



**UJI KUAT TEKAN DAN SERAPAN AIR PADA  
BATA BETON BERLUBANG DENGAN BAHAN IKAT  
KAPUR DAN ABU LAYANG**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai prasyarat menyelesaikan Studi Strata 1  
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

OLEH :

NAMA : MUSTAIN  
NIM : 5150401033  
PRODI : TEKNIK SIPIL S1  
JURUSAN : TEKNIK SIPIL

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2006**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “*UJI KUAT TEKAN DAN SERAPAN AIR PADA BATA BETON BERLUBANG DENGAN BAHAN IKAT KAPUR DAN ABU LAYANG* ” telah disetujui oleh dosen pembimbing Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Hari : Selasa

Tanggal : 11 April 2006

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing

II

**Ir. Dr. Iman Satyarno. ME**  
**MT**  
NIP. 131851323

**Drs. Hery Suroso ST.**  
NIP. 132068585

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : “*UJI KUAT TEKAN DAN SERAPAN AIR PADA BATA BETON BERLUBANG DENGAN BAHAN IKAT KAPUR DAN ABU LAYANG*”

Oleh :

Nama : Mustain

NIM : 5150401033

Telah dipertahankan di hadapan sidang panitia ujian Skripsi Jurusan Teknik Sipil,  
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang pada :

Hari : Selasa

Tanggal : 11 April 2006

Susunan Dewan Penguji,

Penguji I

Penguji II

**Ir. Dr. Iman Satyarno, ME**

**MT**

NIP. 131851323

**Drs. Hery Suroso ST.**

NIP. 132068585

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Sipil

Ketua Jurusan Teknik

**Prof. Dr. Soesanto, M.Pd**

NIP. 130875753

**Drs. Lashari, MT**

NIP. 131741402

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul *Uji Kuat Tekan dan Serapan Air Pada Bata beton berlubang dengan Bahan Ikat Kapur dan Abu Layang* sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis sadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan arahan berbagai pihak yang dengan sabar dan *telaten* membimbing penulis hingga selesainya penyusunan skripsi ini. Karenanya penulis ingin menyampaikan terimakasih yang setulus – tulusnya kepada :

1. Prof. Soesanto, Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Drs. Lashari, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNNES.
3. Drs. Henry Apriyatno, MT, Ketua Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNNES.
4. Drs. Hery Suroso ST. MT, Dosen pembimbing dari Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan arahan dan bimbingan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
5. Ir. Dr. Iman Satyarno, ME, Dosen pembimbing dari Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan arahan dan bimbingan hingga selesainya penyusunan skripsi ini..
6. Bapak dan Ibu serta keluarga tercinta yang tak henti-hentinya memberikan dukungan pada penulis.

7. Seluruh pihak yang telah membantu hingga selesainya Skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, karena itu kritik dan saran dari pembaca penulis harapkan guna kemaslahatan bersama kelak dikemudian hari.

Akhirnya penulis hanya bisa berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi siapa saja yang mempunyai perhatian terhadap perkembangan ilmu pengetahuan menuju kehidupan yang lebih baik dimasa yang akan datang, Amien.

Semarang, Maret

2006

Penulis

## ABSTRAK

**Mustain. 2006.** *Uji Kuat Tekan dan Serapan Air pada Bata beton berlubang dengan Bahan Ikat Kapur dan Abu Layang.* Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing : Drs. Hery Suroso, ST, MT.

Perkembangan penduduk dari tahun ketahun berkorelasi positif dengan bertambahnya kebutuhan pemukiman. Berbagai inovasi bahan bangunan perlu dilakukan guna memberikan peluang pada masyarakat untuk memilih bahan bangunan sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan mereka. Salah satu inovasi yang bisa dikembangkan adalah pemakaian bata beton berlubang sebagai bahan bangunan untuk dinding dengan menggunakan bahan ikat yang berbeda. Di Indonesia banyak sekali bahan-bahan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk campuran bahan susun bata beton berlubang terutama bahan ikatnya. Salah satu bahan ikat alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi pemakaian semen portland adalah abu layang. Inovasi yang bisa dilakukan adalah pembuatan bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang, karena kedua bahan tersebut secara teoretik dapat menjadi bahan ikat menggunakan mekanisme reaksi pozolan-kapur.

Variasi komposisi campuran antara abu layang, kapur, dan pasir sebagai bahan susun bata beton berlubang yang digunakan dalam penelitian ini berturut-turut adalah (dalam satuan berat) 0:1:6; 1,3:1:6; 1,4:1:6; 1,5:1:6; 1,6:1:6; dan 1,8:1:6. Parameter yang diteliti dalam Skripsi ini meliputi karakteristik bahan susun bata beton berlubang, yakni pengujian gradasi pasir, berat jenis pasir, kandungan lumpur pasir, kekekalan butir pasir, dan gradasi abu layang; kuat tekan mortar penyusun bata beton berlubang; kuat tekan dan nilai serapan air bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang. Pengujian bata beton berlubang dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pada umur 30 hari, 60 hari, dan 90 hari.

