako

#### 4.2.1. Hasil Penelitian Uji Kuat Tekan Batako

Uji kuat tekan batako dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan batako sebelum batako tersebut digunakan. Uji kuat tekan dilakukan setelah batako dikeringkan selama 28 hari. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada tabel. 4.2

Tabel 4.2. Nilai Kuat Tekan Batako

Kode	Komposisi			Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Semen	Pasir	Lumpur		
A	1	5	0	33,34	48,58
A	1	5	0	38,10	
A	1	5	0	54,77	
A	1	5	0	45,25	
A	1	5	0	64,30	
A	1	5	0	47,63	
A	1	5	0	45,25	
A	1	5	0	57,15	
A	1	5	0	52,39	
A	1	5	0	47,63	
B	1	3	2	30,96	34,77
B	1	3	2	35,72	
B	1	3	2	33,34	
B	1	3	2	38,10	
B	1	3	2	35,72	
B	1	3	2	33,34	
B	1	3	2	38,10	
B	1	3	2	33,34	
B	1	3	2	35,72	
B	1	3	2	33,34	
C	1	2	3	35,72	32,39
C	1	2	3	35,72	
C	1	2	3	30,96	
C	1	2	3	30,96	
C	1	2	3	28,58	
C	1	2	3	30,96	
C	1	2	3	33,34	
C	1	2	3	30,96	
C	1	2	3	33,34	
C	1	2	3	33,34	
D	1	1	4	23,81	23,10
D	1	1	4	23,81	
D	1	1	4	21,43	
D	1	1	4	23,81	
D	1	1	4	23,81	
D	1	1	4	21,43	
D	1	1	4	23,81	
D	1	1	4	21,43	
D	1	1	4	23,81	
D	1	1	4	23,81	

E	1	0	5	14,29	17,15
E	1	0	5	16,67	
E	1	0	5	16,67	
E	1	0	5	19,05	
E	1	0	5	16,67	
E	1	0	5	19,05	
E	1	0	5	16,67	
E	1	0	5	19,05	
E	1	0	5	16,67	
E	1	0	5	16,67	

Sumber : Hasil Penelitian

#### 4.2.2. Hasil Penelitian Uji Penyerapan Air Batako

Pada SNI 03-0349-1989, untuk batako dengan tingkat mutu III dan IV tidak terdapat batasan untuk penyerapan airnya, namun pada penelitian ini uji penyerapan air tetap dilakukan untuk mengetahui kemampuan batako dalam menyerap air. Batako yang bermutu baik memiliki penyerapan air yang kecil. Hasil uji penyerapan air batako dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3. Nilai Penyerapan Air Batako

Kode	Komposisi			Peyerapan air (%)	Penyerapa air Rata-rata (%)
	Semen	Pasir	Lumpur		
A	1	5	0	10,64	10,30
A	1	5	0	9,55	
A	1	5	0	9,42	
A	1	5	0	11,88	
A	1	5	0	10,82	
A	1	5	0	10,09	
A	1	5	0	12,11	
A	1	5	0	6,62	
A	1	5	0	10,11	
A	1	5	0	11,75	
B	1	3	2	13,93	13,19
B	1	3	2	11,446	
B	1	3	2	13,631	
B	1	3	2	13,430	
B	1	3	2	13,474	
B	1	3	2	13,400	

B	1	3	2	13,571	15,30
B	1	3	2	13,459	
B	1	3	2	14,159	
B	1	3	2	13,260	
C	1	2	3	7,38	
C	1	2	3	15,65	
C	1	2	3	17,86	
C	1	2	3	17,66	
C	1	2	3	9,52	
C	1	2	3	17,37	
C	1	2	3	14,81	
C	1	2	3	16,44	
C	1	2	3	18,47	
C	1	2	3	17,84	
D	1	1	4	18,54	16,90
D	1	1	4	15,87	
D	1	1	4	16,05	
D	1	1	4	16,23	
D	1	1	4	18,64	
D	1	1	4	15,93	
D	1	1	4	17,21	
D	1	1	4	16,01	
D	1	1	4	18,43	
D	1	1	4	16,05	
E	1	0	5	24,11	24,54
E	1	0	5	31,33	
E	1	0	5	23,31	
E	1	0	5	23,83	
E	1	0	5	23,76	
E	1	0	5	23,24	
E	1	0	5	23,66	
E	1	0	5	23,83	
E	1	0	5	24,25	
E	1	0	5	24,11	

Sumber : Hasil Penelitian

#### 4.2.3. Hasil Penelitian Uji Leaching Batako

Uji leaching dilakukan untuk mengetahui kadar logam berat Timbal (Pb) dalam Batako. Uji pelindian terhadap asam dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan asam untuk melepaskan logam berat ke lingkungan dan mengetahui kemampuan semen untuk mengikat logam berat. Kadar logam Pb pada uji leaching dalam Batako berada dibawah baku mutu yang berlaku di

Indonesia yaitu sebesar 5 ppm, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan Batako. Hasil uji leaching batako dapat dilihat pada tabel 4.4

**Tabel 4.4. Konsentrasi Akhir Logam Berat dalam Batako**

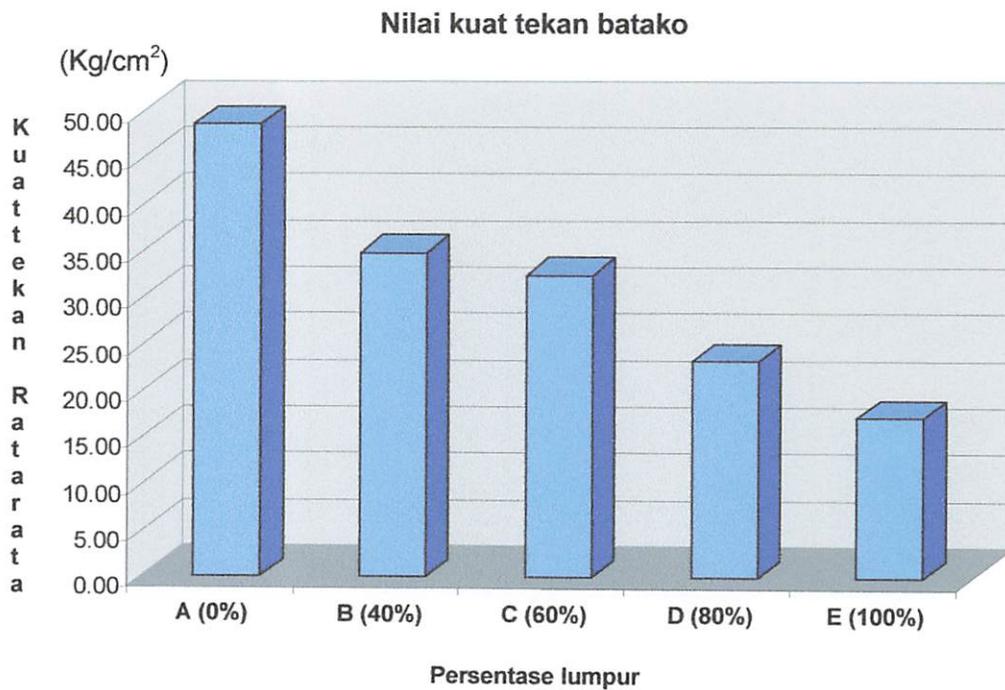
Kode	Logam Berat	Konsentrasi Awal Logam Berat (ppm)	Konsentasi Akhir Logam Berat (ppm)			
			1	2	3	Rata-rata
A	Pb	0,0000	0.0000	0.000	0.000	0.000
B	Pb	3,5973	0.0040	0.0025	0.0038	0.0034
C	Pb	3,5973	0.0870	0.0750	0.0820	0.081
D	Pb	3,5973	0.1439	0.1438	0.1550	0.15
E	Pb	3,5973	0.3875	0.3396	0.3880	0.37

Sumber : Hasil Penelitian

### 4.3. Analisis Data

#### 4.3.1. Analisis Uji Kuat Tekan Batako

Perlakuan data dalam penelitian ini terdiri dari 5 (lima) kelompok komposisi campuran, yaitu A (0%), B (40%), C (60%), D (80%), dan E (100%). Uji yang digunakan untuk mengetahui kondisi data dari masing-masing kelompok tersebut adalah uji Rancangan Acak lengkap (RAL). Berikut ini hasil pengujian dengan menggunakan RAL : dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1. Grafik hubungan Porsentase lumpur dengan rata-rata kuat tekan**

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan batako mempunyai kecenderungan menurun seiring dengan semakin banyaknya bagian lumpur yang dipakai untuk menggantikan pasir.

#### 4.3.1.1 Analisis Deskriptif

Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5. Analisis Deskriptif kuat tekan Batako**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	10	48.5810	9.06438	2.86641	42.0967	55.0653	33.34	64.30
40%	10	34.7680	2.29930	.72710	33.1232	36.4128	30.96	38.10
60%	10	32.3880	2.29930	.72710	30.7432	34.0328	28.58	35.72
80%	10	23.0960	1.14965	.36355	22.2736	23.9184	21.43	23.81
100%	10	17.1460	1.50524	.47600	16.0692	18.2228	14.29	19.05
Total	50	31.1958	11.65947	1.64890	27.8822	34.5094	14.29	64.30

#### 4.3.1.2 Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya kesamaan berbagai perlakuan terhadap kuat tekan maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.6

**Tabel . 4.6. Analisis ANOVA nilai kuat tekan Batako**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5794.308	4	1448.577	75.193	.000
Within Groups	866.915	45	19.265		
Total	6661.223	49			

Berdasarkan hasil uji diatas maka dapat dilihat Variabel Nilai kuat tekan batako memiliki nilai probabilitas sebesar 0.000, nilai ini lebih kecil dari 0.05 ( $0.000 < 0.05$ ) dan F hitung sebesar 75.193, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan F table ( $75.193 > 2.561$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan nilai kuat tekan batako antara komposisi campuran A (0%), B (40%), C (60%), D (80%), dan E (100%). Dan bila dilihat nilai *mean* (rata-rata) tampak terlihat bahwa komposisi campuran A (0%) paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima.

#### 4.3.1.3 Analisis Duncan

Uji duncan yang dilakukan cenderung memberikan kesimpulan adanya perbedaan 2 nilai tengah yang nyata meskipun nilai-nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Analisis Duncan dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel . 4.7. Nilai Uji Duncan Kuat Tekan Batako**

Komposisi	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
100%	10	17.1460			
80%	10		23.0960		
60%	10			32.3880	
40%	10			34.7680	
0%	10				48.5810
Sig.		1.000	1.000	.232	1.000

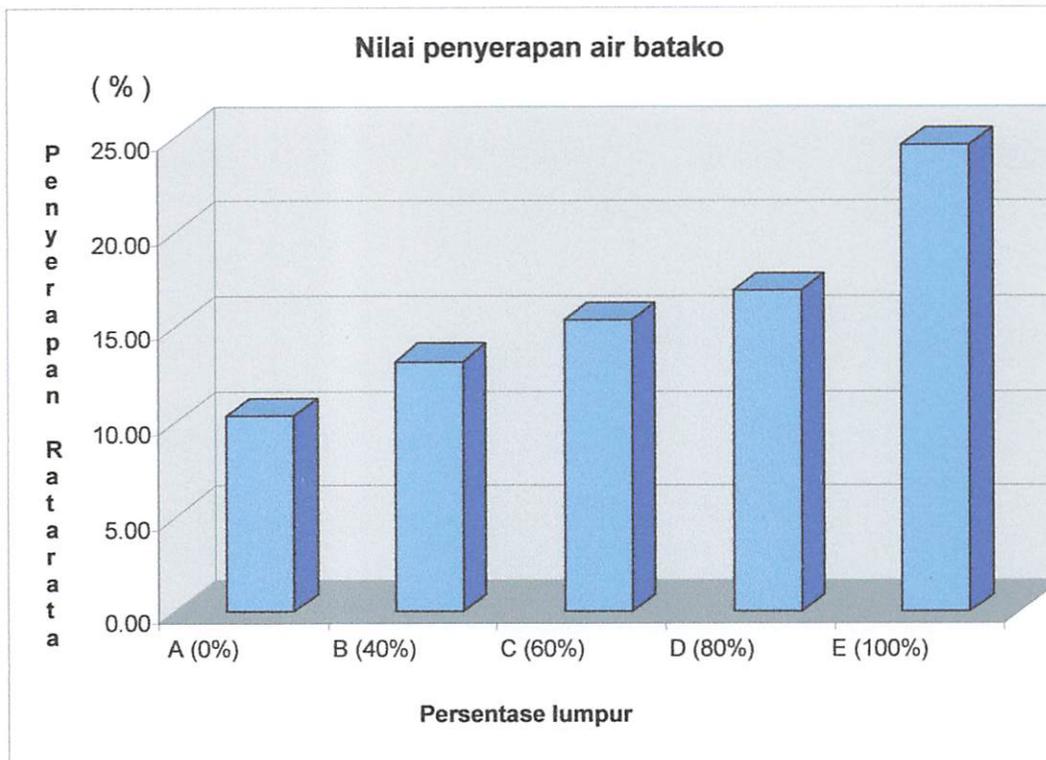
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

Berdasarkan hasil analisis Duncan dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan batako antara komposisi campuran A (0%), D (80%), dan E (100%) berada dalam kolom yang berbeda. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan batako antara komposisi campuran jenis A (0%), D (80%), dan E (100%) berbeda nyata, sedangkan komposisi campuran B (40%) dan C (60%) berada dalam kolom yang sama, hal ini berarti nilai kuat tekan batako antara komposisi campuran jenis B (40%) dan C (60%) tidak berbeda nyata, (Kwanchai A. Gomez dan Aturo A. Gomez. 1995).

#### 4.3.2. Analisis Hasil Uji Penyerapan Air

Dari data hasil uji penyerapan pada Tabel 4.3. menunjukkan bahwa, nilai penyerapan air batako dengan variasi campuran A, B, C, D dan E cenderung meningkat, dari hasil ini dapat diplotkan ke grafik seperti pada gambar 4.2



**Gambar 4.2. Grafik Hubungan Porsentase Lumpur dengan Rata-rata Penyerapan Air**

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai penyerapan air batako mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan semakin banyaknya bagian lumpur yang dipakai untuk menggantikan pasir.

#### 4.3.2.1 Analisis Deskriptif

Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan dapat dilihat pada tabel 4.8.

**Tabel . 4.8 Analisis Deskriptif Penyerapan Air Batako**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximun
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	10	10.2990	1.60625	.50794	9.1500	11.4480	6.62	12.11
40%	10	13.1930	.91241	.28853	12.5403	13.8457	11.00	14.00
60%	10	15.3000	3.81088	1.20511	12.5739	18.0261	7.38	18.47
80%	10	16.8960	1.19452	.37774	16.0415	17.7505	15.87	18.64
100%	10	24.5430	2.40721	.76123	22.8210	26.2650	23.24	31.33
Total	50	16.0462	5.29318	.74857	14.5419	17.5505	6.62	31.33

#### 4.3.2.2. Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya kesamaan berbagai perlakuan terhadap kuat tekan maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.9

**Tabel . 4.9 . Analisis ANOVA Nilai Penyerapan Air Batako**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1146.456	4	286.614	56.965	.000
Within Groups	226.412	45	5.031		
Total	1372.869	49			

Berdasarkan hasil uji diatas maka dapat dilihat Variabel Nilai penyerapan air batako memiliki nilai probabilitas sebesar 0.000, nilai ini lebih kecil dari 0.05 ( $0.000 < 0.05$ ) dan F hitung sebesar 56.965, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan F table ( $56.965 > 2.561$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa ada perbedaan

yang signifikan nilai penyerapan air batako antara komposisi campuran A (0%), B (40%), C (60%), D (80%), dan E (100%). Dan bila dilihat nilai *mean* (rata-rata) tampak terlihat bahwa komposisi campuran E (100%) paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima.

#### 4.3.2.3 Analisis Duncan

Uji duncan yang dilakukan cenderung memberikan kesimpulan adanya perbedaan 2 nilai tengah yang nyata meskipun nilai-nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Analisis Duncan dapat dilihat pada tabel 4.10.

**Tabel. 4.10. Nilai Uji DUNCAN Penyerapan Air**

Komposisi	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
0%	10	10.2990			
40%	10		13.1930		
60%	10			15.3000	
80%	10			16.8960	
100%	10				24.5430
Sig.		1.000	1.000	.119	1.000

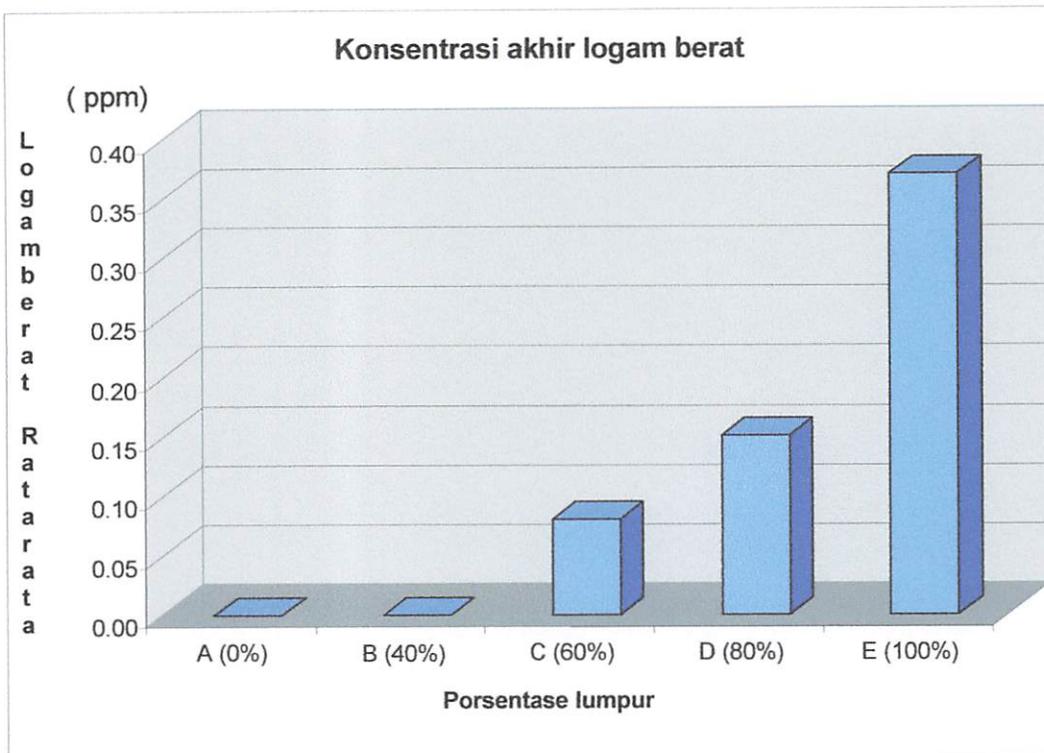
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

Berdasarkan hasil analisis Duncan dapat diketahui bahwa Nilai penyerapan air batako antara komposisi campuran A (0%), B (40%), dan E (100%) berada dalam kolom yang berbeda. Hal ini dapat disimpulkan bahwa Nilai penyerapan air batako antara komposisi campuran jenis A (0%), B (40%), dan E (100%) berbeda nyata, sedangkan komposisi campuran C (60%) dan D (80%) berada dalam kolom yang sama, hal ini berarti Nilai penyerapan air batako antara komposisi campuran jenis C (60%) dan D (80%) tidak berbeda nyata, (Kwanchai A. Gomez dan Aturo A. Gomez. 1995).

### 4.3.3. Analisis Hasil Uji Leaching Batako

Berdasarkan data hasil uji logam berat pada Tabel 4.4. menunjukkan bahwa, nilai kandungan logam berat batako dengan variasi campuran A, B, C, D dan E cenderung meningkat, dari hasil ini dapat diplotkan ke grafik seperti pada gambar 4.3.



**Gambar. 4.3. Grafik Hubungan Porsentase Lumpur dengan Rata-rata Uji Leaching**

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai Uji Leaching batako mempunyai kecenderungan meningkat seiring dengan semakin banyaknya bagian lumpur yang dipakai untuk menggantikan pasir.

#### 4.3.3.1 Analisis Deskriptif

Statistik deskriptif memberikan informasi secara visual dan lebih bersifat subjektif dalam pembuatan analisisnya. Walaupun bersifat subjektif di dalam pengambilan keputusan. Hasil uji tersaji dalam Tabel 4.11

**Tabel. 4.11. Analisis Deskriptif Uji Leaching Batako**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
40%	3	.0034	.00081	.00047	.0014	.0055	.00	.00
60%	3	.0813	.00603	.00348	.0664	.0963	.08	.09
80%	3	.1476	.00644	.00372	.1316	.1636	.14	.16
100%	3	.3717	.02780	.01605	.3026	.4408	.34	.39
Total	15	.1208	.14205	.03668	.0421	.1995	.00	.39

#### 4.3.3.2. Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya kesamaan berbagai perlakuan terhadap uji Leaching maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.12

**Tabel. 4.12. Analisis ANOVA Nilai Uji Leaching Batako**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.281	4	.070	412.273	.000
Within Groups	.002	10	.000		
Total	.282	14			

Berdasarkan hasil uji diatas maka dapat dilihat Variabel Konsentrasi akhir logam berat memiliki nilai probabilitas sebesar 0.000, nilai ini lebih kecil dari 0.05 ( $0.000 < 0.05$ ) dan F hitung sebesar 412.273, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan F table ( $412.273 > 3.112$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa ada perbedaan yang signifikan konsentrasi akhir logam berat antara komposisi campuran A (0%), B (40%), C (60%), D (80%), dan E (100%). Dan bila dilihat nilai *mean* (rata-rata) tampak terlihat bahwa komposisi campuran E (100%) paling tinggi

dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima.

#### 4.3.3.3 Analisis Duncan

Uji duncan yang dilakukan cenderung memberikan kesimpulan adanya perbedaan 2 nilai tengah yang nyata meskipun nilai-nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Analisis Duncan dapat dilihat pada tabel 4.13

**Tabel. 4.13. Nilai Uji DUNCAN Leaching Batako**

Komposisi	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
0%	3	.0000			
40%	3	.0034			
60%	3		.0813		
80%	3			.1476	
100%	3				.3717
Sig.		.754	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Berdasarkan hasil analisis Duncan dapat diketahui bahwa Konsentrasi akhir logam berat antara komposisi campuran C (60%), D (80%), dan E (100%) berada dalam kolom yang berbeda. Hal ini dapat disimpulkan bahwa Konsentrasi akhir logam berat antara komposisi campuran jenis C (60%), D (80%) dan E (100%) berbeda nyata, sedangkan komposisi campuran A (0%) dan B (40%) berada dalam kolom yang sama, hal ini berarti Konsentrasi akhir logam berat antara komposisi campuran jenis A (0%) dan B (40%) tidak berbeda nyata, (Kwanchai A. Gomez dan Aturo A. Gomez. 1995).

Setelah dilakukan uji statistik diatas diketahui bahwa lumpur yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan batako berpengaruh terhadap kuat tekan batako, penyerapan air batako dan leaching dalam batako. Hal ini menunjukkan perbedaan yang nyata antara konsentrasi akhir ketiga pengujian diatas diantaranya kelompok variasi campuran yang dipakai. Hipotesis yang diberikan adalah :

$H_0$  : kelima variasi campuran yang dipakai adalah identik

$H_a$  : kelima variasi campuran yang dipakai adalah tidak identik

Pengambilan keputusan berdasarkan:

- Jika probabilitas  $> 0,05$ ,  $H_0$  diterima.
- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel uji ANOVA diatas, nilai F hitung untuk kuat tekan batako sebesar 75,195 jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,561. Sedangkan nilai F hitung untuk penyerapan air batako sebesar 56,965 jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 2,561. Dan untuk nilai F hitung untuk logam berat sebesar 412,273 jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 3.112. Karena nilai F hitung lebih besar daripada F tabel maka keputusannya adalah  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Artinya kelima variasi campuran yang dipakai dalam tiga pengujian yang dilakukan adalah tidak identik/berbeda nyata.

#### 4.4. Pembahasan

##### 4.4.1. Uji Kuat Tekan Batako

Berdasarkan gambar 4.1, kuat tekan batako yang paling tinggi adalah 44,58 kg/cm<sup>2</sup> pada komposisi 1 : 5 : 0 (A) dan kuat tekan batako yang paling rendah adalah 17,15 kg/cm<sup>2</sup> pada komposisi 1 : 0 : 5 (E).

Kuat tekan batako pada komposisi 1 : 5 : 0 (A) yaitu 44,58 kg/cm<sup>2</sup> memenuhi persyaratan fisik mutu bata beton berlubang tingkat III (SNI 03-0349-1989). Untuk kuat tekan batako pada komposisi 1 : 3 : 2 (B) yaitu 34,77 kg/cm<sup>2</sup>, memenuhi persyaratan fisik mutu bata beton berlubang tingkat IV (SNI 03-0349-1989). Sedangkan kuat tekan batako pada komposisi 1 : 2 : 3 (C) sebesar 32,39 kg/cm<sup>2</sup>, memenuhi persyaratan fisik mutu bata beton berlubang tingkat IV (SNI 03-0349-1989) kuat tekan batako pada komposisi 1 : 1 : 4 (D) sebesar 23,10 kg/cm<sup>2</sup> memenuhi persyaratan fisik mutu bata beton berlubang tingkat IV (SNI 03-0349-1989). Dan kuat tekan batako dengan komposisi 1 : 0 : 5 (E) sebesar 17,15 kg/cm<sup>2</sup>, juga memenuhi persyaratan fisik mutu bata beton berlubang tingkat IV (SNI 03-0349-1989). Dengan demikian batako dengan campuran (agregat) lumpur

Bendungan Sengguruh layak untuk dimanfaatkan bahan bangunan sesuai peruntukannya.

Variasi campuran bahan-bahan pembuat batako mempunyai pengaruh besar terhadap kuat tekan batako. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis Duncan pada sub bab 4.3.1.3, dimana nilai kuat tekan batako pada analisis uji duncan dengan variasi campuran A (0%), D (80%) dan E (100%), berbeda nyata sedangkan komposisi B (40%), dan C (60%), tidak berbeda nyata, (Kwanchai A. Gomez dan Aturo A. Gomez. 1995). Yang berarti semakin banyak bagian lumpur yang dipakai untuk menggantikan pasir maka kuat tekan batako yang dihasilkan semakin menurun. Sebaliknya semakin banyak bagian pasir yang dipakai untuk menggantikan lumpur maka kuat tekan batako akan semakin meningkat.

Di dalam beton, agregat menempati 70% - 75% dari volume massa yang telah mengeras. Sisanya terdiri dari adukan semen yang telah mengeras, air yang belum bereaksi (yaitu air yang tidak ikut dalam proses hidrasi dari semen), dan rongga-rongga udara. Air yang belum bereaksi dan rongga-rongga udara yang kenyataannya tidak memberikan sumbangan kekuatan terhadap beton. Oleh karena itu, sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton, (Wuryati Samekto, Candra Rahmadiyanto, 2001). Agregat yang dipakai harus mempunyai kekuatan yang baik, tahan lama, tahan terhadap cuaca, permukaannya haruslah bebas dari kotoran yang dapat merusak beton, lumpur yang akan memperlemah ikatannya dengan adukan semen dan juga tidak boleh terjadi reaksi kimia yang tidak diinginkan diantara material tersebut dengan semen. Kuatnya hubungan antara kuat tekan batako dengan variasi campuran disebabkan karena kualitas dari bahan-bahan yang dipakai yaitu pasir dan lumpur yang berbeda.

Lumpur dari Bendungan Sengguruh Malang yang dipakai sebagai bahan campuran bersifat lebih lunak dari pasir. Lumpur tersebut mengandung senyawa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$  yang dapat membantu proses pengikatan dengan semen, serta dengan kandungan bahan organik yang memenuhi standar (4,39%), sehingga pasta semen dapat mengikat/melekatkan butir-butir lumpur dengan sempurna pada saat proses hidrasi berlangsung. Proses hidrasi timbul bila air

ditambahkan ke dalam semen portland, sehingga terjadi reaksi air dengan komponen-komponen semen.

Pada dasarnya mekanisme hidrasi hampir tidak berpengaruh pada bahan agregat maupun rongga udara, tetapi lebih berpengaruh atau hanya terjadi di dalam pasta semen yang terdiri dari butiran-butiran semen dan air. Ketika terjadi proses hidrasi, kandungan organik dalam lumpur Bendungan Sengguruh Malang akan ikut bereaksi, sehingga berpengaruh terhadap beton. Apa bila bahan organik ini memperlambat pengikatan (*setting*) semen, dan juga dapat memperlambat kekuatan beton sehingga pasta semen tidak dapat mengikat/melekatkan butir-butir lumpur dengan sempurna. Bila dilihat pada tabel spesifikasi mutu agregat, agregat yang baik tidak boleh mengandung bahan organik/lumpur lebih dari 5%.

Pada hasil penelitian ini, terlihat bahwa batako dengan pemakaian lumpur dengan komposisi yang sudah ditentukan memberikan pengaruh terhadap kuat tekan batako. Hal ini disebabkan lumpur memiliki unsur-unsur yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang tinggi, ketiga oksidan tersebut merupakan komponen yang penting yang dapat meningkatkan mutu beton, yaitu terbentuknya kalsium silikat hidrat, kalsium aluminat hidrat dan kalsium alumino ferrit hidrat (Amir Husin, 2003)

Penggunaan agregat pasir sangat membantu dalam pengikatan lumpur (pembuatan mix desain). Lumpur yang halus sulit diikat oleh semen jika tanpa pasir, hal ini terlihat dari hasil uji kuat tekan batako tanpa pasir memiliki kuat tekan yang sangat rendah. Sehingga peran agregat sangat penting dalam memberikan sumbangan kuat tekan.

#### **4.4.2. Uji Penyerapan Air Batako**

Berdasarkan gambar 4.2, penyerapan air batako yang paling tinggi adalah 24,54% pada komposisi 1 : 0 : 5 (E) dan penyerapan air batako yang paling rendah adalah 10,30% pada komposisi 1 : 5 : 0 (A). Penyerapan air batako pada komposisi 1 : 5 : 0 (A) sebesar 24,54%, komposisi 1 : 3 : 2 (B) sebesar 13,19% dan komposisi 1 : 2 : 3 (C) sebesar 15,30%, komposisi 1 : 1 : 4 (D) sebesar 16,90%, dan komposisi 1 : 0 : 5 (E) sebesar 24,54%, memenuhi persyaratan fisik mutu bata beton berlubang tingkat I (SNI 03-0349-1989) yaitu maksimal 25%.

Variasi campuran bahan-bahan pembuat batako mempunyai pengaruh besar terhadap penyerapan air batako. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis Duncan pada sub bab 4.3.2.3, dimana nilai penyerapan air batako pada analisis uji duncan dengan variasi campuran A (0%), B (40%) dan E (100%), berbeda nyata sedangkan komposisi C (60%), dan D (80%), tidak berbeda nyata, (Kwanchai A. Gomez dan Aturo A. Gomez. 1995). Yang berarti semakin banyak bagian lumpur yang dipakai untuk menggantikan pasir maka penyerapan air batako yang dihasilkan semakin meningkat. Sebaliknya semakin banyak bagian pasir yang dipakai untuk menggantikan lumpur maka penyerapan air batako akan semakin menurun.

Kuatnya hubungan antara penyerapan air batako dengan variasi campuran disebabkan karena kualitas dari bahan-bahan yang dipakai yaitu pasir dan lumpur yang berbeda. Karena agregat menempati sampai 80% dari volume betonnya, maka porositas agregat memberikan kontribusi pada porositas beton secara keseluruhan.

Lumpur Bendungan Sengguruh Malang memiliki daya serap air yang tinggi dibandingkan pasir, bila dijadikan agregat, termasuk dalam kategori agregat ringan. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi (Kardiyono Tjokrodilmojo, 1996). Sifat fisik pasir yang keras, menyebabkan porinya kedap air, sehingga sulit baginya untuk menyerap air. Sedangkan lumpur bersifat lunak sehingga masih memungkinkan pori-porinya terisi oleh air. Apalagi jika setelah ikatan semen mengeras, lumpur akan menyusut volumenya. Adanya garam MgCl (5,9053 ppm) yang terkandung dalam lumpur dapat menyerap air dari udara, sehingga mengakibatkan lumpur selalu dalam keadaan basah, dan juga dapat mengakibatkan pengembangan setelah beton selesai dibuat.

Besarnya kadar bahan organik (4,39%) yang ada dalam lumpur Bendungan Sengguruh tidak melebihi batas agregat halus sehingga tidak terlalu ikut bereaksi pada saat hidrasi semen, maka pengikatan semen dapat optimal sehingga batako menjadi padat dan rongga-rongga antar agregat yang terbentuk tidak semakin banyak. Pada hasil penelitian ini, terlihat bahwa batako dengan penambahan lumpur Bendungan Sengguruh memberikan hasil penyerapan air yang lebih kecil karena lumpur pada Bendungan sengguruh membentuk ikatan yang padat seperti

semen dari reaksi  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$  yang menghasilkan silikat hidrat (Mindes & Young, 1981 dalam Evita Sari 2000).

#### 4.4.4. Uji Leaching Batako

Berdasarkan gambar 4.3, konsentrasi akhir logam berat Pb yang paling tinggi dalam batako yang menggunakan substitusi lumpur adalah 0,37 ppm dengan kode variasi (E), sedangkan konsentrasi akhir logam berat Pb paling rendah yang menggunakan substitusi lumpur adalah 0,0034 ppm dengan kode variasi (B). Konsentrasi akhir logam berat Pb yang tercuci melalui proses leaching pada semua variasi campuran masih berada dibawah baku mutu uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang diijinkan yaitu 5,0 ppm.

Variasi campuran bahan-bahan pembuatan batako mempunyai pengaruh besar terhadap konsentrasi akhir logam berat Pb. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis Duncan pada sub bab 4.5.3.2, dimana nilai analisis duncan antara konsentrasi akhir logam berat Pb dalam batako dengan variasi campuran komposisi (A) dan (B) tidak ada perbedaan nyata, (Kwanchai A. Gomez dan Aturo A. Gomez. 1995). Berarti semakin banyak bagian lumpur yang dipakai untuk menggantikan pasir maka konsentrasi akhir logam berat yang tercuci melalui proses leaching akan semakin meningkat. Sebaliknya semakin banyak bagian pasir yang dipakai untuk menggantikan lumpur maka konsentrasi akhir logam berat yang tercuci melalui proses leaching akan semakin menurun.

Kuatnya hubungan antara konsentrasi akhir logam berat dengan variasi campuran disebabkan karena kualitas dari bahan-bahan yang dipakai yaitu pasir dan lumpur yang berbeda, dimana lumpur Bendungan Sengguruh Malang memiliki kandungan logam berat Pb sebesar 3,5973 ppm. Oleh sebab itu lumpur memberikan kontribusi pada konsentrasi akhir logam berat yang tercuci melalui proses leaching batako.

Berdasarkan penelitian ini terlihat bahwa semen dapat mengikat logam berat Pb dengan baik hal ini dapat dilihat pada hasil TCLP batako yaitu pada tabel 4.4. Lindi yang dihasilkan mengandung logam berat Pb dengan konsentrasi kecil dan

berada dibawah baku mutu TCLP untuk logam berat Pb yaitu 5,0 ppm sehingga dapat mengurangi potensi bahaya dari logam berat Pb dalam batako.

Reaksi kimia yang terjadi dalam beton antara semen dan air (hidrasi) akan menghasilkan Kalsium Silikat Hidrat (CSH) yang berperan dalam perkembangan kuat tekan beton dan hasil sampingan yaitu  $\text{Ca(OH)}_2$ . Proses hidrasi semen portland sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci. Rumus proses kimia (perkiraan) untuk reaksi hidrasi dapat ditulis sebagai berikut :  $\text{C}_2\text{S}, \text{C}_3\text{S}, \text{C}_3\text{A}, \text{C}_4\text{AF} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} (\text{CSH}) + \text{Ca(OH)}_2$  (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1996).