Dari hasil penelitian karakteristik bahan susun bata beton berlubang menunjukkan bahwa gradasi pasir Muntilan yang dipakai masuk pada zone 2, yakni Pasir agak kasar, berat jenis rata – rata pasir Muntilan sebesar 2,566, kandungan lumpur rata – rata pasir Muntilan sebesar 3,13 % < 5%, kekekalan butir menggunakan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sebesar 6,2 % < 12% dan kekekalan butir menggunakan  $\text{MgSO}_4$  sebesar 7,19 % < 10%. Dari hasil penelitian mortar penyusun bata beton berlubang menunjukkan kuat tekan optimum pada variasi komposisi 1,8 Fa : 1 Kp : 6 Psr yakni sebesar 34  $\text{kg/cm}^2$ . Dan untuk uji kuat tekan bata beton berlubang menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terjadi pada komposisi 1,8 Fa : 1 Kp : 6 Psr , yakni 7,9  $\text{kg/cm}^2$  pada umur 30 hari; 8,6  $\text{kg/cm}^2$  pada umur 60 hari, dan 15,3  $\text{kg/cm}^2$  pada umur 90 hari. Untuk nilai serapan air bata beton berlubang menunjukkan bahwa semakin banyak pasta, maka nilai serapan air menurun. Serapan air terbesar terjadi pada variasi komposisi 0 Fa : 1 Kp : 6 Psr yakni 14,84 %, dan nilai serapan air terkecil terjadi pada variasi komposisi 1,8 Fa : 1 Kp : 6 Psr yakni 8,15 %.

Kata kunci : Bata beton berlubang, Abu layang, Mortar, Kapur, Calsium Silikat Hidrat.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Batasan Masalah .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Tinjauan Pustaka .....	7
1. Pengertian Bata beton berlubang .....	7

2. Persyaratan Mutu Bata beton berlubang.....	9
3. Keunggulan Bata beton berlubang .....	10
4. Bahan Baku Pembuatan Bata beton berlubang.....	12
a. Kapur .....	12
1) Klasifikasi kapur.....	12
2) Syarat-syarat kapur sebagai bahan bangunan.....	13
b. Pasir.....	14
c. Air .....	16
d. Abu Layang.....	17
e. Kapur + Abu Layang.....	19
5. Mortar Penyusun Bata beton berlubang .....	20
6. Penelitian Pemanfaatan Abu Layang.....	22
7. Penelitian Semen Fly Ash Kapur (SFK).....	25
8. Penelitian Pemanfaatan Kapur Sebagai Bahan Substitusi Pada Pembuatan Bata beton berlubang .....	26
B. Pemikiran Dasar .....	27

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Bahan .....	30
B. Alat.....	30
C. Variabel Penelitian .....	31
D. Tahapan Penelitian .....	32
1. Pengadaan Bahan .....	32

2. Pemeriksaan Bahan.....	32
a. Pasir.....	32
1) Pemeriksaan Berat Jenis Pasir .....	32
2) Pemeriksaan Gradasi Pasir .....	33
3) Pemeriksaan Kandungan Lumpur .....	34
4) Pengujian Kekekalan Butir Pasir.....	35
b. Kapur.....	36
c. Air .....	36
d. Abu Layang.....	36
3. Proses Pembuatan Benda Uji Kubus Mortar .....	37
a. Pembuatan Adukan Mortar .....	37
b. Uji Sebar Pasta Mortar .....	37
c. Pembuatan Benda Uji Kubus mortar .....	38
4. Proses Pembuatan Bata beton berlubang.....	38
a. Menyiapkan Bahan Susun Bata beton berlubang .....	38
b. Pengadukan Campuran Bata beton berlubang .....	39
c. Pembuatan Benda Uji .....	39
5. Perawatan.....	40
6. Pengujian Kuat Tekan Kubus Mortar.....	40
7. Pengujian Serapan Air Bata beton berlubang.....	41
8. Pengujian Kuat Tekan Bata beton berlubang .....	41
E. Analisis Data .....	42
1. Perhitungan Hasil Penelitian .....	42

a. Berat Jenis Pasir .....	42
b. Kandungan Lumpur Pasir .....	43
c. Kuat Tekan Kubus Mortar .....	43
d. Kuat Tekan Bata beton berlubang.....	43
e. Serapan Air .....	44

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Bata beton berlubang.....	45
1. Kapur .....	45
2. Abu Layang .....	45
3. Air.....	46
4. Pasir .....	46
B. Hasil Uji Sebar .....	48
C. Kuat Tekan Mortar.....	48
D. Kuat Tekan Bata beton berlubang.....	50
E. Serapan Air Bata beton berlubang .....	51

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	55
B. Saran .....	56

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### ***MOTTO***

- “ Maka ketika kamu telah menyelesaikan suatu pekerjaan, bersegeralah untuk menyelesaikan pekerjaan yang lain.” (Q.S. Al-Insyirah : 7)*
- “ Cinta tidak bisa disifati dengan suatu deskripsi. Tidak bisa dibatasi dan dijelaskan kecuali dengan cinta itu sendiri. Maka ketika kesamaran dan kerancuan menghilang, tidak ada lagi kebutuhan untuk menenggelamkan diri dalam kalam.”(Imam Al-Qusyairy an- Naisabury)”*
- “ Sejatinya kejujuran yang berasal dari dalam hati meskipun pahit akan jauh lebih berarti dibanding kemunafikan yang disembunyikan meskipun terasa manis “ (Penulis)*