Kandungan senyawa silika reaktif ( $\text{SiO}_2$ ) pada lumpur bereaksi dengan hasil sampingan dari reaksi semen dengan air  $\text{Ca(OH)}_2$  menghasilkan senyawa CSH (reaksi Puzzolonik)  $3\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  sehingga beton menjadi lebih padat dan logam berat yang terperangkap dalam batako semakin banyak, karena senyawa semen yang terbentuk (hasil samping =  $\text{Ca(OH)}_2$ ) bermuatan negatif (-) dan logam berat bermuatan positif (+), (Ure, 1995 dalam Evita Sari, 2000).

Adapun mekanisme terperangkapnya Pb dalam campuran semen adalah sebagaimana telah dijelaskan pada bab II tinjauan pustaka pada sub bab 2.7.2 kandungan logam berat.

Dampak negatif yang ditimbulkan lindi yang mengandung logam berat Pb yang melebihi baku mutu antara lain :

- Tercemarnya tanah dan air tanah akibat peresapan lindi yang mengandung logam berat Pb sehingga terjadi absorpsi Pb pada tanaman (sayuran) yang kemudian hasilnya dikonsumsi oleh manusia maka akan terakumulasi dalam tubuh manusia sebagai racun yang tidak dapat diuraikan oleh organ tubuh manusia.
- Tercemarnya badan air seperti tambak atau sungai akibat aliran lindi yang mengandung logam berat Pb akan mempengaruhi ekosistem yang ada didalamnya. Perubahan struktur morfologi insang ikan Salmon yang berakibat ikan kurang mampu berenang merupakan salah satu dampak negatif yang ditimbulkan akibat terpaparnya logam berat Pb dalam tubuh ikan tersebut, ([http://www.infoLAB Online.htm](http://www.infoLABOnline.htm) 1/29/2007 2 : 44 PM)

Kemungkinan terjadinya pencemaran logam berat Pb di udara melalui pemakaian batako sebagai bahan konstruksi adalah kecil. Dilihat dari sifat fisik, Pb memiliki titik didih  $1740^{\circ}\text{C}$  sehingga ketika suhu udara sangat tinggi, logam berat Pb dalam batako akan menguap dan terlepas ke udara. Senyawa-senyawa Pb dalam keadaan kering dapat terdispersi di dalam udara, sehingga kemudian terhirup pada saat bernafas dan sebagian akan menumpuk di kulit dan atau terserap oleh daun tumbuhan (Heryando Palar, 1994).

#### **4.5 . Menentukan Komposisi Terbaik**

Berdasarkan Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4, terlihat bahwa variasi campuran B ( 1 semen : 3 pasir : 2 lumpur) merupakan komposisi terbaik dari batako dengan pemakaian lumpur dibandingkan dengan komposisi-komposisi lainnya. Batako pada komposisi ini memenuhi syarat fisik tampak luar yang disyaratkan SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding yaitu : rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, sudut rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan dan tidak menunjukkan retak-retak. Kuat tekan batako pada komposisi ini ( $34,77 \text{ kg/cm}^2$ ) memenuhi syarat fisik yang disyaratkan SNI 03-0349-1989 Bata Beton Berlubang tingkat IV yaitu minimum  $20 \text{ kg/cm}^2$ . Untuk penyerapan air batako pada komposisi ini (13,19%) memenuhi syarat fisik yang disyaratkan SNI 03-0349-1989 Bata Beton Berlubang tingkat I yaitu maksimum 25%. Sedangkan untuk konsentrasi akhir logam berat Pb (0,0034 ppm) dalam batako pada komposisi ini memenuhi baku mutu uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yaitu maksimum 5,0 ppm.

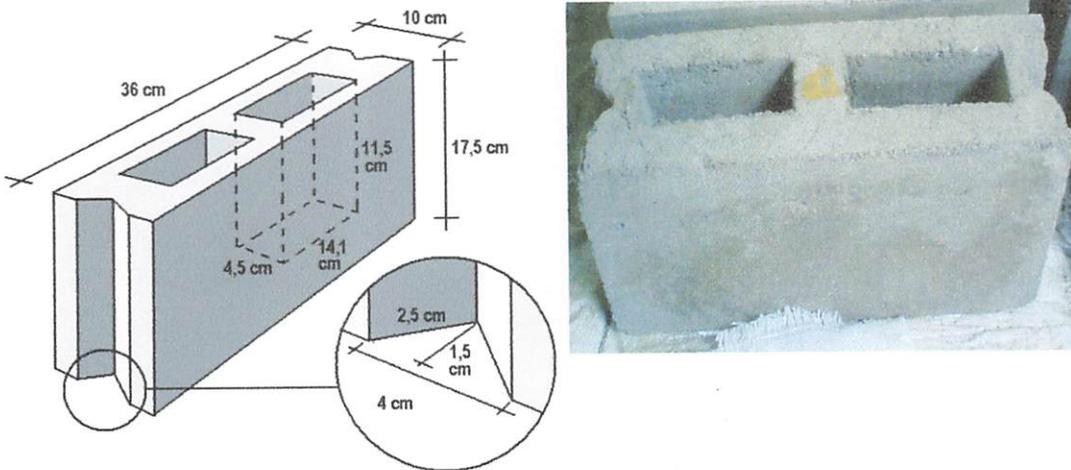
#### **4.6. Analisis Kelayakan Lingkungan**

Untuk hasil uji leaching logam berat Pb pada semua variasi komposisi bahan pembuatan batako memenuhi baku mutu uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure) yaitu 5,0 ppm, sehingga keberadaan logam berat Pb dari hasil lindi batako dapat dikatakan aman dan tidak berpotensi mencemari lingkungan.

Selanjutnya untuk mengetahui persentase jumlah lumpur Bendungan Sengguruh Malang yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan batako dapat dilihat dari perhitungan berikut :

## Perhitungan Kebutuhan Bahan Pembuatan Batako

Untuk batako berlubang 2



**Gambar 4.4. Ukuran bagian-bagian batako dan batako tampak asli**

- a. Volume lubang tengah :  $2 \times (4,5 \times 14,1 \times 11,5 \text{ cm}) = 1459,35 \text{ cm}^3$   
 b. Volume cekungan pinggir :  $2 \times (0,5 \times 4 \times 1,5 \times 17,5 \text{ cm}) = 105 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned} \text{Volume batako} &= (36 \times 10 \times 17,5) - (1459,35 + 105) \\ &= 4735,65 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0047 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Batako dengan pemakaian lumpur Bendungan Sengguruh Malang yang memenuhi persyaratan SNI adalah batako dengan pemakaian 1 bagian lumpur. (1 semen : 3-Pasir : 2 lumpur)

Lumpur Bendungan Sengguruh Malang yang dihasilkan =  $1000 \text{ m}^3/\text{hari}$

$$\begin{aligned} \text{Lumpur yang diperlukan untuk 1 buah batako} &= 0,0047 \text{ m}^3 \times 1/3 \\ &= 0,00157 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka jumlah batako dengan pemakaian lumpur yang dapat dihasilkan setiap hari =

$$\frac{1000}{0,00157} = 636942,675$$

$$\approx 636942 \text{ buah}$$

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa lumpur Bendungan Sengguruh Malang yang dihasilkan setiap harinya ( $1000 \text{ m}^3$ ) dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan batako dengan jumlah batako yang dihasilkan 636942 buah per hari. Hal ini dapat dipakai sebagai pertimbangan pengelolaan lingkungan dengan cara *reuse* (penggunaan kembali) lumpur hasil pengolahan air Sungai, sehingga potensi pencemaran akibat lumpur dapat diminimalkan.

#### 4.7 Nilai Ekonomi Batako

Pada pembahasan ini dilakukan analisis ekonomi, komposisi yang digunakan adalah komposisi yang terbaik yang telah dibahas pada pembahasan sebelumnya.

Adapun harga-harga yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- ❏ Semen Tipe I, Harga 1 sak (50 kg) Rp. 48.000,00., jadi harga semen Rp.- 960.00/kg
- ❏ Pasir 1 truk dengan kapasitas  $3 \text{ m}^3$  seharga Rp. 325.000,00. jadi harga pasir Rp. 108,300.00/ $\text{m}^3$ .
- ❏ Harga air PDAM untuk pemakaian di atas  $20 \text{ m}^3$  adalah Rp. 59.000,00/  $\text{m}^3$

Perhitungan nilai ekonomi batako adalah sebagai berikut:

- Campuran bahan

$$\text{Semen} : \text{pasir} : \text{lumpur} = 1 : 3 : 2$$

Berat batako tanpa komponen air adalah:

$$= \text{berat batako} - (13,19 \% \times \text{berat batako})$$

$$= 10,078 - (13,19 \% \times 10,078)$$

$$= 8,688 \text{ kg}$$

Berat masing-masing komponen batako:

$$\begin{aligned} \text{Berat air} &= 13,19\% \times 10,078 \\ &= 1329 \text{ gr/ } 1\text{gr/ cm}^3 \\ &= 1329 \text{ cm}^3 \approx 0,001329 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat semen} &= 1/6 \times 8,688 \\
 &= 1,448 \text{ kg} \\
 \text{Berat Pasir} &= 1/2 \times 8,688 \\
 &= 4,344 \text{ kg/BV pasir 1350} \\
 &= 0,0032 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

#### ➤ Harga Bahan Baku

Perhitungan harga bahan baku untuk 500 batako dari batako yang dihasilkan bendungan senguruh yaitu 636942, karena pembuatan per hari yang mampu diproduksi oleh home industri hanya 500 batako, (yang biasa dihasilkan oleh UD atau home industri) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= 0,001329 \text{ m}^3 \times 500 \\
 &= 0,6645 \text{ m}^3 \\
 \text{Harga Air} &= \text{Rp. } 59.000,00 / \text{m}^3 \times 0,6645 \\
 &= \text{Rp. } 3.92,055 \\
 \text{Semen} &= 1,448 \text{ kg} \times 500 \\
 &= 724 \text{ kg} \\
 \text{Harga semen} &= \text{Rp. } 960.00/\text{kg} \times 724 \\
 &= \text{Rp. } 6.95,040 \\
 \text{Pasir} &= 0,0032 \text{ m}^3 \times 500 \\
 &= 1,6 \text{ m}^3 \\
 \text{Harga pasir} &= \text{Rp. } 108,300.00/\text{m}^3 \times 1,6 \text{ m}^3 \\
 &= \text{Rp. } 173,28
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan harga bahan baku diatas, didapatkan harga bahan baku untuk 500 batako, adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{harga air} + \text{harga semen} + \text{harga pasir} \\
 &= \text{Rp. } 3.92,055 + \text{Rp. } 6.95.040 + \text{Rp. } 173,28 \\
 &= \text{Rp. } 184.150,95
 \end{aligned}$$

#### ➤ Biaya pekerja batako

Upah standar pembuat batako adalah Rp 25.000,00/orang/hari dan dapat menghasilkan 250 buah batako per orang per hari. Jadi pekerja yang dibutuhkan 2 orang.

$$\text{Biaya upah pekerja} = \text{Rp } 25.000,00 \times 2 \text{ orang} = \text{Rp. } 50.000,00$$

### ➤ Harga Alat

- Alat cetakan yang akan digunakan terbuat dari plat baja dengan kapasitas produksi sebanyak 500 batako/hari, maka dibutuhkan 2 cetakan yang diharapkan 1 cetakan dapat menghasilkan 250 buah batako.
- Diketahui harga plat baja adalah Rp. 30.000,00 (sudah termasuk biaya jasa pembuatan) sehingga dapat diketahui harga cetakan untuk 2 buah cetakan adalah:
  - = Rp. 30.000,00 x 2
  - = Rp. 60.000,00
- Biaya peralatan pelengkap (sekop, cetakan, ayakan, ember dan alat tumbuk lumpur) diasumsikan sebesar 5% dari harga cetakan, sehingga didapat harga total adalah:
  - = Rp. 60.000,00 + ( 5% x Rp. 60.000,00)
  - = Rp. 63.000,00
- Untuk umur pakai selama 5 tahun atau 1500 hari efektif kerja, maka biaya harga alat perhari adalah:
  - = Rp. 63.000,00 : 1500
  - = Rp. 0,042

Dari perhitungan harga-harga diatas, didapatkan harga pembuatan batako dengan campuran lumpur per hari dengan kapasitas produksi sebanyak 500 batako yaitu:

$$= \text{Rp. } 184.150,95 + \text{Rp. } 50.000,00 + \text{Rp. } 0,042$$

$$= \text{Rp. } 234.192,95/\text{hari}$$

Jadi untuk satu buah batako, harga yang didapatkan adalah:

$$= \text{Rp. } 234.192,95/\text{hari} : 500$$

$$= \text{Rp. } 468.3859 \approx \text{Rp. } 500,00/\text{buah}$$

Harga batako dipasaran pada umumnya adalah Rp. 2.500,00/buah sehingga selisih dengan batako campuran lumpur adalah Rp.-2000,00/batako.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan lumpur (sludge) pada Bendungan Sengguruh Malang dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif pembuatan batako. Namun hanya dapat memenuhi SNI 03-0349-1989 mutu IV. Ditinjau dari uji syarat mutu batako yang meliputi kuat tekan dan penyerapan air, batako dengan pemakaian lumpur yang memiliki kualitas terbaik dan memenuhi syarat mutu SNI 03-0349-1989 adalah pada variasi komposisi 1 semen : 3 pasir : 2 lumpur (komposisi dengan kode B), bagian yang menghasilkan kuat tekan untuk tipe IV yakni sebesar 34,77 kg/cm<sup>2</sup>, dengan memiliki penyerapan air sebesar 13,19 %.
2. Hasil uji leaching logam berat Pb pada semua batako yang dihasilkan dalam penelitian ini masih berada dibawah baku mutu uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi) yang diijinkan. Lumpur Bendungan Sengguruh Malang yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai salah satu bahan dasar pembuatan batako dengan jumlah batako yang dihasilkan 636942 buah.

#### **5.2. Saran**

Untuk penelitian selanjutnya, peneliti menyarankan hal-hal berikut :

1. Dalam penelitian ini hanya digunakan lumpur (sludge). Untuk itu perlu dicoba pada penelitian lebih lanjut dengan komposisi campuran penambahan yang lain yang dapat mendukung kekuatan batako sesuai SNI yang dipakai.
2. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 : 5 . maka untuk penelitian yang lebih lanjut disarankan menggunakan volume perbandingan 1 : 3 atau yang diperbolehkan dengan kekuatannya sama atau lebih tinggi menurut SNI
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut :
  - Logam berat yang mungkin mempunyai kualitas yang lebih besar dari logam berat Pb dan Fe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1984), **Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia**
- Anonim, (1989). **SNI (Standar Nasional Indonesia ) 03-0349-1949. Bata Beton**  
. Dewan Standarisasi Nasional.
- Darmono (1995), **Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup. Universitas Indonesia, Jakarta.**
- Frick, Heinz (1980), **Ilmu Konstruksi Bangunan I. Kanisius. Yogyakarta**
- Fintel, Mark (1987), **Buku Pegangan Tentang Teknik Beton. Pradnya Paramita, Jakarta.**
- Gomez, Kwanchai A. Gomes dan Aturo A. (1995). **Prosedur Statististik untuk Penelitian Pertanian. Jakarta**
- Hammer, Warren Viessman, Mark J. (1992), **Water Supply and Pollution Control. HarperCollins College Publishers.**
- Ina, Agustina Uba (2002), **Kualitas Ekologik Kali Brantas Di Daerah Malang Ditinjau Dari Stuktur sungai Dan Sedimentasi Sungai Untuk Menentukan Pola Umum Konserfasi. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP – ITN Malang.**
- Leiden, Evy Triani (2003), **Uji Pemanfaatan Sampah Organik di Kotamadya Malang sebagai Substitusi Bahan Alternatif Pembuatan Paving Block. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP – ITN Malang.**
- Mutawakil (2006), **Pengolahan limbah got Sebagai Peluang Usaha. Penebar Swadaya. Jakarta**
- Metcalf & Edy (1991), **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse third edition. McGraw – Hill, Inc. California.**
- Nurhaida E (1995), **Studi Pemanfaatan Lumpur Instalasi Penjernihan Air Minum Karangpilar I Sebagai Bahan Baku Batu Bata melalui Proses Dewatering Lumpur Dengan Filter Press. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP – ITS Surabaya.**
- Purba, Dwiana Novita (2006), **Studi Pemanfaatan Pemanfaatan Lumpur IPLC RS Dr. Saiful Anwar Malang Sebagai Salah Satu Bahan Pembuatan Batako Dengan Pemanfaatan Fly Ash Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Pozzoland. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP – ITN Malang.**
- Palar, Heryando (1994), **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.**

Rahmadiyanto, Wuryati Samekto, Candra (2001), **Teknologi Beton**. Kanisius. Yogyakarta.

Sari, Evita (2000), **Studi Pemanfaatan Abu Incenerator TPA Keputih sebagai Bahan Campuran Semen untuk Mengikat Logam Berat Cu dengan Proses Solidifikasi-Stabilisasi**. TA Jurusan T. Lingkungan FTSP – ITS Surabaya.

Soleh, A.Z (2005), **Ilmu Statistika**. Rekayasa Sains. Bandung.

Sudjana (2002), **Metoda Statistika**. Tarsito. Bandung.

Tjokrodimulyo K (1996), **Teknologi Beton**. Nafiri. Yogyakarta

<http://www.hodmudflow.Wordpress.com>. 5/26/2007 6 : 27 PM

[http://www.infoLAB Online. Htm](http://www.infoLABOnline.Htm). 1/29/2007 2 : 44 PM

<http://www.sisfo.net>. 5/26/2007 6 : 15 PM

[http://www.surya.co.id/web Powered Mrvaerdch](http://www.surya.co.id/webPoweredMrvaerdch), 2008, 15:11 PM

# LAMPIRAN A

CARA KERJA ANALISA PARAMETER UJI

## Tes Uji Kelayakan Mutu Batako

Uji kelayakan dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran manakah yang terbaik dalam pembuatan batako dalam menggunakan limbah lumpur.