### ***PERSEMBAHAN***

- Orang Tuaku tercinta
- Saudara – saudaraku tersayang
- Teman – teman seperjuanganku
- Adik – adik “Irawan Cost” yang selalu mendukungku
- Para Pembaca yang Budiman

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan antara kuat tekan dengan umur kubus beton normal dan beton abu layang yang direndam dalam air tawar di laboratorium .....	24
Gambar 3.1 Pengujian kuat tekan mortar.....	41
Gambar 3.2 Pengujian kuat tekan bata beton berlubang.....	42
Gambar 4.1 Grafik uji gradasi pasir Muntilan .....	47
Gambar 4.2 Hubungan kuat tekan dengan variasi komposisi campuran kubus mortar umur 90 hari .....	49
Gambar 4.3 Hubungan kuat tekan dengan variasi komposisi campuran bata beton berlubang umur 30 hari, 60 hari, dan 90 hari.....	50
Gambar 4.4 Hubungan antara serapan air dengan jumlah pasta semen .....	52
Gambar 4.5 Hubungan antara serapan air dengan variasi komposisi campuran bata beton berlubang .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persyaratan fisik bata beton berlubang .....	9
Tabel 2.2	Persyaratan ukuran standard dan toleransi bata beton berlubang.....	9
Tabel 2.3	Syarat – syarat dan cara – cara pengujian kapur tercantum dalam “Kapur Bahan Bangunan” (NI. 7) Yayasan dana Normalisasi Indonesia.....	14
Tabel 2.4	Hasil Analisis Kimia Kapur .....	14
Tabel 2.5	Syarat batas gradasi pasir.....	16
Tabel 2.6	Susunan kimia dan sifat fisik abu layang.....	18
Tabel 2.7	Komposisi kimia abu layang PLTU Paiton .....	18
Tabel 2.8	Hasil uji kuat tekan beton abu layang .....	24
Tabel 2.9	Hasil uji kuat tekan dan serapan air Bata beton berlubang (Idris dan Lasino, 1993).....	27
Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil pemeriksaan uji sebar mortar
2. Kebutuhan bahan per benda uji
3. Hasil pengujian berat jenis pasir Muntilan
4. Hasil pengujian gradasi pasir Muntilan
5. Hasil pengujian kandungan lumpur pasir Muntilan
6. Hasil pengujian kekekalan butir pasir dengan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
7. Hasil pengujian kekekalan butir pasir dengan  $\text{MgSO}_4$
8. Hasil pengujian kuat tekan bata beton berlubang umur 30 hari
9. Hasil pengujian kuat tekan bata beton berlubang umur 60 hari
10. Hasil pengujian kuat tekan bata beton berlubang umur 90 hari
11. Hasil pengujian serapan air bata beton berlubang
12. Hasil pengujian kuat tekan mortar umur 90 hari
13. Perhitungan angka modulus hidrolis

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Diantara kebutuhan pokok manusia adalah pemukiman yang layak. Bertambahnya penduduk berkorelasi positif dengan bertambahnya kebutuhan pemukiman, artinya dari tahun ketahun kebutuhan akan pemukiman / perumahan semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Hal ini merupakan permasalahan yang harus disikapi dengan bijak dan kreatif tidak hanya oleh pemerintah sebagai pelayan dan abdi masyarakat, tetapi juga para akademisi dan praktisi dibidang teknik sipil. Permasalahan yang timbul diantaranya adalah ketidakmampuan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pemukiman ini karena harga – harga bahan bangunan yang relatif tinggi. Disini para akademisi dan praktisi dibidang teknik sipil sangat dituntut peranannya untuk ikut memecahkan permasalahan tersebut dengan melakukan berbagai inovasi bahan bangunan sehingga mampu memberikan peluang pada masyarakat untuk memilih bahan bangunan sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan mereka.

Salah satu alternatif pemecahan permasalahan di atas adalah pemakaian bata beton berlubang sebagai bahan bangunan untuk dinding. Pemilihan bata beton berlubang sebagai bahan bangunan pada umumnya didasarkan atas beberapa pertimbangan, antara lain : pemasangannya mudah, tidak membutuhkan banyak bahan pendukung, serta tidak membutuhkan banyak tenaga kerja untuk pemasangannya, sehingga dapat menghemat biaya pelaksanaan.

Bata beton berlubang merupakan bahan bangunan yang diperoleh dengan cara mencampurkan *portland cement* (PC), air dan agregat dengan perbandingan tertentu, serta dicetak dalam suatu wadah atau cetakan dalam keadaan cair kental, kemudian mampu mengeras secara baik, perawatannya mudah dan murah, tahan terhadap cuaca dan lapuk, serta dapat memanfaatkan bahan lokal.