### Uji kuat tekan

Uji kuat tekan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan dari campuran limbah (lumpur). Uji ini dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine*. Diharap dari kuat uji tekan ini akan memenuhi syarat kuat tekan batako tidak kurang dari 20 kg/cm<sup>2</sup> sesuai SNI 03-0349.

Adapun prosedur uji kuat tekan yang akan dilakukan ialah

#### 1. Peralatan

- Mesin kuat tekan
- Penggaris
- Timbangan

#### 2. Cara melakukan

- Timbang dan catat berat benda uji.
- Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catat beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji. Arah penekanan pada contoh uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaiannya.
- Lakukan langkah-langkah sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

#### 3. Perhitungan :

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A}$$

Dimana : P = beban hancur (kg)

A = luas bidang tekan (cm<sup>2</sup>)

#### Uji penyerapan air

Uji penyerapan air bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako dalam penyerapan air. Batako bermutu baik bila kemampuan penyerapan air nya kecil. Tes ini dilakukan dengan cara merendam batako dalam air selama 24 jam kemudian ditimbang, sehingga diketahui selisih berat sebelum dan sesudah direndam.

Adapun prosedur uji penyerapan air yang akan dilakukan ialah :

##### 1. Peralatan

- o Bak perendam
- o Timbangan
- o Oven

##### 2. Cara melakukan

- Benda uji utuh direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan selama 24 jam. Kemudian benda uji diangkat dari rendaman dan air sisanya dibiarkan meneris kurang lebih satu menit, lalu permukaan benda uji diseka dengan kain lembab dan benda uji ditimbang (A).
- Setelah itu benda uji dikeringkan didalam oven pada suhu 100-125°C selama 24 jam (B)

##### 3. Perhitungan

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Dimana : A = Berat basah (kg)

B = Berat kering (kg)

#### Uji leaching

Uji leaching bertujuan untuk mengetahui proses pelindian untuk mengetahui kemampuan asam untuk melepaskan logam berat kelingkungan dan untuk mengetahui semen untuk mengikat logam berat. Untuk penelitian ini digunakan metode ekstraksi leachit dari limbah padat, yang kemudian dilakukan analisa *Atomic Absorption Spectrofotometri* (AAS).

Adapun prosedur uji leaching yang akan dilakukan ialah:

1. Peralata yang digunakan :

- o Alat penumbuk
- o Ayakan berukuran 9,5 mm dari stainless/plastik
- o Botol sampel dari bahan-bahan polyethylene 250 ml
- o Vacum filter dengan membran filter
- o Asam asetat 0,5 N

2. Cara melakukan

- Batako dihancurkan dan ditumbuk agar lolos ayakan yang berukuran 9,5 mm
- Masukkan serpihan batako yang lolos ayakan tersebut kedalam botol sampel.
- Kemudian diekstrasi dengan cara meredamnya dengan larutan asam asetat
- 0,5 N pada pH 5 selama 3 x 24 jam. Perbandingan antara larutan dan padatan adalah. 16 : 1
- Selanjutnya disaring dengan vacum vilter untuk memisahkan padatan dari larutan dan buang bagian padat tersebut. Sebelum disaring dilakukan pengadukan. Hal ini dimaksudkan agar leaching menjadi butir-butir halus. Sedangkan filtrat yang didapat siap untuk diperiksa kandungan logam beratnya degan analisa AAS.

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

1945-1946

# LAMPIRAN B

DATA HASIL PARAMETER UJI





Departemen Pendidikan Nasional  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA - FAKULTAS PERTANIAN

## JURUSAN TANAH

Jalan Veteran, Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623 ■ Fax : 0341 - 564333, 560011 ■ e-mail : soilub@brawijaya.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 104/PT.13.FP/TA/AK/2007

### HASIL ANALISIS CONTOH TANAH LUMPUR

a.n. : Abdul Gafur

Lokasi : Lumpur Sengguruh

Terhadap kering oven 105°C

No. Lab.	Kode	C.organik	Bahan Organik
Tnh 460	Lumpur Sengguruh	2.52	4.36



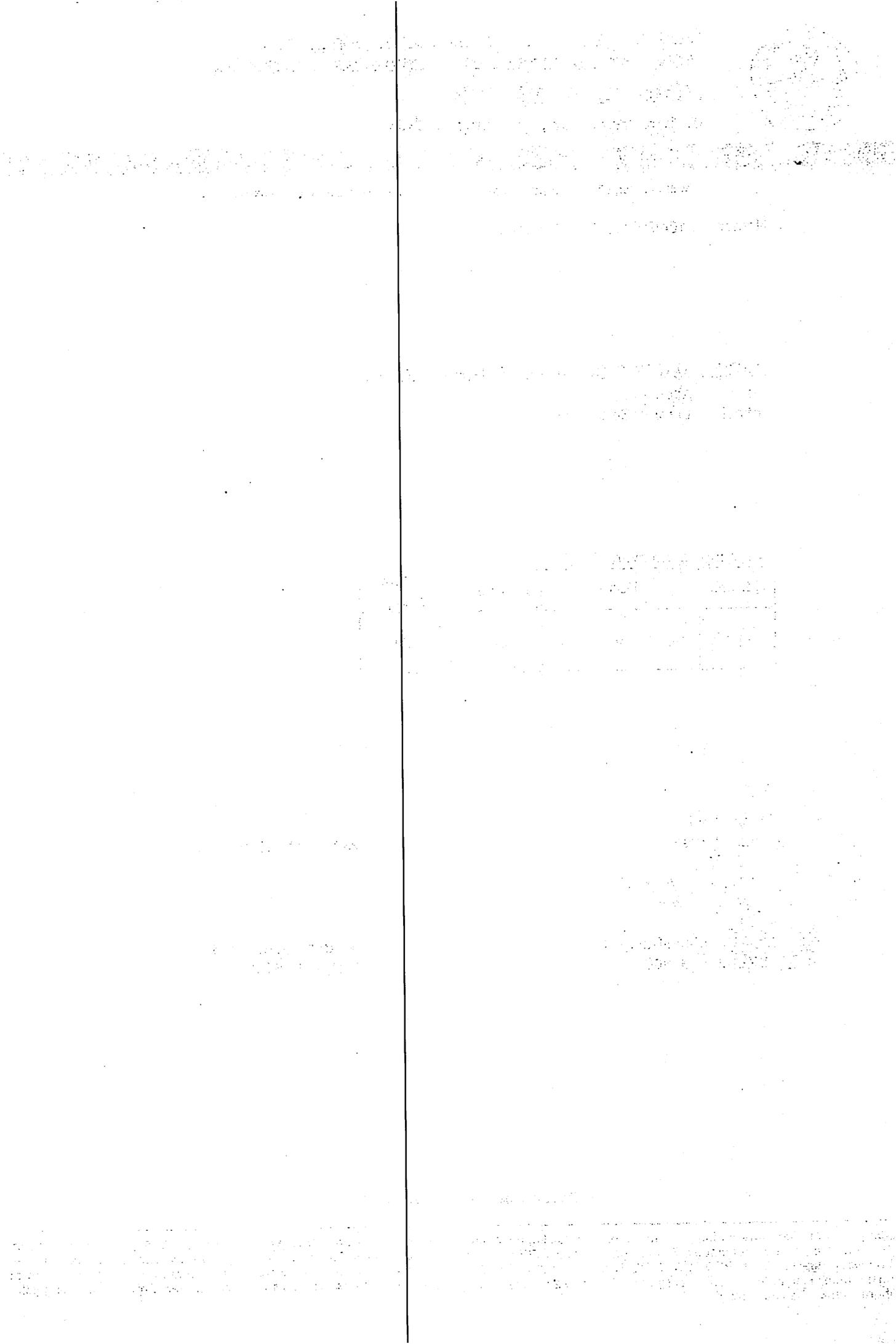
Mengetahui  
Ketua Jurusan,

Dr. M. Luthfi Rayes, MSc.  
NIP. 130 818 808

Ketua Lab. Kimia Tanah

Ir. Retno Suntari, MS  
NIP 131/281 901

C:Dokumen/hasil analisa/Apr.07/104.xls



KUALITAS AIR WADUK SENGGURUH

HASIL ANALISA LABORATORIUM KUALITAS AIR PJT I

NO.	KEDALAMAN m	TANGGAL	JAM	KADMIUM mg/L	TEMBAGA mg/L	KROMIUM mg/L	BESI mg/L	MANGAN mg/L	TIMBAL mg/L	SENG mg/L	COBALT mg/L
1	0,3	02/01/07	11:10	tt.	tt.	-	0,1391	tt.	0,5249	tt.	tt.
2	0,3	03/04/07	10:53	-	tt.	tt.	-	-	-	-	-
3	0,3	03/07/07	9:15	tt.	tt.	tt.	-	-	<0,0163	tt.	tt.

KETERANGAN :

tt. = tidak terdeteksi

< = lebih kecil dari MDL (Metode Detection Limit)



Nomor : 300 S / LKA MLG / IX / 07

Halaman 2 dari 2  
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 182/PC /VIII/ 2007/ 239  
*Sample Code*

Metode Pengambilan Contoh Uji : -  
*Sampling Method*

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang  
*Place of Analysis*

Tanggal Analisa : 29 -17 September 2007  
*Testing Date(s)*

**HASIL ANALISA**  
*Result of Analysis*

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Ket.
<b>Sample Buatan (Sludge Bendungan Sengguruh)</b>					
1	Timbal (Pb)	ppm	3,5973	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
2	Besi (Fe)	ppm	0,1449	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	-
3	Silika (SiO <sub>2</sub> )	ppm	22,467	Ammonium Molibdat (Spektrofotometri)	-
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ppm	782,064	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ppm	54,2754	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	
6	CaO	ppm	10,854	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	
7	MgCl	ppm	5,9053	APHA. Ed. 20. 3111 B, 1998	

Kesimpulan : -  
*Conclusion*



*Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I*  
*Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I*  
*This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation*  
*This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory Of Jasa Tirta I Public Corporation*



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN PENYERAPAN AIR BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
		SEMEN	PASIR	LUMPUR			
1	A	1	5	0	11,75	10,62	10,64
2	A	1	5	0	10,44	9,53	9,55
3	A	1	5	0	10,34	9,45	9,42
4	A	1	5	0	10,36	9,26	11,88
5	A	1	5	0	10,55	9,52	10,82
6	A	1	5	0	10,47	9,51	10,09
7	A	1	5	0	10,37	9,25	12,11
8	A	1	5	0	11,12	10,43	6,62
9	A	1	5	0	10,46	9,50	10,11
10	A	1	5	0	10,37	9,28	11,75

Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

NIP. 131 127 271



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN PENYERAPAN AIR BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
		SEMEN	PASIR	LUMPUR			
1	B	1	3	2	10,39	9,12	13,93
2	B	1	3	2	11,10	9,96	11,446
3	B	1	3	2	10,17	8,95	13,631
4	B	1	3	2	10,20	8,99	13,459
5	B	1	3	2	10,22	9,01	13,430
6	B	1	3	2	10,19	8,98	13,474
7	B	1	3	2	10,24	9,03	13,400
8	B	1	3	2	10,21	8,99	13,571
9	B	1	3	2	10,32	9,04	14,159
10	B	1	3	2	10,25	9,05	13,260

Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

NIP. 131 127 271



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN PENYERAPAN AIR BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
		SEMEN	PASIR	LUMPUR			
1	C	1	2	3	10,47	9,75	7,38
2	C	1	2	3	10,20	8,82	15,65
3	C	1	2	3	10,23	8,68	17,86
4	C	1	2	3	10,26	8,72	17,66
5	C	1	2	3	10,35	9,45	9,52
6	C	1	2	3	10,27	8,75	17,37
7	C	1	2	3	10,23	8,91	14,81
8	C	1	2	3	10,20	8,76	16,44
9	C	1	2	3	10,20	8,61	18,47
10	C	1	2	3	10,24	8,69	17,84

Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT

NIP. 131 127 271



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN PENYERAPAN AIR BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
		SEMEN	PASIR	LUMPUR			
1	D	1	1	4	9,72	8,20	18,54
2	D	1	1	4	9,42	8,13	15,87
3	D	1	1	4	9,40	8,10	16,05
4	D	1	1	4	9,38	8,07	16,23
5	D	1	1	4	9,42	7,94	18,64
6	D	1	1	4	9,39	8,10	15,93
7	D	1	1	4	9,40	8,02	17,21
8	D	1	1	4	9,42	8,12	16,01
9	D	1	1	4	9,38	7,92	18,43
10	D	1	1	4	9,40	8,10	16,05

Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

NIP. 131 127 271



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN PENYERAPAN AIR BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)
		SEMEN	PASIR	LUMPUR			
1	E	1	0	5	8,70	7,01	24,11
2	E	1	0	5	8,97	6,83	31,33
3	E	1	0	5	8,73	7,08	23,31
4	E	1	0	5	8,73	7,05	23,83
5	E	1	0	5	8,70	7,03	23,76
6	E	1	0	5	8,75	7,10	23,24
7	E	1	0	5	8,78	7,10	23,66
8	E	1	0	5	8,73	7,05	23,83
9	E	1	0	5	8,71	7,01	24,25
10	E	1	0	5	8,70	7,01	24,11

Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

NIP. 131 127 271



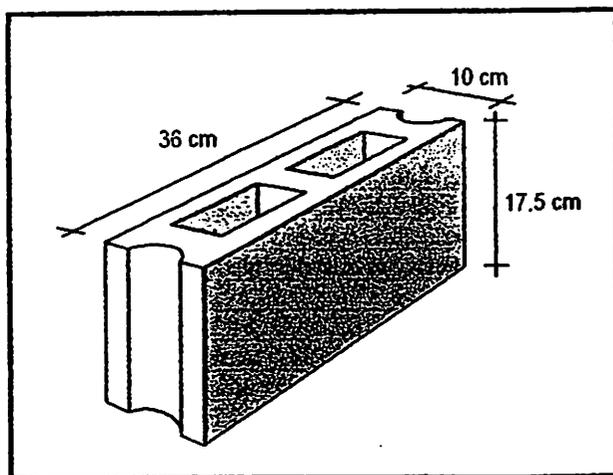
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Luasan (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kg)	Teg. Hancur (kg/cm <sup>2</sup> )
		SEMEN	PASIR	LUMPUR				
1	A	1	5	0	227,10	9,08	7142,85714	33,34
2	A	1	5	0	227,10	9,51	8163,26531	38,10
3	A	1	5	0	227,10	9,82	11734,6939	54,77
4	A	1	5	0	227,10	9,83	9693,87755	45,25
5	A	1	5	0	227,10	10,99	13775,5102	64,30
6	A	1	5	0	227,10	9,96	10204,0816	47,63
7	A	1	5	0	227,10	10,54	9693,87755	45,25
8	A	1	5	0	227,10	10,67	12244,898	57,15
9	A	1	5	0	227,10	9,92	11224,4898	52,39
10	A	1	5	0	227,10	10,42	10204,0816	47,63



Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium/Bahan Konstruksi

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT

NIP. 131 127 271



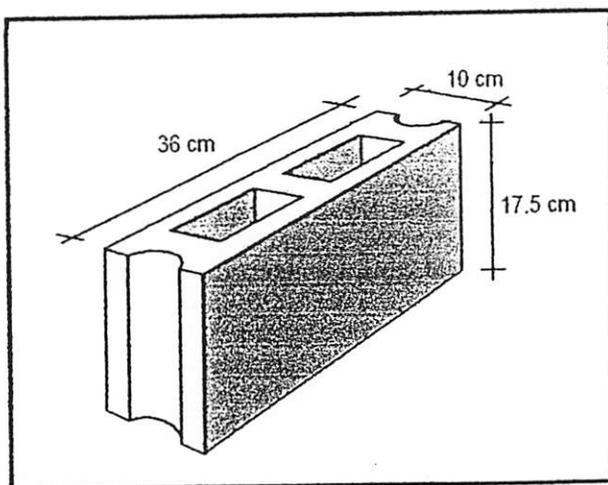
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Luasan (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kg)	Teg. Hancur (kg/cm <sup>2</sup> )
		SEMEN	PASIR	LUMPUR				
1	B	1	3	2	227,10	9,25	6632,65306	30,96
2	B	1	3	2	227,10	9,32	7653,06122	35,72
3	B	1	3	2	227,10	9,38	7142,85714	33,34
4	B	1	3	2	227,10	10,59	8163,26531	38,10
5	B	1	3	2	227,10	10,41	7653,06122	35,72
6	B	1	3	2	227,10	10,32	7142,85714	33,34
7	B	1	3	2	227,10	10,54	8163,26531	38,10
8	B	1	3	2	227,10	10,19	7142,85714	33,34
9	B	1	3	2	227,10	10,44	7653,06122	35,72
10	B	1	3	2	227,10	10,34	7142,85714	33,34



Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium/Bahan Konstruksi

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT

NIP. 131 127 271



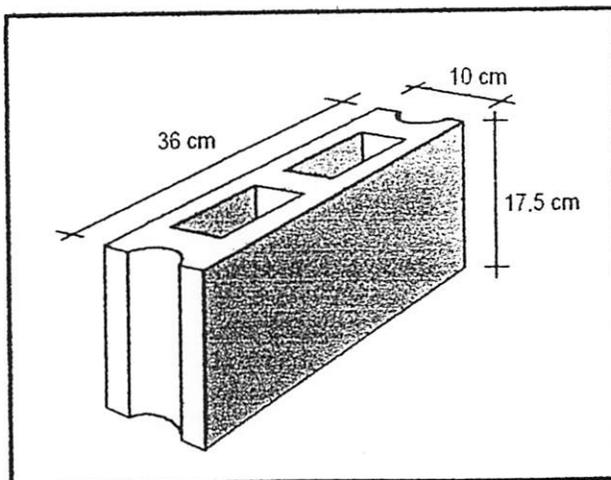
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Luasan (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kg)	Teg. Hancur (kg/cm <sup>2</sup> )
		SEMEN	PASIR	LUMPUR				
1	C	1	2	3	227,10	9,67	7653,06122	35,72
2	C	1	2	3	227,10	9,38	7653,06122	35,72
3	C	1	2	3	227,10	9,21	6632,65306	30,96
4	C	1	2	3	227,10	9,26	6632,65306	30,96
5	C	1	2	3	227,10	9,24	6122,44898	28,58
6	C	1	2	3	227,10	9,29	6632,65306	30,96
7	C	1	2	3	227,10	9,31	7142,85714	33,34
8	C	1	2	3	227,10	9,28	6632,65306	30,96
9	C	1	2	3	227,10	9,54	7142,85714	33,34
10	C	1	2	3	227,10	9,44	7142,85714	33,34



Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

NIP. 131 127 271



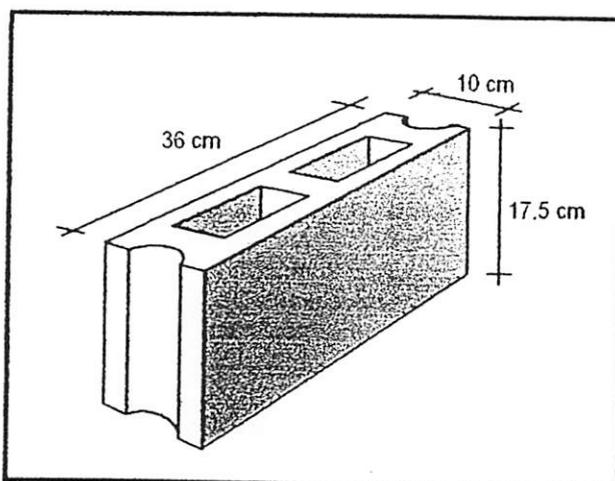
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Luasan (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kg)	Teg. Hancur (kg/cm <sup>2</sup> )
		SEMEN	PASIR	LUMPUR				
1	D	1	1	4	227,10	8,30	5102,04082	23,81
2	D	1	1	4	227,10	8,20	4591,83673	21,43
3	D	1	1	4	227,10	8,33	5102,04082	23,81
4	D	1	1	4	227,10	8,42	5102,04082	23,81
5	D	1	1	4	227,10	8,31	4591,83673	21,43
6	D	1	1	4	227,10	8,34	5102,04082	23,81
7	D	1	1	4	227,10	8,32	5102,04082	23,81
8	D	1	1	4	227,10	8,29	4591,83673	21,43
9	D	1	1	4	227,10	8,31	5102,04082	23,81
10	D	1	1	4	227,10	8,33	5102,04082	23,81



Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

**Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT**

NIP. 131 127 271



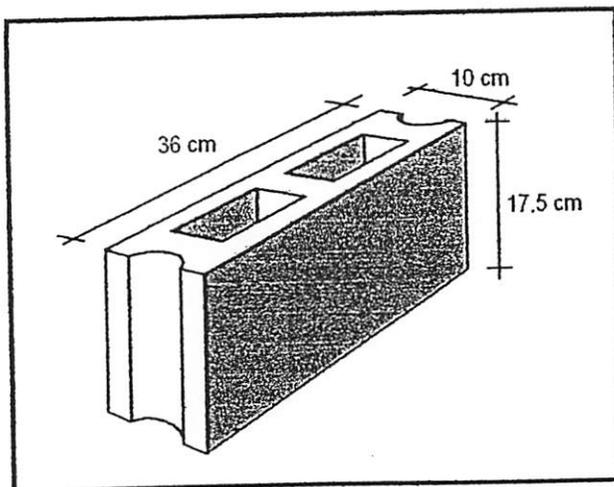
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian  
Dikerjakan : Gafur  
Tanggal test :

## PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO

No.	Kode	KOMPOSISI			Luasan (cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kg)	Teg. Hancur (kg/cm <sup>2</sup> )
		SEMEN	PASIR	LUMPUR				
1	E	1	0	5	227,10	7,23	3061,22449	14,29
2	E	1	0	5	227,10	7,35	3571,42857	16,67
3	E	1	0	5	227,10	7,30	3061,22449	14,29
4	E	1	0	5	227,10	7,28	3571,42857	16,67
5	E	1	0	5	227,10	7,25	3571,42857	16,67
6	E	1	0	5	227,10	7,31	4081,63265	19,05
7	E	1	0	5	227,10	7,29	3571,42857	16,67
8	E	1	0	5	227,10	7,30	4081,63265	19,05
9	E	1	0	5	227,10	7,27	3571,42857	16,67
10	E	1	0	5	227,10	7,28	3571,42857	16,67



Malang, 22 Nopember 2007

Kepala

Laboratorium Bahan Konstruksi

Drs. Kamidjo Rahardjo, ST, MT

NIP. 131 127 271



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 – 551431 Psw. 256 Malang 65145

**WATER CONTENT OF SOIL**

PEKERJAAN : PENELITIAN

LOKASI :

DIKERJAKAN : Gafur

KODE :

Sample No.	Calculation			
Tanah Asli	WW = 35,60	DW = 34,40	WW = 45,00	DW = 43,30
	DW = 34,40	TW = 9,50	DW = 43,30	TW = 13,30
	Ww = 1,20	Ws = 24,90	Ww = 1,70	Ws = 30,00
	w = 4,82 %		w = 5,67 %	
	WW = 45,80	DW = 44,10	WW = 43,00	DW = 41,30
DW = 44,10	TW = 12,90	DW = 41,30	TW = 9,70	
Ww = 1,70	Ws = 31,20	Ww = 1,70	Ws = 31,60	
w = 5,45 %		w = 5,38 %		
	WW =	DW =	WW =	DW =
	DW =	TW =	DW =	TW =
	Ww =	Ws =	Ww =	Ws =
	w =	%	w =	%
	WW =	DW =	WW =	DW =
	DW =	TW =	DW =	TW =
	Ww =	Ws =	Ww =	Ws =
	w =	%	w =	%
	WW =	DW =		
	DW =	TW =		
	Ww =	Ws =		
	w =	%		
Rata-rata	w = 5,33 %			

Kesimpulan

Rata-rata kadar air = 5,33 %



**LAPORAN HASIL ANALISA**  
**Nomor : T.011 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2007**

1. Data konsumen :

Nama konsumen : Abdul Gafur Jahur.  
Instansi : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.  
Alamat : Jalan Bendungan Tangga No.7 Malang.  
Telepon : 081344380281  
Status : Mahasiswa  
Keperluan analisis : Penelitian

2. Sampling dilakukan oleh : Konsumen

3. Identifikasi sampel

Nama Sampel : *Serbuk Lumpur Bendungan Sengguruh*  
Wujud : Padatan  
Warna : Coklat (kode E), Coklat Keabu – abuan (kode B, C, Dan D)

4. Prosedur analisa : Dari Lab. Lingkungan Jurusan Kimia Unibraw Malang.

5. Penyampaian Laporan hasil analisis : Diambil sendiri

6. Tanggal terima sampel : 13 November 2007

7. Data hasil analisa :

Parameter	Kode	Hasil Analisa		Metode Analisis	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
Pb	B 1	0,0040	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	B 2	0,0025	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	B 3	0,0038	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
Pb	C 1	0,0870	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	C 2	0,0750	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	C 3	0,0820	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
Pb	D 1	0,1340	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	D 2	0,1550	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	D 3	0,1380	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
Pb	E 1	0,3875	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS

	E 1	0,3396	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS
	E 1	0,3880	ppm	HNO <sub>3</sub>	AAS

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo.
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Malang, 20 November 2007  
Kalab.Lingkungan,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.  
NIP. 131 616 317

# LAMPIRAN C

TABEL STATISTIK

5 %										
df	df1	df2	df3	df4	df5	df6	df7	df8	df9	df10
1	161.448	199.500	215.707	224.583	230.162	233.986	236.768	238.883	240.543	241.882
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204

28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165
31	4.160	3.305	2.911	2.679	2.523	2.409	2.323	2.255	2.199	2.153
32	4.149	3.295	2.901	2.668	2.512	2.399	2.313	2.244	2.189	2.142
33	4.139	3.285	2.892	2.659	2.503	2.389	2.303	2.235	2.179	2.133
34	4.130	3.276	2.883	2.650	2.494	2.380	2.294	2.225	2.170	2.123
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485	2.372	2.285	2.217	2.161	2.114
36	4.113	3.259	2.866	2.634	2.477	2.364	2.277	2.209	2.153	2.106
37	4.105	3.252	2.859	2.626	2.470	2.356	2.270	2.201	2.145	2.098
38	4.098	3.245	2.852	2.619	2.463	2.349	2.262	2.194	2.138	2.091
39	4.091	3.238	2.845	2.612	2.456	2.342	2.255	2.187	2.131	2.084
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077
41	4.079	3.226	2.833	2.600	2.443	2.330	2.243	2.174	2.118	2.071
42	4.073	3.220	2.827	2.594	2.438	2.324	2.237	2.168	2.112	2.065
43	4.067	3.214	2.822	2.589	2.432	2.318	2.232	2.163	2.106	2.059
44	4.062	3.209	2.816	2.584	2.427	2.313	2.226	2.157	2.101	2.054
45	4.057	3.204	2.812	2.579	2.422	2.308	2.221	2.152	2.096	2.049
46	4.052	3.200	2.807	2.574	2.417	2.304	2.216	2.147	2.091	2.044
47	4.047	3.195	2.802	2.570	2.413	2.299	2.212	2.143	2.086	2.039
48	4.043	3.191	2.798	2.565	2.409	2.295	2.207	2.138	2.082	2.035
49	4.038	3.187	2.794	2.561	2.404	2.290	2.203	2.134	2.077	2.030
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026
51	4.030	3.179	2.786	2.553	2.397	2.283	2.195	2.126	2.069	2.022
52	4.027	3.175	2.783	2.550	2.393	2.279	2.192	2.122	2.066	2.018
53	4.023	3.172	2.779	2.546	2.389	2.275	2.188	2.119	2.062	2.015
54	4.020	3.168	2.776	2.543	2.386	2.272	2.185	2.115	2.059	2.011
55	4.016	3.165	2.773	2.540	2.383	2.269	2.181	2.112	2.055	2.008
56	4.013	3.162	2.769	2.537	2.380	2.266	2.178	2.109	2.052	2.005

57	4.010	3.159	2.766	2.534	2.377	2.263	2.175	2.106	2.049	2.001
58	4.007	3.156	2.764	2.531	2.374	2.260	2.172	2.103	2.046	1.998
59	4.004	3.153	2.761	2.528	2.371	2.257	2.169	2.100	2.043	1.995
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993
61	3.998	3.148	2.755	2.523	2.366	2.251	2.164	2.094	2.037	1.990
62	3.996	3.145	2.753	2.520	2.363	2.249	2.161	2.092	2.035	1.987
63	3.993	3.143	2.751	2.518	2.361	2.246	2.159	2.089	2.032	1.985
64	3.991	3.140	2.748	2.515	2.358	2.244	2.156	2.087	2.030	1.982
65	3.989	3.138	2.746	2.513	2.356	2.242	2.154	2.084	2.027	1.980
66	3.986	3.136	2.744	2.511	2.354	2.239	2.152	2.082	2.025	1.977
67	3.984	3.134	2.742	2.509	2.352	2.237	2.150	2.080	2.023	1.975
68	3.982	3.132	2.740	2.507	2.350	2.235	2.148	2.078	2.021	1.973
69	3.980	3.130	2.737	2.505	2.348	2.233	2.145	2.076	2.019	1.971
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969
71	3.976	3.126	2.734	2.501	2.344	2.229	2.142	2.072	2.015	1.967
72	3.974	3.124	2.732	2.499	2.342	2.227	2.140	2.070	2.013	1.965
73	3.972	3.122	2.730	2.497	2.340	2.226	2.138	2.068	2.011	1.963
74	3.970	3.120	2.728	2.495	2.338	2.224	2.136	2.066	2.009	1.961
75	3.968	3.119	2.727	2.494	2.337	2.222	2.134	2.064	2.007	1.959
76	3.967	3.117	2.725	2.492	2.335	2.220	2.133	2.063	2.006	1.958
77	3.965	3.115	2.723	2.490	2.333	2.219	2.131	2.061	2.004	1.956
78	3.963	3.114	2.722	2.489	2.332	2.217	2.129	2.059	2.002	1.954
79	3.962	3.112	2.720	2.487	2.330	2.216	2.128	2.058	2.001	1.953
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951
81	3.959	3.109	2.717	2.484	2.327	2.213	2.125	2.055	1.998	1.950
82	3.957	3.108	2.716	2.483	2.326	2.211	2.123	2.053	1.996	1.948
83	3.956	3.107	2.715	2.482	2.324	2.210	2.122	2.052	1.995	1.947
84	3.955	3.105	2.713	2.480	2.323	2.209	2.121	2.051	1.993	1.945
85	3.953	3.104	2.712	2.479	2.322	2.207	2.119	2.049	1.992	1.944

86	3.952	3.103	2.711	2.478	2.321	2.206	2.118	2.048	1.991	1.943
87	3.951	3.101	2.709	2.476	2.319	2.205	2.117	2.047	1.989	1.941
88	3.949	3.100	2.708	2.475	2.318	2.203	2.115	2.045	1.988	1.940
89	3.948	3.099	2.707	2.474	2.317	2.202	2.114	2.044	1.987	1.939
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938
91	3.946	3.097	2.705	2.472	2.315	2.200	2.112	2.042	1.984	1.936
92	3.945	3.095	2.704	2.471	2.313	2.199	2.111	2.041	1.983	1.935
93	3.943	3.094	2.703	2.470	2.312	2.198	2.110	2.040	1.982	1.934
94	3.942	3.093	2.701	2.469	2.311	2.197	2.109	2.038	1.981	1.933
95	3.941	3.092	2.700	2.467	2.310	2.196	2.108	2.037	1.980	1.932
96	3.940	3.091	2.699	2.466	2.309	2.195	2.106	2.036	1.979	1.931
97	3.939	3.090	2.698	2.465	2.308	2.194	2.105	2.035	1.978	1.930
98	3.938	3.089	2.697	2.465	2.307	2.193	2.104	2.034	1.977	1.929
99	3.937	3.088	2.696	2.464	2.306	2.192	2.103	2.033	1.976	1.928
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927
101	3.935	3.086	2.695	2.462	2.304	2.190	2.102	2.031	1.974	1.926
102	3.934	3.085	2.694	2.461	2.303	2.189	2.101	2.030	1.973	1.925
103	3.933	3.085	2.693	2.460	2.303	2.188	2.100	2.030	1.972	1.924
104	3.932	3.084	2.692	2.459	2.302	2.187	2.099	2.029	1.971	1.923
105	3.932	3.083	2.691	2.458	2.301	2.186	2.098	2.028	1.970	1.922
106	3.931	3.082	2.690	2.457	2.300	2.185	2.097	2.027	1.969	1.921
107	3.930	3.081	2.689	2.457	2.299	2.184	2.096	2.026	1.969	1.920
108	3.929	3.080	2.689	2.456	2.298	2.184	2.096	2.025	1.968	1.919
109	3.928	3.080	2.688	2.455	2.298	2.183	2.095	2.024	1.967	1.919
110	3.927	3.079	2.687	2.454	2.297	2.182	2.094	2.024	1.966	1.918
111	3.927	3.078	2.686	2.453	2.296	2.181	2.093	2.023	1.965	1.917
112	3.926	3.077	2.686	2.453	2.295	2.181	2.092	2.022	1.964	1.916
113	3.925	3.077	2.685	2.452	2.295	2.180	2.092	2.021	1.964	1.915
114	3.924	3.076	2.684	2.451	2.294	2.179	2.091	2.021	1.963	1.915

115	3.924	3.075	2.683	2.451	2.293	2.178	2.090	2.020	1.962	1.914
116	3.923	3.074	2.683	2.450	2.293	2.178	2.089	2.019	1.962	1.913
117	3.922	3.074	2.682	2.449	2.292	2.177	2.089	2.018	1.961	1.913
118	3.921	3.073	2.681	2.449	2.291	2.176	2.088	2.018	1.960	1.912
119	3.921	3.072	2.681	2.448	2.290	2.176	2.087	2.017	1.959	1.911
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.016	1.959	1.910
121	3.919	3.071	2.680	2.447	2.289	2.174	2.086	2.016	1.958	1.910
122	3.919	3.071	2.679	2.446	2.289	2.174	2.085	2.015	1.957	1.909
123	3.918	3.070	2.678	2.445	2.288	2.173	2.085	2.014	1.957	1.908
124	3.918	3.069	2.678	2.445	2.287	2.173	2.084	2.014	1.956	1.908
125	3.917	3.069	2.677	2.444	2.287	2.172	2.084	2.013	1.956	1.907
126	3.916	3.068	2.677	2.444	2.286	2.171	2.083	2.013	1.955	1.907
127	3.916	3.068	2.676	2.443	2.286	2.171	2.082	2.012	1.954	1.906
128	3.915	3.067	2.675	2.442	2.285	2.170	2.082	2.011	1.954	1.905
129	3.915	3.066	2.675	2.442	2.284	2.170	2.081	2.011	1.953	1.905
130	3.914	3.066	2.674	2.441	2.284	2.169	2.081	2.010	1.953	1.904
131	3.913	3.065	2.674	2.441	2.283	2.168	2.080	2.010	1.952	1.904
132	3.913	3.065	2.673	2.440	2.283	2.168	2.080	2.009	1.951	1.903
133	3.912	3.064	2.673	2.440	2.282	2.167	2.079	2.009	1.951	1.903
134	3.912	3.064	2.672	2.439	2.282	2.167	2.079	2.008	1.950	1.902
135	3.911	3.063	2.672	2.439	2.281	2.166	2.078	2.008	1.950	1.901
136	3.911	3.063	2.671	2.438	2.281	2.166	2.078	2.007	1.949	1.901
137	3.910	3.062	2.671	2.438	2.280	2.165	2.077	2.007	1.949	1.900
138	3.910	3.062	2.670	2.437	2.280	2.165	2.077	2.006	1.948	1.900
139	3.909	3.061	2.670	2.437	2.279	2.164	2.076	2.006	1.948	1.899
140	3.909	3.061	2.669	2.436	2.279	2.164	2.076	2.005	1.947	1.899
141	3.908	3.060	2.669	2.436	2.278	2.163	2.075	2.005	1.947	1.898
142	3.908	3.060	2.668	2.435	2.278	2.163	2.075	2.004	1.946	1.898
143	3.907	3.059	2.668	2.435	2.277	2.163	2.074	2.004	1.946	1.897