Dalam ilmu bahan bangunan ada beberapa jenis bahan yang dikategorikan sebagai bahan ikat dalam adukan, diantaranya adalah semen, kapur, tras, pozolan, dan beberapa bahan ikat lainnya ( Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1997 : 110). Tiap – tiap bahan ikat memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing. Bata beton berlubang yang sekarang ini banyak diproduksi pada umumnya menggunakan bahan ikat semen portland. Disini akan diteliti bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang.

Pemilihan abu layang dan kapur sebagai bahan ikat merupakan bagian dari usaha untuk memecahkan permasalahan ketergantungan pada semen. Sampai saat ini pelaksanaan pembangunan khususnya dibidang perumahan masih sangat bergantung pada produksi semen, karena semen merupakan bahan ikat utama yang banyak digunakan baik untuk beton, pasangan, serta plesteran dinding dan sebagainya . untuk masa mendatang ketergantungan terhadap semen kiranya perlu dikurangi, karena produksi semen di Indonesia merupakan salah satu tumpuan khususnya untuk wilayah Asia tenggara, dan beberapa negara produsen seperti jepang dan korea akan mengurangi produksinya. (Husin, 1998 ).

Di Indonesia banyak sekali bahan-bahan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk campuran bahan susun bata beton berlubang terutama bahan ikatnya. Sehubungan dengan hal tersebut, perlu diusahakan adanya bahan ikat alternatif yang diperuntukan pada bangunan struktural maupun non struktural. (Husin,1998)

Pemakaian abu layang sendiri didasarkan atas beberapa alasan. Abu layang merupakan limbah industri dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap ( PLTU ). Diperkirakan setiap tahun dihasilkan  $\pm 700.000$  ton abu layang (Hidayat, 1998 ). Melihat begitu besarnya limbah yang dihasilkan, maka masalah yang timbul adalah bagaimana cara mengendalikan limbah tersebut agar tidak mencemari lingkungan dan bila perlu limbah tersebut bisa dimanfaatkan menjadi sesuatu yang mempunyai nilai ekonomis.

Telah diketahui bahwa 60% s/d 65% bahan penyusun semen adalah kapur atau CaO ( Wuryati dan Candra, 2001 : 1 ), berarti ada kemungkinan untuk menjajaki kapur sebagai bahan ikat dengan memadukannya bersama abu layang menggunakan mekanisme reaksi pozolan – kapur yang akan dijelaskan lebih lanjut.

Pertimbangan utama digunakannya abu layang adalah karena bahan penyusun utama abu layang adalah Silikon dioksida (  $\text{SiO}_2$  ), Aluminium trioksida (  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ), dan Ferrum trioksida (  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ). Oksida – oksida tersebut dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen ketika bereaksi dengan air.

Penelitian mengenai kapur dan abu layang sebagai bahan ikat sebenarnya sudah pernah dilakukan sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh

Nadhiroh dan Lasino. Pada penelitian yang mereka lakukan, didapat komposisi campuran antara kapur dan abu layang yang menghasilkan kuat tekan optimum pada campuran 1 kapur : 2 abu layang . Kekurangan penelitian mereka adalah interval dari variasi campuran yang terlalu lebar, sehingga data mengenai kenaikan kuat tekan tidak ada.

Atas dasar pertimbangan – pertimbangan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang. Dengan komposisi yang bervariasi diharapkan akan diperoleh campuran yang menghasilkan kuat tekan optimum, sehingga didapatkan bata beton berlubang dengan bahan ikat yang berbeda, tetapi memiliki kuat tekan yang memenuhi persyaratan minimum untuk bata beton berlubang.

## **B. PERUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan uraian di atas timbul permasalahan yang menarik untuk diteliti yaitu : Seberapa besar prospek abu layang dan kapur untuk dijadikan bahan ikat pada pembuatan bata beton berlubang dengan variasi komposisi campuran sebagai berikut :

1. 0 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
2. 1,30 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
3. 1,40 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
4. 1,50 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
5. 1,60 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
6. 1,80 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir

## **C. TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik bahan susun bata beton berlubang meliputi: pengujian gradasi pasir, berat jenis pasir, kandungan lumpur pasir, kekekalan butir pasir, dan gradasi abu layang
2. Mengetahui sifat fisik dari mortar penyusun bata beton berlubang meliputi pengujian kuat tekan
3. Mengetahui kuat tekan dan nilai serapan air bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang pada variasi komposisi yang telah direncanakan.

#### **D. MANFAAT PENELITIAN**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat diantaranya adalah :

1. Dapat diketahui pengaruh dari penggunaan bahan ikat kapur dan abu layang dalam pembuatan bata beton berlubang
2. Didapatkan data penggunaan kapur dan abu layang dengan komposisi yang menghasilkan kuat tekan optimum sesuai dengan kuat tekan yang diinginkan
3. Dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan Ilmu Teknik Sipil, khususnya dibidang inovasi bahan bangunan
4. Dapat memberikan alternatif bagi dunia konstruksi khususnya dan masyarakat pada umumnya dalam penggunaan bahan bangunan
5. Dapat mengurangi pencemaran lingkungan

6. Dapat merubah barang yang tidak mempunyai nilai ekonomi menjadi barang yang mempunyai nilai ekonomi dan bermanfaat.

#### **E. BATASAN MASALAH**

Data yang diharapkan dari penelitian ini yaitu tentang uji kuat tekan dan serapan air pada bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang.