144	3.907	3.059	2.667	2.435	2.277	2.162	2.074	2.003	1.945	1.897
145	3.906	3.058	2.667	2.434	2.277	2.162	2.073	2.003	1.945	1.897
146	3.906	3.058	2.667	2.434	2.276	2.161	2.073	2.002	1.945	1.896
147	3.905	3.058	2.666	2.433	2.276	2.161	2.072	2.002	1.944	1.896
148	3.905	3.057	2.666	2.433	2.275	2.160	2.072	2.001	1.944	1.895
149	3.905	3.057	2.665	2.432	2.275	2.160	2.072	2.001	1.943	1.895
150	3.904	3.056	2.665	2.432	2.274	2.160	2.071	2.001	1.943	1.894
151	3.904	3.056	2.665	2.432	2.274	2.159	2.071	2.000	1.942	1.894
152	3.903	3.056	2.664	2.431	2.274	2.159	2.070	2.000	1.942	1.893
153	3.903	3.055	2.664	2.431	2.273	2.158	2.070	1.999	1.942	1.893
154	3.903	3.055	2.663	2.430	2.273	2.158	2.070	1.999	1.941	1.893
155	3.902	3.054	2.663	2.430	2.273	2.158	2.069	1.999	1.941	1.892
156	3.902	3.054	2.663	2.430	2.272	2.157	2.069	1.998	1.940	1.892
157	3.901	3.054	2.662	2.429	2.272	2.157	2.068	1.998	1.940	1.891
158	3.901	3.053	2.662	2.429	2.271	2.156	2.068	1.997	1.940	1.891
159	3.901	3.053	2.661	2.429	2.271	2.156	2.068	1.997	1.939	1.891
160	3.900	3.053	2.661	2.428	2.271	2.156	2.067	1.997	1.939	1.890
161	3.900	3.052	2.661	2.428	2.270	2.155	2.067	1.996	1.938	1.890
162	3.900	3.052	2.660	2.427	2.270	2.155	2.067	1.996	1.938	1.890
163	3.899	3.051	2.660	2.427	2.270	2.155	2.066	1.996	1.938	1.889
164	3.899	3.051	2.660	2.427	2.269	2.154	2.066	1.995	1.937	1.889
165	3.898	3.051	2.659	2.426	2.269	2.154	2.065	1.995	1.937	1.888
166	3.898	3.050	2.659	2.426	2.269	2.154	2.065	1.995	1.937	1.888
167	3.898	3.050	2.659	2.426	2.268	2.153	2.065	1.994	1.936	1.888
168	3.897	3.050	2.658	2.425	2.268	2.153	2.064	1.994	1.936	1.887
169	3.897	3.049	2.658	2.425	2.268	2.153	2.064	1.994	1.936	1.887
170	3.897	3.049	2.658	2.425	2.267	2.152	2.064	1.993	1.935	1.887
171	3.896	3.049	2.657	2.425	2.267	2.152	2.063	1.993	1.935	1.886
172	3.896	3.049	2.657	2.424	2.267	2.152	2.063	1.993	1.935	1.886

173	3.896	3.048	2.657	2.424	2.266	2.151	2.063	1.992	1.934	1.886
174	3.895	3.048	2.657	2.424	2.266	2.151	2.063	1.992	1.934	1.885
175	3.895	3.048	2.656	2.423	2.266	2.151	2.062	1.992	1.934	1.885
176	3.895	3.047	2.656	2.423	2.265	2.150	2.062	1.991	1.933	1.885
177	3.895	3.047	2.656	2.423	2.265	2.150	2.062	1.991	1.933	1.885
178	3.894	3.047	2.655	2.422	2.265	2.150	2.061	1.991	1.933	1.884
179	3.894	3.046	2.655	2.422	2.265	2.150	2.061	1.990	1.932	1.884
180	3.894	3.046	2.655	2.422	2.264	2.149	2.061	1.990	1.932	1.884
181	3.893	3.046	2.655	2.422	2.264	2.149	2.060	1.990	1.932	1.883
182	3.893	3.046	2.654	2.421	2.264	2.149	2.060	1.990	1.932	1.883
183	3.893	3.045	2.654	2.421	2.263	2.148	2.060	1.989	1.931	1.883
184	3.892	3.045	2.654	2.421	2.263	2.148	2.060	1.989	1.931	1.882
185	3.892	3.045	2.653	2.420	2.263	2.148	2.059	1.989	1.931	1.882
186	3.892	3.045	2.653	2.420	2.263	2.148	2.059	1.988	1.931	1.882
187	3.892	3.044	2.653	2.420	2.262	2.147	2.059	1.988	1.930	1.882
188	3.891	3.044	2.653	2.420	2.262	2.147	2.059	1.988	1.930	1.881
189	3.891	3.044	2.652	2.419	2.262	2.147	2.058	1.988	1.930	1.881
190	3.891	3.043	2.652	2.419	2.262	2.147	2.058	1.987	1.929	1.881
191	3.891	3.043	2.652	2.419	2.261	2.146	2.058	1.987	1.929	1.881
192	3.890	3.043	2.652	2.419	2.261	2.146	2.058	1.987	1.929	1.880
193	3.890	3.043	2.651	2.418	2.261	2.146	2.057	1.987	1.929	1.880
194	3.890	3.042	2.651	2.418	2.261	2.146	2.057	1.986	1.928	1.880
195	3.890	3.042	2.651	2.418	2.260	2.145	2.057	1.986	1.928	1.880
196	3.889	3.042	2.651	2.418	2.260	2.145	2.057	1.986	1.928	1.880
197	3.889	3.042	2.650	2.417	2.260	2.145	2.056	1.986	1.928	1.879
198	3.889	3.042	2.650	2.417	2.260	2.145	2.056	1.985	1.927	1.879
199	3.889	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.879
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878
201	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.055	1.985	1.927	1.878

202	3.888	3.041	2.649	2.416	2.259	2.144	2.055	1.984	1.926	1.878
203	3.888	3.040	2.649	2.416	2.259	2.143	2.055	1.984	1.926	1.877
204	3.887	3.040	2.649	2.416	2.258	2.143	2.054	1.984	1.926	1.877
205	3.887	3.040	2.649	2.416	2.258	2.143	2.054	1.984	1.926	1.877
206	3.887	3.040	2.648	2.415	2.258	2.143	2.054	1.984	1.926	1.877
207	3.887	3.040	2.648	2.415	2.258	2.143	2.054	1.983	1.925	1.877
208	3.887	3.039	2.648	2.415	2.257	2.142	2.054	1.983	1.925	1.876
209	3.886	3.039	2.648	2.415	2.257	2.142	2.054	1.983	1.925	1.876
210	3.886	3.039	2.648	2.415	2.257	2.142	2.053	1.983	1.925	1.876
211	3.886	3.039	2.647	2.414	2.257	2.142	2.053	1.982	1.924	1.876
212	3.886	3.038	2.647	2.414	2.257	2.142	2.053	1.982	1.924	1.876
213	3.885	3.038	2.647	2.414	2.256	2.141	2.053	1.982	1.924	1.875
214	3.885	3.038	2.647	2.414	2.256	2.141	2.053	1.982	1.924	1.875
215	3.885	3.038	2.647	2.414	2.256	2.141	2.052	1.982	1.924	1.875
216	3.885	3.038	2.646	2.413	2.256	2.141	2.052	1.981	1.923	1.875
217	3.885	3.037	2.646	2.413	2.256	2.141	2.052	1.981	1.923	1.875
218	3.884	3.037	2.646	2.413	2.255	2.140	2.052	1.981	1.923	1.874
219	3.884	3.037	2.646	2.413	2.255	2.140	2.052	1.981	1.923	1.874
220	3.884	3.037	2.646	2.413	2.255	2.140	2.051	1.981	1.923	1.874
221	3.884	3.037	2.645	2.412	2.255	2.140	2.051	1.980	1.922	1.874
222	3.884	3.037	2.645	2.412	2.255	2.140	2.051	1.980	1.922	1.874
223	3.883	3.036	2.645	2.412	2.255	2.139	2.051	1.980	1.922	1.873
224	3.883	3.036	2.645	2.412	2.254	2.139	2.051	1.980	1.922	1.873
225	3.883	3.036	2.645	2.412	2.254	2.139	2.050	1.980	1.922	1.873
226	3.883	3.036	2.645	2.412	2.254	2.139	2.050	1.980	1.921	1.873
227	3.883	3.036	2.644	2.411	2.254	2.139	2.050	1.979	1.921	1.873
228	3.883	3.035	2.644	2.411	2.254	2.138	2.050	1.979	1.921	1.872
229	3.882	3.035	2.644	2.411	2.253	2.138	2.050	1.979	1.921	1.872
230	3.882	3.035	2.644	2.411	2.253	2.138	2.050	1.979	1.921	1.872

231	3.882	3.035	2.644	2.411	2.253	2.138	2.049	1.979	1.921	1.872
232	3.882	3.035	2.644	2.410	2.253	2.138	2.049	1.978	1.920	1.871
233	3.882	3.034	2.643	2.410	2.252	2.137	2.049	1.978	1.920	1.871
234	3.882	3.034	2.643	2.410	2.253	2.137	2.049	1.978	1.920	1.871
235	3.881	3.034	2.643	2.410	2.252	2.137	2.049	1.978	1.920	1.871
236	3.881	3.034	2.643	2.410	2.252	2.137	2.049	1.978	1.920	1.871
237	3.881	3.034	2.643	2.410	2.252	2.137	2.048	1.978	1.920	1.871
238	3.881	3.034	2.643	2.410	2.252	2.137	2.048	1.977	1.919	1.871
239	3.881	3.034	2.642	2.409	2.252	2.137	2.048	1.977	1.919	1.870
240	3.880	3.033	2.642	2.409	2.252	2.136	2.048	1.977	1.919	1.870
241	3.880	3.033	2.642	2.409	2.251	2.136	2.048	1.977	1.919	1.870
242	3.880	3.033	2.642	2.409	2.251	2.136	2.048	1.977	1.919	1.870
243	3.880	3.033	2.642	2.409	2.251	2.136	2.047	1.977	1.919	1.870
244	3.880	3.033	2.642	2.409	2.251	2.136	2.047	1.976	1.918	1.870
245	3.880	3.033	2.641	2.408	2.251	2.136	2.047	1.976	1.918	1.869
246	3.880	3.033	2.641	2.408	2.251	2.136	2.047	1.976	1.918	1.869
247	3.879	3.032	2.641	2.408	2.251	2.135	2.047	1.976	1.918	1.869
248	3.879	3.032	2.641	2.408	2.250	2.135	2.047	1.976	1.918	1.869
249	3.879	3.032	2.641	2.408	2.250	2.135	2.046	1.976	1.918	1.869
250	3.879	3.032	2.641	2.408	2.250	2.135	2.046	1.976	1.917	1.869
251	3.879	3.032	2.641	2.408	2.250	2.135	2.046	1.975	1.917	1.869
252	3.879	3.032	2.640	2.407	2.250	2.135	2.046	1.975	1.917	1.868
253	3.878	3.031	2.640	2.407	2.250	2.135	2.046	1.975	1.917	1.868
254	3.878	3.031	2.640	2.407	2.250	2.134	2.046	1.975	1.917	1.868
255	3.878	3.031	2.640	2.407	2.249	2.134	2.046	1.975	1.917	1.868
256	3.878	3.031	2.640	2.407	2.249	2.134	2.045	1.975	1.917	1.868
257	3.878	3.031	2.640	2.407	2.249	2.134	2.045	1.975	1.916	1.868
258	3.878	3.031	2.640	2.407	2.249	2.134	2.045	1.974	1.916	1.868
259	3.878	3.031	2.639	2.406	2.249	2.134	2.045	1.974	1.916	1.867

260	3.877	3.031	2.639	2.406	2.249	2.134	2.045	1.974	1.916	1.867
261	3.877	3.030	2.639	2.406	2.249	2.133	2.045	1.974	1.916	1.867
262	3.877	3.030	2.639	2.406	2.248	2.133	2.045	1.974	1.916	1.867
263	3.877	3.030	2.639	2.406	2.248	2.133	2.044	1.974	1.916	1.867
264	3.877	3.030	2.639	2.406	2.248	2.133	2.044	1.974	1.915	1.867
265	3.877	3.030	2.639	2.406	2.248	2.133	2.044	1.973	1.915	1.867
266	3.877	3.030	2.639	2.406	2.248	2.133	2.044	1.973	1.915	1.866
267	3.877	3.030	2.638	2.405	2.248	2.133	2.044	1.973	1.915	1.866
268	3.876	3.029	2.638	2.405	2.248	2.132	2.044	1.973	1.915	1.866
269	3.876	3.029	2.638	2.405	2.248	2.132	2.044	1.973	1.915	1.866
270	3.876	3.029	2.638	2.405	2.247	2.132	2.043	1.973	1.915	1.866
271	3.876	3.029	2.638	2.405	2.247	2.132	2.043	1.973	1.915	1.866
272	3.876	3.029	2.638	2.405	2.247	2.132	2.043	1.973	1.914	1.866
273	3.876	3.029	2.638	2.405	2.247	2.132	2.043	1.972	1.914	1.865
274	3.876	3.029	2.638	2.405	2.247	2.132	2.043	1.972	1.914	1.865
275	3.875	3.029	2.637	2.404	2.247	2.132	2.043	1.972	1.914	1.865
276	3.875	3.028	2.637	2.404	2.247	2.132	2.043	1.972	1.914	1.865
277	3.875	3.028	2.637	2.404	2.247	2.131	2.043	1.972	1.914	1.865
278	3.875	3.028	2.637	2.404	2.246	2.131	2.043	1.972	1.914	1.865
279	3.875	3.028	2.637	2.404	2.246	2.131	2.042	1.972	1.914	1.865
280	3.875	3.028	2.637	2.404	2.246	2.131	2.042	1.972	1.913	1.865
281	3.875	3.028	2.637	2.404	2.246	2.131	2.042	1.971	1.913	1.864
282	3.875	3.028	2.637	2.404	2.246	2.131	2.042	1.971	1.913	1.864
283	3.875	3.028	2.637	2.404	2.246	2.131	2.042	1.971	1.913	1.864
284	3.874	3.028	2.636	2.403	2.246	2.131	2.042	1.971	1.913	1.864
285	3.874	3.027	2.636	2.403	2.246	2.130	2.042	1.971	1.913	1.864
286	3.874	3.027	2.636	2.403	2.246	2.130	2.042	1.971	1.913	1.864
287	3.874	3.027	2.636	2.403	2.245	2.130	2.042	1.971	1.913	1.864
288	3.874	3.027	2.636	2.403	2.245	2.130	2.041	1.971	1.912	1.864

289	3.874	3.027	2.636	2.403	2.245	2.130	2.041	1.971	1.912	1.864
290	3.874	3.027	2.636	2.403	2.245	2.130	2.041	1.970	1.912	1.863
291	3.874	3.027	2.636	2.403	2.245	2.130	2.041	1.970	1.912	1.863
292	3.874	3.027	2.636	2.403	2.245	2.130	2.041	1.970	1.912	1.863
293	3.873	3.027	2.635	2.402	2.245	2.130	2.041	1.970	1.912	1.863
294	3.873	3.026	2.635	2.402	2.245	2.129	2.041	1.970	1.912	1.863
295	3.873	3.026	2.635	2.402	2.245	2.129	2.041	1.970	1.912	1.863
296	3.873	3.026	2.635	2.402	2.244	2.129	2.041	1.970	1.912	1.863
297	3.873	3.026	2.635	2.402	2.244	2.129	2.040	1.970	1.911	1.863
298	3.873	3.026	2.635	2.402	2.244	2.129	2.040	1.970	1.911	1.863
299	3.873	3.026	2.635	2.402	2.244	2.129	2.040	1.969	1.911	1.862
300	3.873	3.026	2.635	2.402	2.244	2.129	2.040	1.969	1.911	1.862

# LAMPIRAN D

ANALISA STATISTIK

**Lampiran 1 Kuat Tekan**

**Descriptives**

**Nilai Kuat Tekan Batako**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	10	48.5810	9.06438	2.86641	42.0967	55.0653	33.34	64.30
40%	10	34.7680	2.29930	.72710	33.1232	36.4128	30.96	38.10
60%	10	32.3880	2.29930	.72710	30.7432	34.0328	28.58	35.72
80%	10	23.0960	1.14965	.36355	22.2736	23.9184	21.43	23.81
100%	10	17.1460	1.50524	.47600	16.0692	18.2228	14.29	19.05
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>31.1958</b>	<b>11.65947</b>	<b>1.64890</b>	<b>27.8822</b>	<b>34.5094</b>	<b>14.29</b>	<b>64.30</b>

**ANOVA**

**Nilai Kuat Tekan Batako**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5794.308	4	1448.577	75.193	.000
Within Groups	866.915	45	19.265		
<b>Total</b>	<b>6661.223</b>	<b>49</b>			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

#### Nilai Kuat Tekan Batoko

Duncan<sup>a</sup>

Komposisi	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
100%	10	17.1460			
80%	10		23.0960		
60%	10			32.3880	
40%	10			34.7680	
0%	10				48.5810
Sig.		1.000	1.000	.232	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

**Nilai Penyerapan Air Batako**

**Descriptives**

**Nilai Penyerapan Air Batako**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	10	10.2990	1.60625	.50794	9.1500	11.4480	6.62	12.11
40%	10	13.1930	.91241	.28853	12.5403	13.8457	11.00	14.00
60%	10	15.3000	3.81088	1.20511	12.5739	18.0261	7.38	18.47
80%	10	16.8960	1.19452	.37774	16.0415	17.7505	15.87	18.64
100%	10	24.5430	2.40721	.76123	22.8210	26.2650	23.24	31.33
Total	50	16.0462	5.29318	.74857	14.5419	17.5505	6.62	31.33

**ANOVA**

**Nilai Penyerapan Air Batako**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1146.456	4	286.614	56.965	.000
Within Groups	226.412	45	5.031		
Total	1372.869	49			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

#### Nilai Penyerapan Air Batako

Duncan<sup>a</sup>

Komposisi	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
0%	10	10.2990			
40%	10		13.1930		
60%	10			15.3000	
80%	10			16.8960	
100%	10				24.5430
Sig.		1.000	1.000	.119	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10.000.