Macam dan jenis penelitian akan dibatasi pada permasalahan sebagai berikut:

1. Konsentrasi variasi komposisi campuran bahan susun bata beton berlubang :
  - a. 0 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
  - b. 1,30 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
  - c. 1,40 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
  - d. 1,50 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
  - e. 1,60 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
  - f. 1,80 *Fly ash* : 1 Kapur : 6 Pasir
2. Benda uji berupa bata beton berlubang dengan ukuran 30 x 15 x 12 cm
3. Pengujian kuat tekan bata beton berlubang berumur 30, 60, dan 90 hari
4. Setiap pengujian satu variasi dibuat 3 benda uji
5. Kapur yang dipakai adalah kapur tohor klas I. Pemeriksaan terhadap kapur melalui pengujian kehalusan butiran sesuai dengan syarat – syarat dan cara – cara pengujian kapur tercantum dalam “ kapur bahan bangunan “ ( N I.7 ) Yayasan dana normalisasi Indonesia. ( Ilmu Bahan Bangunan, 1997; hal. 91 )
6. Abu layang yang dipakai adalah abu layang dari PLTU Paiton

7. Pemeriksaan terhadap pasir meliputi pemeriksaan agregat, berat jenis pasir, kandungan lumpur pasir, kekekalan butir pasir.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Pengertian Bata beton berlubang**

Bata beton berlubang adalah suatu bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland (PC), agregat halus, air dan atau bahan tambah / *aditive* lainnya. Bata beton dapat dibagi atas 2 jenis (SK SNI S – 04 –1989 – F), yaitu :

- a. Bata beton berlubang adalah bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25 % luas penampang batanya dan volume lubang lebih besar dari 25 % volume batanya.
- b. Bata beton pejal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya, dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume seluruhnya.

Menurut SK SNI S – 04 –1989 – F Bata beton berlubang diklasifikasikan sesuai dengan pemakaian sebagai berikut :

- a. Bata beton berlubang mutu B2. adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap)

- b. Bata beton berlubang mutu B1. adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban , tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (Untuk konstruksi di bawah atap)
- c. Bata beton berlubang mutu A2. adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi seperti yang tersebut dalam mutu IV, tetapi permukaan dinding / konstruksi dari bata tersebut boleh tidak diplester.
- d. Bata beton berlubang mutu A1. adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik Matahari (di bawah atap).

Menurut SK SNI S – 04 –1989 – F Bahan Bangunan bukan Logam dalam persyaratan mutu batu cetak adalah sebagai berikut:

- a. Sifat tampak , bata beton harus mempunyai bentuk yang sempurna tidak terdapat retak-retak dan cacat bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapuhkan dengan jari tangan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap lainnya.
- b. Bentuk dan ukuran, berbagai bentuk dan ukuran bata beton yang terdapat dipasaran tergantung dari produsennya. Biasanya setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam leaflet mengenai bentuk, ukuran, dan daya dukung serta konstruksi pemasangan.

Bata beton berlubang telah banyak dipergunakan diberbagai negara, seperti Amerika, Inggris, Kanada, Australia, Selandia Baru, dan negara – negara Skandinavia, dimana bata beton berlubang telanjang dapat mendukung beban dan

mencakup tiga fungsi sekaligus yakni, sebagai struktur pendukung; sebagai dinding; dan sebagai penyelesaian tanpa plesteran

Suatu hasil survey pada tahun 1972 menunjukkan bahwa 50% dari seluruh tembok di Inggris dan 75% di Amerika Serikat terdiri dari block – block beton. Hal tersebut disebabkan karena bata beton berlubang adalah bahan konstruksi yang ekonomis dan serba guna .(Spesifikasi teknik Desain Dan Pelaksanaan SIB F12 UDC 691.431).

## 2. Persyaratan Mutu Bata beton berlubang

Persyaratan bata beton berlubang menurut PUBI - 1982 seperti tercantum pada Tabel berikut.

**Tabel 2.1 Persyaratan fisik Bata beton berlubang**

No	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu			
			A1	A2	B1	B2
1	Kuat tekan bruto rata – rata minimum *)	MPa (kg/m <sup>2</sup> )	2 20	3.5 35	5 50	7 70
2	Kuat tekan bruto masing–masing benda uji minimum *)	MPa (kg/m <sup>2</sup> )	1.7 17	3 30	4.5 45	6.5 65
3	Peyerapan air rata – rata maks	%			35	25

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

**Tabel 2.2 Persyaratan Ukuran Standard dan Toleransi Bata Beton Berlubang**

Jenis	Ukuran + Toleransi						Tebal dinding sekatan Lubang Minimum (mm)	
	Panjang		Lebar		Tebal		Luar	Dalam
Kecil	400	+3	200	+3	100	±2	20	15
Sedang	400	+3	200	+3	150	±2	20	15
Besar	400	+3	200	+3	100	±2	25	20

### 3. Keunggulan Bata beton berlubang

Bata beton berlubang merupakan bahan bangunan yang digunakan sebagai pasangan dinding. Dalam pemakaiannya bata beton berlubang mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah :

a. Plesteran

Dinding bata beton berlubang umumnya tidak diplester. Dengan perencanaan dan pemasangan yang baik dan mengikuti ketentuan – ketentuan pemasangan bata beton berlubang yang benar, maka akan diperoleh penyelesaian arsitektural yang menarik.

b. Adukan

Penghematan adukan sekitar 40% s/d 50%

c. Waktu pemasangan

Pemasangan bata beton berlubang umumnya memberikan penghematan waktu sampai 50% atau lebih dibandingkan dengan bata merah.

d. Berat sendiri

Bata beton berlubang menyebabkan berat sendiri konstruksi berkurang hingga 30% s/d 40% dibandingkan dengan bata merah.

e. Konstruksi tidak mendukung beban.

Bata beton berlubang dapat digunakan baik dalam sistem konstruksi mendukung beban maupun sebagai dinding pengisi atau partisi.

f. Rongga saluran.

Rongga – rongga bata beton berlubang dapat dimanfaatkan untuk penempatan pipa air dan kabel listrik untuk segala arah menurut rencana dinding. Saluran – saluran dapat dipindahkan dan diperbaiki tanpa merusak dinding.

g. Daya tahan terhadap api.

Sesuai dengan peraturan DKI Jakarta tentang Ketentuan Penulangan Bahaya Kebakaran setiap bangunan memerlukan daya tahan terhadap api yang cukup demi keselamatan penghuninya. Untuk hal ini, bangunan harus menggunakan bahan yang cukup mempunyai daya tahan terhadap api.

Bata beton berlubang sudah terkenal dengan sifatnya sebagai bahan bangunan tahan api (fire resistant) yang efektif dan ekonomis. Daya tahan bata beton berlubang terhadap api telah dibuktikan oleh laboratorium riset bangunan di berbagai negara menurut fungsi dari agregat yang dipakai dan “ketebalan padat ekuivalen” bata beton berlubang.

h. Penyekatan rambatan suara.

Keperluan akan kamar – kamar yang tenang di hotel – hotel, apartemen, rumah sakit, sekolah dan kantor dimana suara – suara dari jalan raya atau kamar tetangga sangat tidak diinginkan memerlukan pengguna bahan konstruksi yang dapat menyekat perambatan suara. Dinding bata beton berlubang dapat menyekat dengan baik.

i. Konstruksi modular.

Untuk konstruksi yang ekonomis, bata beton berlubang harus dipasang dengan kombinasi blok – blok penuh,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$  dan ukuran khusus lainnya,

untuk mengurangi/meniadakan pemotongan dan penyusunan memperlambat waktu konstruksi, semua dimensi harus direncanakan secara modular.

j. Penyarapan air dan Daya tahan.

Absorpsi lengas yang rendah dikarenakan permukaan bata beton berlubang padat dan adanya bahan tahan air yang dicampurkan pada waktu pembuatannya. Dinding bata beton berlubang mempunyai daya tahan tinggi dan memerlukan pemeliharaan jika pemasangan dilakukan dengan teliti menurut ketentuan – ketentuan, dalam buku ini.(Spesifikasi teknik Desain Dan Pelaksanaan SIB F12 UDC 691.431)

#### **4. Bahan Baku Pembuatan Bata beton berlubang**

Kualitas dan mutu bata beton berlubang ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan, dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan bata beton berlubang yang berkualitas baik pula.

Dalam perkembangannya bahan susun bata beton berlubang tidak hanya terdiri dari pasir dan semen, namun berbagai variasi telah banyak dilakukan dalam penelitian.

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan bata beton berlubang adalah sebagai berikut :

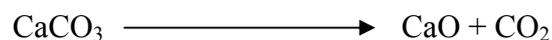
## a. Kapur

Berdasarkan penggunaannya kapur untuk bahan bangunan dibagi menjadi 2 macam, yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Kedua macam kapur tersebut bisa terdapat dalam bentuk tohor, maupun kapur padam..

### 1) Klasifikasi Kapur :

#### a) Kapur Tohor

Kapur tohor adalah hasil pembakaran batu alam ( $\text{CaCO}_3$ ) yang komposisinya adalah sebagian besar kalsium karbonat pada suhu sedemikian tinggi sehingga bila diberi air dapat terpadamkan membentuk hidrat :



#### b) Kapur Padam

Hasil pemadaman kapur tohor dengan air akan membentuk hidrat:



#### c) Kapur Udara

Kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa saat hanya dapat mengeras di udara karena pengikatan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ).

#### d) Kapur Hidrolis

Adalah kapur padam yang apabila diaduk dengan air setelah beberapa saat dapat mengeras baik di udara maupun di dalam air.

#### e) Kapur Magnesia

Adalah kapur yang mengandung lebih dari 5% magnesium oksida ( MgO ), dihitung dari contoh kapur yang dipadamkan.