## Konsentrasi Akhir Logam Berat

### Descriptives

Konsentrasi Akhir Logam Berat (ppm)								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0%	3	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
40%	3	.0034	.00081	.00047	.0014	.0055	.00	.00
60%	3	.0813	.00603	.00348	.0664	.0963	.08	.09
80%	3	.1476	.00644	.00372	.1316	.1636	.14	.16
100%	3	.3717	.02780	.01605	.3026	.4408	.34	.39
Total	15	.1208	.14205	.03668	.0421	.1995	.00	.39

### ANOVA

Konsentrasi Akhir Logam Berat (ppm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.281	4	.070	412.273	.000
Within Groups	.002	10	.000		
Total	.282	14			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

#### Konsentrasi Akhir Logam Berat (ppm)

Duncan<sup>a</sup>

Komposisi	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
0%	3	.0000			
40%	3	.0034			
60%	3		.0813		
80%	3			.1476	
100%	3				.3717
Sig.		.754	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

# LAMPIRAN E

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses penjemuran lumpur



Diratakan agar seluruhnya tersinar



**Proses Pencampuran Bahan**

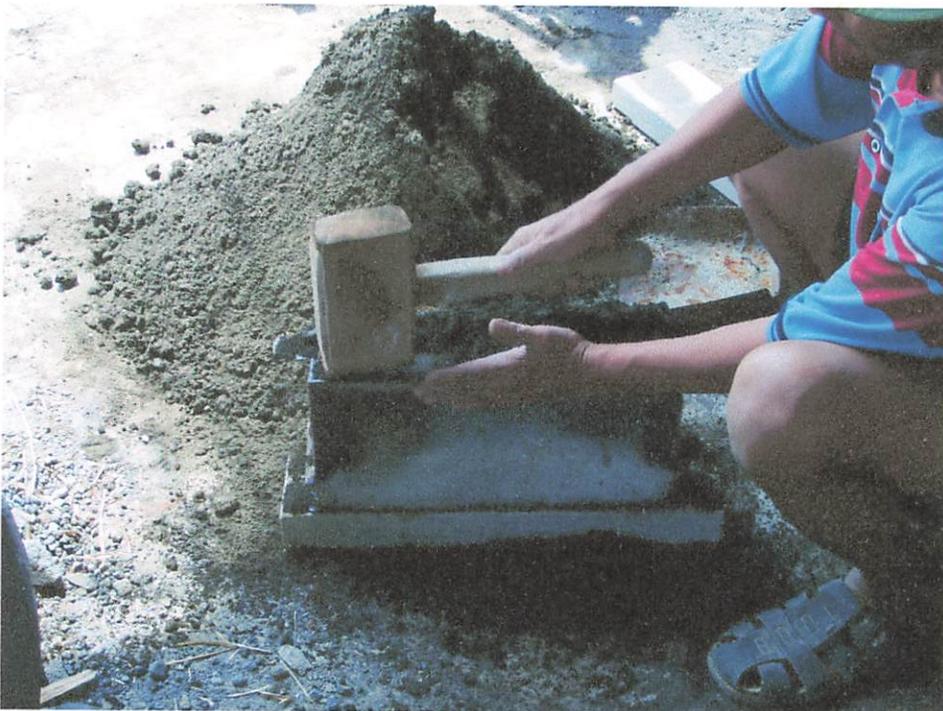


**Penambahan air pada adonan**





Proses Pencetakan



Proses pemadatan



λ

M

C



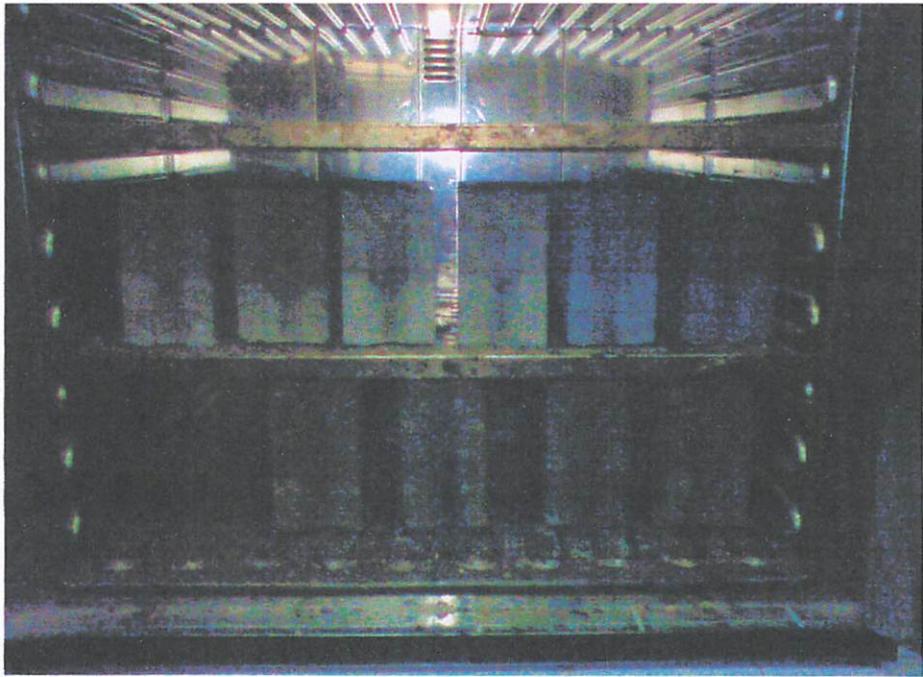
Batako Hasil Cetakan Diangin-anginkan



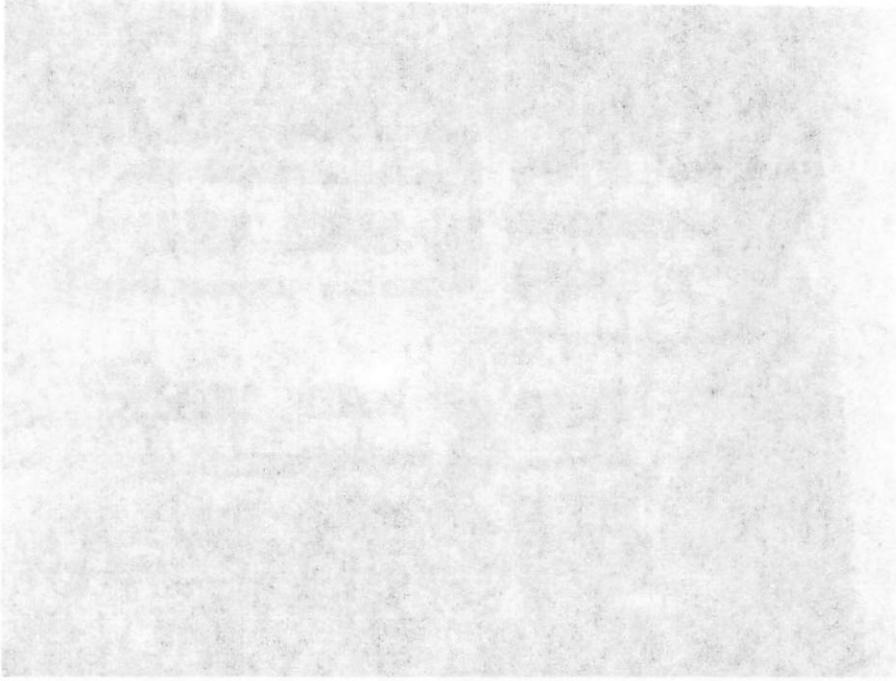
Pemberian Kode



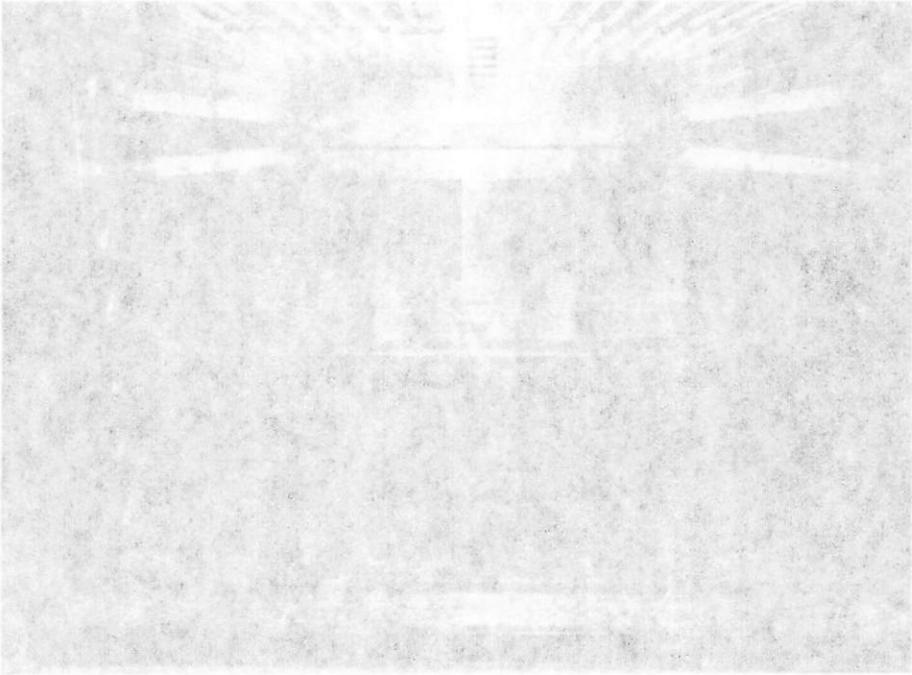
Proses perendaman sebelum di oven



Batako dioven untuk uji penyerapan



Proses perendaman sebelum di oven



Batoko di oven untuk uji panyerapan



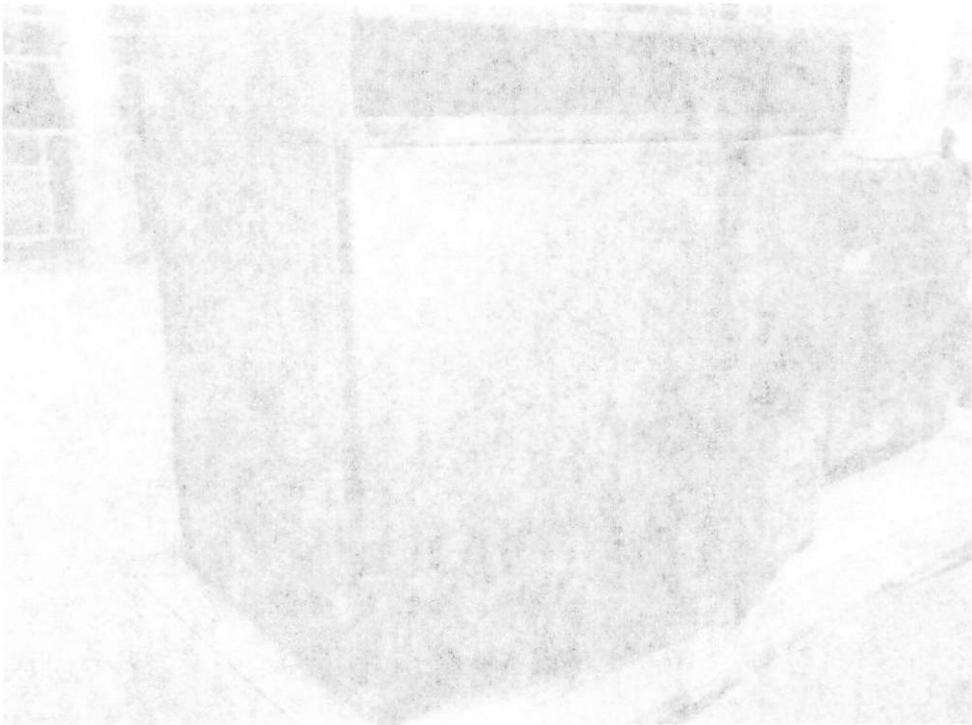
Alat Uji Tekan Batako (*Compression Testing Machine*)



Oven



Alat Uji Tekan Batas (Compression Testing Machine)



Oven



Lumpur yang sudah kering



Saringan untuk menyang butiran-butiran lumpur





Alat tumbuk untuk menghancurkan/menghaluskan lumpur kering



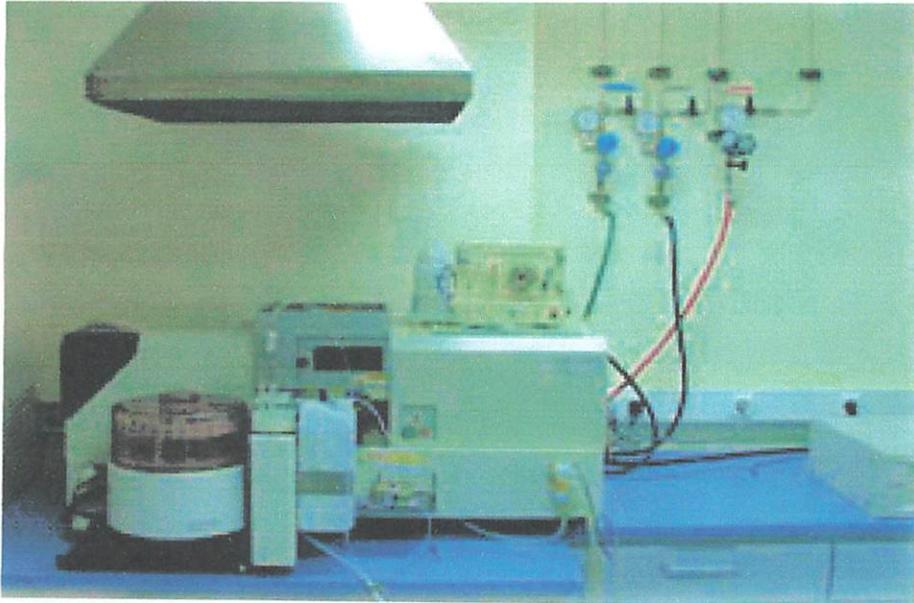
Lumpur yang telah dihaluskan



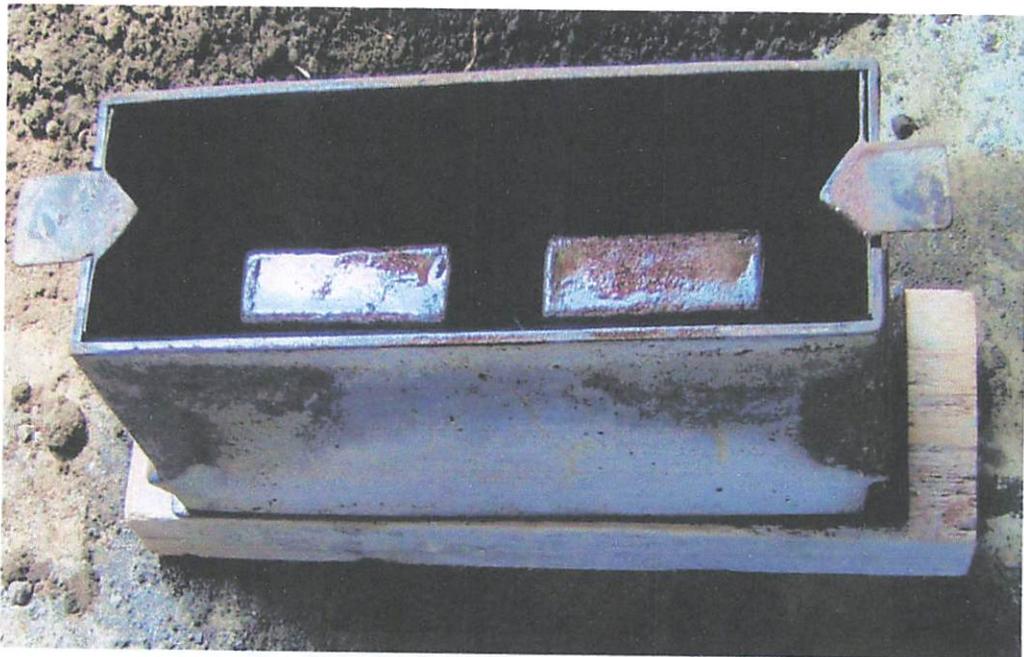
Alat tumbuk untuk menghancurkan/menghaluskan lumpur kering



Lumpur yang telah ditahuskan



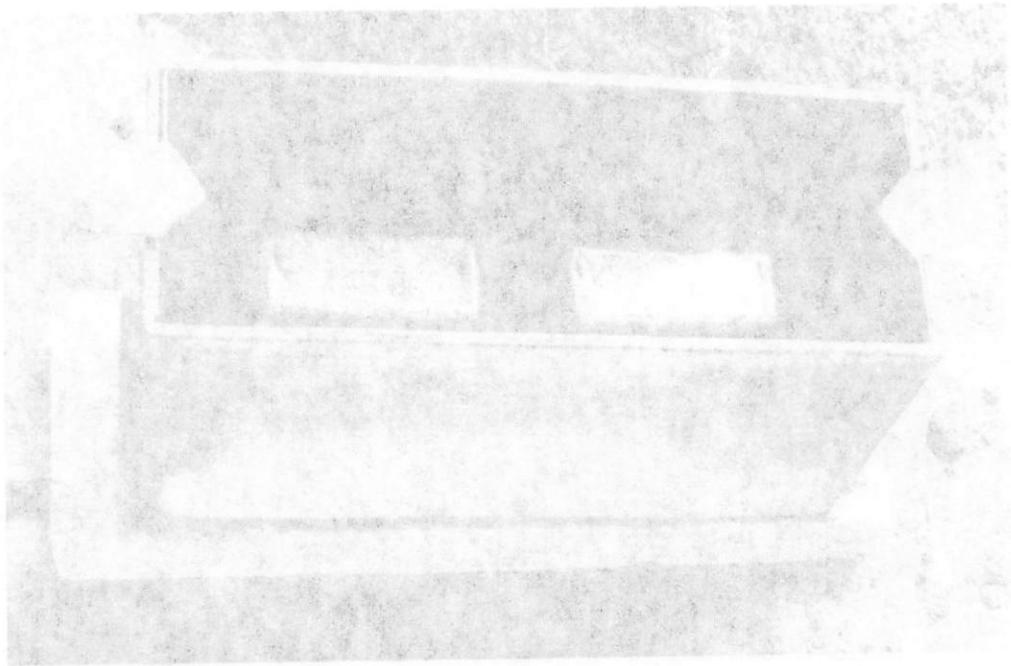
Atomic Absorption Spektrophotometry (AAS)



Alat Cetakan Batako



Atomic Absorption Spektrofotometri (AAS)



Alat Cetak dan Balok

# LAMPIRAN F

SNI BATA BETON 03-0349-1989

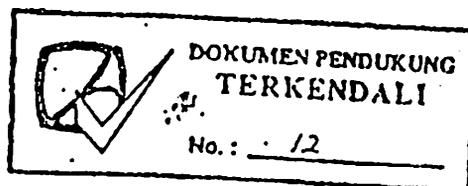
# SNI

STANDAR NASIONAL INDONESIA

SNI 03-0349-1980



## BATA BETON UNTUK PASANGAN DINDING



## BATA BETON UNTUK PASANGAN DINDING

### RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi definisi, klasifikasi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji dan syarat lulus uji bata beton untuk pasangan dinding.

### DEFINISI

Bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama : semen portland, air dan agregat; yang dipergunakan untuk pasangan dinding. Bata beton dibedakan menjadi bata beton pejal dan bata beton berlobang.

#### Bata Beton Pejal

Bata beton pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75 % atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75 % volume bata seluruhnya.

#### Bata Beton Berlobang

Bata beton berlobang adalah bata yang memiliki luas penampang lobang lebih dari 25 % luas penampang batanya dan volume lobang lebih dari 25 % volume bata seluruhnya.

### KLASIFIKASI

Bata beton pejal maupun berlobang dibedakan menurut tingkat mutunya, yaitu :

Tingkat mutu I

Tingkat mutu II

Tingkat mutu III

Tingkat mutu IV

### SYARAT MUTU

#### 1. Pandangan Luar

Bidang permukaannya harus tidak cacat.

Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

#### 1.2. Ukuran dan Toleransi

Ukuran bata beton harus sesuai dengan tabel I.

Tabel I.  
Ukuran bata beton

satuan : mm

Jenis	Ukuran			Tebal dinding se- katan lobang, mi- nimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 + 3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	—	—
2. Berlo- bang.					
a. Kecil	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	200 ± 3	25	20

#### 4.3. Syarat Fisis

Bata beton harus memenuhi syarat-syarat fisis sesuai dengan tabel II.

Tabel II  
Syarat-syarat Fisis Bata Beton

Syarat fisis	Sa- tu- an.	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto* <u>ra- ta-rata min.</u>	kg/ cm <sup>2</sup>	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat-tekan, bruto <u>masing- masing benda uji min.</u>	kg/ cm <sup>2</sup>	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maks.	%	25	35	—	—	25	35	—	—

NETTO

\* Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lobang serta cekungan tepi.

## CARA PENGAMBILAN CONTOH

Contoh uji yang diambil harus terdiri dari satuan yang utuh.

Contoh uji diambil secara acak dari suatu kelompok/tanding yang sama, dengan jumlah contoh uji seperti tercantum dalam tabel III.

Tabel III  
Jumlah contoh

Jumlah kelompok/tanding bata	Jumlah contoh
< 10.000	10 buah
10.001 – 100.000.	20 buah
> 100.000	10 buah untuk tiap kelompok dari 50.000.

Penyerahan contoh untuk diuji harus memenuhi keadaan sebagai berikut :

Contoh harus dalam keadaan seperti pada saat pengambilan contoh (tidak boleh rusak).

Disertai risalah pengambilan contoh, yang mencakup : cara pengambilan contoh, jumlah kelompok/tanding, jumlah contoh, nama petugas pengambilan contoh dan keterangan lain yang dianggap perlu.

## CARA UJI

### Pengukuran Benda Uji

Untuk mengetahui ukuran contoh, dipakai 5 (lima) buah benda uji yang utuh. Sebagai alat pengukur dipakai kaliper/mistar sorong yang dapat mengukur presisi sampai 1 mm, setiap pengukuran panjang, lebar, tebal bata atau tebal dinding bata berlobang, dilakukan paling sedikit 3 kali pada tempat yang berbeda-beda, kemudian dihitung harga rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut.

Hasil pengukuran dari 5 (lima) buah benda uji, dilaporkan mengenai ukuran rata-rata dan penyimpangannya.

### Pengujian Kuat Tekan

Untuk pengujian kuat tekan dipakai 5 (lima) buah benda uji tersebut dalam 6.1.

Meratakan/menerap bidang tekan

Bahan penerapan dibuat dari adukan 1 (satu) bagian semen portland ditambah 1 atau 2 (satu atau dua) bagian pasir halus tembus ayakan 0,3 mm. Pemakaian bahan penerap lain, diperbolehkan asalkan kekuatannya sama atau lebih tinggi dari kuat tekan batanya.

Bidang tekan benda uji (2 bagian) diterap dengan aduk semen sedemikian

rupa sehingga terdapat bidang yang rata dan sejajar satu dengan lainnya. Tebal lapisan perata/penerap kurang lebih 3 mm. Benda coba ditentukan kuat tekannya apabila pengerasan lapisan penerap sedikitnya telah berumur 3 hari.

## 2. Penentuan Kuat Tekan.

Arah tekanan pada bidang tekan benda uji disesuaikan dengan arah tekanan beban didalam pemakaian. Benda uji yang telah siap, ditentukan kuat tekannya dengan mesin tekan yang dapat diatur kecepatan penekanannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian badan sampai benda uji hancur diatur sehingga tidak kurang dari 1 menit dan tidak lebih dari 2 menit. Kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum pada waktu benda uji hancur, dengan luas bidang tekan bruto, dinyatakan dalam  $\text{kg/cm}^2$ . Kuat tekan tadi dilaporkan masing-masing untuk setiap benda uji dan juga nilai rata-rata dari 5 (lima) benda uji.

## Pengukuran Lobang

### Pengukuran luas lobang

Untuk lobang atau cekungan tepi yang berbentuk segi empat atau segi banyak dan atau lingkaran beraturan, pengukuran penampang lobang pada permukaan bata dapat dilakukan dengan alat pengukur, kaliper/ mistar sorong, jangka kaki atau mistar, sampai ketelitian 1 mm.

Apabila bentuk lobangnya tidak beraturan, pengukuran dapat dilakukan dengan membuat gambaran bentuk lobang itu pada kertas, kemudian pengukuran luas dilakukan dengan alat pengukur luas planimeter. Jumlah luas dari seluruh lobang dihitung dalam prosen terhadap luas bruto dari bidang bata yang berlobang itu.

### Pengukuran volume lobang

Bahan bantu :

pasir bersih dengan susunan butir tertentu (dapat dibuat sekehendak asal susunan butirnya tetap) yang kering pada suhu  $105^\circ\text{C}$ .

tekanan berat volume dari pasir ini dengan cara pengisian gembur (tidak dicok/dipadatkan).

aranya :

gunakan bejana yang berisi pasir kering untuk mengisikan pasir itu ke dalam lobang bata yang akan diukur.

lobang-lobang bata itu dengan pasir secara hati-hati, dengan menuangkan pasir dari bejana, seperti menuangkan air ke dalam lobang itu, sampai penuh. Setelah penuh, ratakan permukaan pasir itu, serata permukaan bata.

kemudian bersihkan dengan sikat halus, bila kemungkinan ada butiran pasir yang tertinggal atau melekat pada permukaan bata di luar garis batas lobang.

a. Tumpahkan pasir yang ada di dalam lobang itu, dengan menampungnya atas wadah, dan jangan sampai ada pasir yang tercecer. Timbang berat pasir yang mengisi lobang tadi.

lakukan cara ini 3 kali berturut-turut dan hitung berat rata-rata. Pengukuran sehingga dapat diketahui berat pasir yang mengisi lobang (A).

kemudian tentukan terpisah berat 1 (satu)  $\text{dm}^3$  pasir tawar (B).

volume lobang  $\frac{A}{B}$  ( $\text{dm}^3$ ).

tung volume ini terhadap volume bruo batanya, dalam % (prosen)  
kukanlah penentuan ini terhadap paling sedikit 3 (tiga) benda uji.

yerapan Air.

uk pengujian penyerapan air, dipakai 5 (lima) buah benda uji dalam keada-  
tuh dengan peralatan sebagai berikut :

nbangan yang dapat menimbang teliti sampai 0,5 % dari berat contoh uji.

pur pengering yang dapat mencapai suhu  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ .

nda uji seutuhnya direndam dalam air bersih yang bersuhu ruangan, selama  
(dua puluh empat) jam. Kemudian benda uji diangkat dari rendaman, dan  
sisanya dibiarkan meniris kurang lebih 1 (satu) menit, lalu permukaan  
ang benda uji diseka dengan kain lembab, agar air yang berkelebihan yang  
sih melekat dibidang permukaan benda uji terserap kain lembab itu. Benda  
kemudian ditimbang (A). Setelah itu benda uji dikeringkan di dalam dapur  
gering pada suhu  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , sampai beratnya pada 2 (dua) kali penim-  
:ngan tidak berbeda lebih dari 0,2 % dari penimbangannya yang terdahulu (B).  
isih penimbangan dalam keadaan basah (A) dan dalam keadaan kering (B)  
lah jumlah penyerapan air, dan harus dihitung berdasarkan persen berat  
da uji kering.

$$\text{yerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100 \%$$

orkan hasil rata-rata dari lima buah benda uji.

#### AT LULUS WI

mpok dinyatakan lulus uji apabila contoh uji memenuhi persyaratan yang  
ditentukan di dalam butir 4.

ila salah satu syarat tidak dipenuhi, dapat dilakukan uji ulang terhadap  
h kedua yang diambil dari kelompok/tanding yang sama.

ila hasil uji ulang, contoh memenuhi semua syarat yang ditentukan,  
mpok/tanding dinyatakan lulus uji.

**Tabel Baku Mutu Uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Prosedure / Hasil Ekstraksi Lindi)**

Parameter	Konsentrasi dalam ekstraksi limbah (mg/L)
Aldrin + Dieldrin	0,07
Arsen	5,0
Barium	100,0
Benzene	0,5
Boron	500
Cadmium	1,0
Carbon tetrachloride	0,5
Chlordane	0,03
Chlorobenzene	100,0
Chloroform	6,0
Chromium	5,0
Copper	10,0
o-Cresol	200,0
m-Cresol	200,0
p-Cresol	200,0
Total Cresol	200,0
Cyanide (free)	20,0
2,4-D	10,0
1,4-Dichlorobenzene	7,5
1,2-Dichloroethane	0,5
1,1-Dichloroethylene	0,7
2,4-Dinitrotoluene	0,13
Endrin	0,02
Fruorides	150,0
Heptachlor + Heptachlor epoxide	0,008
Hexachlorobenzene	0,13
Hexachlorobutadiene	0,5
Hexachloroethane	3,0
Lead	5,0
Lindane	0,4
Mercury	0,2
Methoxychlor	10,0
Methyl ethy ketone	200,0
Methyl Parathion	0,7
Nitrate + Nitrite	1000,0
Nitrite	100,0
Nitrobenzene	2,0
Nitrilotriacetic acid	5,0
Pentachlorophenol	100,0
Pyridine	5,0
Parathion	3,5
Pembun	5,0
PCBs	0,3
Selenium	1,0
Silver	5,0
Tetrachloroethylene	0,7
Toxaphene	0,5
Trichloroethylene	0,5
Trihalomethanes	35,0
2,4,5-Trichlorophenol	400,0
2,4,6-Trichlorophenol	2,0
2,4,6-TP (Silvex)	1,0
Vynil chloride	0,2
Zinc	50,0

Sumber : Peraturan tentang Pengelolaan Limbah B3 (KLH 1988)



**"Janganlah menunda sampai besok apa yang bisa kita kerjakan hari ini"  
"Waktu sangat berharga, maka jangan kamu habiskan kecuali untuk sesuatu yang berharga.**

*Doa Abu Madi'an R.A :*

*"Ya Allah kini aku berada di waktu pagi. Aku tidak menguasai untuk diriku bahaya, manfaat, mati, hidup, dan hidup sesudah mati. Aku tidak dapat mengambil kecuali apa yang Engkau berikan, dan aku tidak dapat menghindar kecuali dari apa yang Engkau hindarkan.*

*Ya Allah bimbinglah aku ke jalan yang Engkau sukai dan ridloi, baik dalam perkataan maupun dalam amal ketaatan kepada-Mu. Sesungguhnya Engkau yang memiliki kurnia lagi Maha Agung".*

*"Dan Allah mengeluarkan kamu dari perut ibumu dalam keadaan tidak mengetahui sesuatupun, dan Dia memberi kamu pendengaran, penglihatan dan hati agar kamu bersyukur*

*(QS. An- Nahl : 78)*





## *Lembar Persembahan*

Tak ada yang bisa ku berikan hanya tanggung jawab dan berbakti kepada mereka Allhamdulillah kupanjatkan kubersyukur kepadamu yaaa ALLAH SWT, karna kasih sayang dan ketulusan mereka aku bisa menyelesaikan studiku dengan baik suatu kebanggaan kupersembahkan kepada mereka yang dengan sabar merawat, mendidik, membesarkan aku dan mengenalkan aku tentang dunia.

Kini hariku masih pagi kutak tau apa yang akan aku hadapi disiang hari dan malam hari diluar sana nanti tetapi kuyakin bekal telah ku siapkan untuk menghadapi hidup ku yang baru diluar sana.

### ❏ Buat kedua orang tua ku

- ☑ Bapak dan ibuku tersayang thanx sudah memberikan kasih sayang, semangat, perhatian dan doa setiap saat.
- ☑ Keluarga besarku, semua kakak – kakak ku dan ponakan-ponakanku tercinta thangx sudah memberikan perhatian, semangat, keiklasan, dan ketulusan.

### 🍷 Konco-koncoku

- 🌱 Niknik, macaciya atas semua bantuan yang selamaini niknik berikan. jangan pernah ragu, jangan pernah sedih dengan apa yang ninik jalani karna itu bukan janji tapi tanggung jawab. Semangat aja ya moga kita bisa kumpul dipapua esoknanti.





- Beby, thangx ya tanpa kamu mungkin aku nga semangat kuliah disemester buuuuanyakini kitakan kompak ampe kuliah ulang bareng2 trus heheheeeee semangat ya canda tawa dan halal2 konyol yang pernah kita lakuin ngakan pernah kulupakan.
- Eka, teeerima kasih banyak tak terasa sudah 7 kali puasa, 3 kali piala dunia 13 kali gerhana bulan, kita berbagi suka dan duka bersama pernah merasakan tekanan batin waktu masuk gedung kuning KP VDEC tanpa kamu mungkin aku belum nulis lembar persembahan ini "kabur dari KP" heeeehhheee semangat ya lebihsusah masuk gedung kuning dari pada ini skripsi oke.
- Evel, thangx buuuanyak ya kau banyak bembantuku waktu skripsi dan seminar jaga kondisis dan jangan sakit2 lagiya.
- Devi, thanx atas segala bantuanmu waktu kuliah ampe skripsi. Diah thanx ya udah minjamin lap skripsinya entar aku paket ke rumahmu oke.
- Erwin, Dodi, pakde (hermawan), bayu, azis,mas pai, apai, yudis, andi, neles, nesta, teguh, roni, toyol, piping, dan masih buaaaanyyyyak yang ngk bisa kusebutin satu-satu kalian sahabat sejatiku yang keren-keren abis tanpa kalian mungkin aku ngbisa seperti ini aku mulai membentuk diri dan hidup ng ngawur2 lagi karna mengenal kalian. Banyak hal yang kita habiskan bersama2 persahabatan kita takan pernah kulupakan sampaia kapan pun.
- Mb evi, mb dini, zainal dan zaq walupun susah, cemas tapi kita bisa lewatin bersama dan wisuda bareng oce.
- Mas mahfud thangx udah banyak bantu aku skripsi dan menyemangati aku ketika aku sedang jatuh beribuburibu thang mas mahfud.
- Arek2 papua thang atas semangat dan dukungan yang kalian berikan.
- Arek2 asrama MKW thang atas kebersamaanya dan semangatnya.



## Thangx for u

kau telah berikan yang tak pernah aku dapatkan  
karna perasaan hati aku mengerti akan kemana aku harus berja-  
lan

Karna perasaan hati aku ingin segera pergi tuk menjemput  
impian dan cita-citaku

kau adalah senja hari ku, walau hanya sebentar mengagumi  
keindahan mu

tetapi banyak yang aku peroleh darimu kesabaran, keiklasan  
dan semangat.

Buat dix yang aku sayangi tumbulah dimana engkau ingin  
tumbuh seperti yang kau inginkan, jalanlah dimana kau ingin  
berjalan aku hanya bisa memberikan yang terbaik bagimu  
semampu apa yang aku miliki sampai aku tak miliki apa-apa  
lagi.

Buat dix yang aku sayangi selamat berjuang dimedan palaga  
jadilah mata bor yang tajam yang terbuat dari intan pecahkan  
tanah dan bebatuan yang angkuh telusuri setiap lapisanya  
sedalam-dalam rasa ingintau mu jangan pedulikan hiruk pikuk  
disampingmu karna mereka tak pernah tau apa yang kau  
rasakan tetapi dengan mata bor yang engkau tancapkan kau  
akan tau banyak terdapat logam mulia dan permata yang  
tersembunyi.

Terangilah pori-pori bumi dengan kemilau intanmu berilah  
hentakan yang dasyat dengan gemuru mata bormu agar dunia  
tau apa yang engkau rasakan dihatimu kobarkan api semangat  
dan ketulusanmu karna kita berada di kobaran tungku yang  
sama.

*Budak - budak teknik lingkungan 2001*