## 2) Syarat – syarat kapur sebagai bahan bangunan

**Tabel 2.3 Syarat – syarat dan cara – cara pengujian kapur tercantum dalam “ Kapur Bahan Bangunan “(NI .7) Yayasan dana Normalisasi Indonesia.**

Lubang ayakan (bujur sangkar)	Sisa di atas ayakan											
	Kapur labur dalam bentuk						Kapur adukan dalam bentuk					
	Kapur - tohor			Kapur - padam			Kapur - tohor			Kapur - padam		
	Tk	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
0.88 mm	≤5%≤10%≤15%			--	--	--	≤5%≤10%≤15%			≤5%≤10%≤15%		
0.09 mm	--	--	--	≤5%≤10%≤15%			--	--	--	--	--	--
7 mm	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0	0
4.8 mm	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0	≤5%

( Ilmu Bahan Bangunan, 1977; hal. 91 )

Susunan kimia kapur yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar adalah CaO (Supriyatin, 2004). Hasil analisis kimia dapat dilihat pada Tabel 2.4 .

**Tabel 2.4. Hasil Analisis Kimia Kapur**

UNSUR	PROSENTASE (%)
SiO <sub>2</sub>	8.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.51
CaO	55.15
MgO	0.57
Na <sub>2</sub> O	0.52
K <sub>2</sub> O	0.18
MnO	0.02
TiO <sub>2</sub>	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10
H <sub>2</sub> O	0.01
HD	32.37

(Supriyatin, 2004)

**b. Pasir**

Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai oleh karena itu pasir dapat digolongkan dalam tiga macam yaitu pasir galian, pasir laut dan pasir sungai.

Menurut (SK SNI – S – 04 – 1989 – F : 28) disebutkan mengenai persyaratan agregat halus yang baik adalah sebagai berikut :

- 1) Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan  $< 2,2$ .
- 2) Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
  - a) jika dipakai natrium sulfat bagian hancur maksimal 12%.
  - b) jika dipakai magnesium sulfat bagian halus maksimal 10%.
- 3) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 4) Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrans–Harder dengan larutan jenuh NaOH 3%.
- 5) Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
- 6) Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
- 7) Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.

- 8) Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pemasangan.

Dilihat dari syarat batas gradasinya, agregat halus (pasir) di bagi menjadi 4 zone seperti yang di tunjukkan pada Tabel 2.6 di bawah ini.

**Tabel 2.5 Syarat Batas Gradasi Pasir**

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4.8	90	100	90	100	90	100	95	100
2.4	60	95	75	100	85	100	95	100
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15

Keterangan :

- Zone 1 = Pasir Kasar
- Zone 2 = Pasir Agak Kasar
- Zone 3 = Pasir Halus
- Zone 4 = Pasir Agak Halus

**c. Air**

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan bata beton berlubang. Air diperlukan untuk bereaksi dengan kapur, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir – butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan bata beton berlubang akan rendah.

Air untuk campuran mortar / beton sebaiknya harus memenuhi syarat ( SK-SNI - S – 04 - 1989 – F) sebagai berikut :

- 1) Air harus bersih
- 2) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram /liter.
- 3) Tidak mengandung lumpur minyak dan benda terapan lain yang bisa dilihat secara visual.
- 4) Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam organik) lebih dari 15 gram / liter.
- 5) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram / liter.
- 6) Tidak mengandung chlorida (cl) lebih dari 0,5 gram / liter.

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari laboratorium jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

#### **d. Abu Layang**

Abu layang adalah bagian dari abu bakar yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku yang menggunakan bahan batubara.(Hidayat,1986)

Abu layang termasuk bahan pozolan buatan [lea. FM 1971(dalam Yatti S. Hidayat,1993)]. Karena sifatnya yang pozolanic, sehingga abu layang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian pemakaian semen, baik untuk adukan maupun untuk campuran beton. Keuntungan lain dari abu layang yang mutunya baik ialah dapat meningkatkan ketahanan / keawetan beton terhadap ion sulfat dan juga dapat menurunkan panas hidrasi semen.

Berdasarkan jenis batu bara yang digunakan bahan bakar, abu layang dibagi dalam 2 kelas (ASTM C 618 – 94a), yakni :

- 1) Kelas F, yakni abu layang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis anthrasit atau bituminous.
- 2) Kelas C, yakni abu layang yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis lignit atau sub bituminous.

Adapun susunan kimia dan sifat fisik abu layang menurut ASTM C 618

– 91 dapat dilihat pada Tabel berikut :

**Tabel 2.6 Susunan Kimia dan Sifat Fisik Abu Layang**

Uraian	Kelas F (%)	Kelas C (%)
A. Susunan Kimia		
1. Silikon dioksida, min	54,90	39,90
2. Silikon dioksida + Aluminium oksida + Besi oksida min	70,00	50,00
3. Sulfur Trioksida, maks	5,0	5,0
4. Kadar Air, maks	3,0	3,0
5. Hilang Pijar, maks	6,0	6,0
6. Na <sub>2</sub> O, maks	1,5	1,5
B. Sifat Fisik		
1. Kehalusan sisa diatas ayakan 45 um, maks	34,0	34,0
2. Indeks keaktifan pozolon dengan PC I, pada umur 28 hari, min	75,0	75,0
3. Air, maks	105,0	105,0
4. Pengembangan dengan Autoclave, maks	0,8	0,8

[ASTM C 618 – 91 (dalam Husin,1998)]

**Tabel 2.7 Komposisi Kimia Abu Layang PLTU Paiton**

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji <i>Fly ash</i> PLTU Paiton
1	Berat Jenis	g/cm <sup>3</sup>	1,43
2	Kadar air	% Berat	0,20
3	Hilang Pijar	% Berat	0,43
4	SiO <sub>2</sub>	% Berat	62,49
5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Berat	6,36
6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% Berat	16,71
7	CaO	% Berat	5,69
8	MgO	% Berat	0,79
9	S(SO <sub>4</sub> )	% Berat	7,93

(Rahmi, 2005)



berlubang. Bahan ikat ini diharapkan mampu menjadi bahan ikat pengganti semen, atau setidaknya menjadi bahan ikat yang mampu menghasilkan bata beton berlubang yang memenuhi kuat tekan minimum sesuai persyaratan untuk bata beton berlubang.

### **5. Mortar penyusun Bata beton berlubang**

Mortar adalah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, dan air. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur maupun semen portland.

Mortar dapat dibedakan menjadi 4 macam (Tjokrodinuljo,1996), yakni:

- a. Mortar lumpur dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air.
- b. Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur dan air
- c. Mortar semen dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan yang tepat.
- d. Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar (b) dan (c) diatas dengan tujuan tertentu.

Menurut ASTM C 270 (dalam Ibnu, 2006) standar mortar berdasarkan kekuatannya dibedakan sebagai berikut :

- a. Mortar tipe M

Mortar tipe M adalah adukan dengan kuat tekan yang tinggi, dipakai untuk dinding bata bertulang, dinding dekat tanah, pasangan pondasi, adukan pasangan pipa air kotor, adukan dinding penahan dan adukan untuk jalan. Kuat tekan minimumnya adalah  $175 \text{ kg/cm}^2$

b. Mortar tipe N

Mortar tipe N adalah adukan kuat tekan sedang, dipakai bila tidak disyaratkan menggunakan tipe M, tetapi diperlukan daya rekat tinggi serta adanya gaya samping. Kuat tekan minimumnya adalah  $124 \text{ kg/cm}^2$

c. Mortar tipe S

Mortar tipe S adalah adukan dengan kuat tekan sedang, dipakai untuk pasangan terbuka diatas tanah. Kuat tekan minimumnya adalah  $52,5 \text{ kg/cm}^2$

d. Mortar tipe O

Mortar tipe O adalah adukan dengan kuat tekan rendah, dipakai untuk konstruksi dinding yang tidak menahan beban yang lebih dari  $7 \text{ kg/cm}^2$  dan gangguan cuaca tidak berat. Kuat tekan minimumnya adalah  $24,5 \text{ kg/cm}^2$

e. Mortar tipe K

Mortar tipe K adalah adukan dengan kuat tekan rendah, dipakai untuk pasangan dinding terlindung dan tidak menahan beban, serta tidak ada persyaratan mengenai kekuatan. Kuat tekan minimumnya adalah  $5,25 \text{ kg/cm}^2$

Pembuatan mortar dilakukan setelah terlebih dahulu dilakukan uji sebar mortar. Uji sebar mortar dilakukan pada masing-masing variasi komposisi campuran bahan susun mortar yang tujuannya adalah mencari dan menentukan faktor air kapur (fak) yang sesuai sehingga didapatkan diameter uji sebar mortar rata-rata (dr) dari 4 kali pengukuran harus sebesar  $1 - 1,15$  diameter cincin meja uji sebar. Diameter cincin uji sebar adalah  $10 \text{ cm}$ , jadi diameter rata-rata maksimum yang diijinkan adalah  $11,5 \text{ cm}$  (Tjokrodimulyo, 1996). Nilai kumulatif prosentase diameter rata-rata (dr) terhadap diameter maksimal dari uji sebar yang diijinkan adalah antara  $70\% - 110\%$  dari diameter maksimal cincin sebar.

Pada penelitian ini mortar yang dipakai adalah jenis mortar khusus, yakni mortar kapur yang ditambah dengan abu layang.

Tujuan dari penelitian mortar ini adalah untuk mengetahui kekuatan mortar kapur yang ditambah dengan abu layang apabila dijadikan sebagai adukan/spesi.

## **6. Penelitian pemanfaatan Abu layang**

Dari penelitian Hidayat dan Husin (1990) tentang pemanfaatan abu layang untuk genteng, menunjukkan bahwa :

- a. Penambahan abu layang pada pembuatan genteng beton sebanyak 0%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat semen; memberikan kededapan air yang memenuhi syarat SII 04447 – 81
- b. Penambahan abu layang kedalam adukan genteng tidak meningkatkan beban lentur genteng, karena bentuk dari abu layang yang halus dan bundar tidak mendukung ketahanan lentur dari genteng.
- c. Pemakaian abu layang untuk genteng beton dengan ketebalan 1,6 cm dapat memenuhi persyaratan SII 04447 – 81 dengan tingkat mutu II
- d. Keuntungan penambahan abu layang pada genteng beton dapat meningkatkan kemudahan pengerjaan dan menmgghaluskan permukaan, tetapi belum dapat meningkatkan beban lentur.

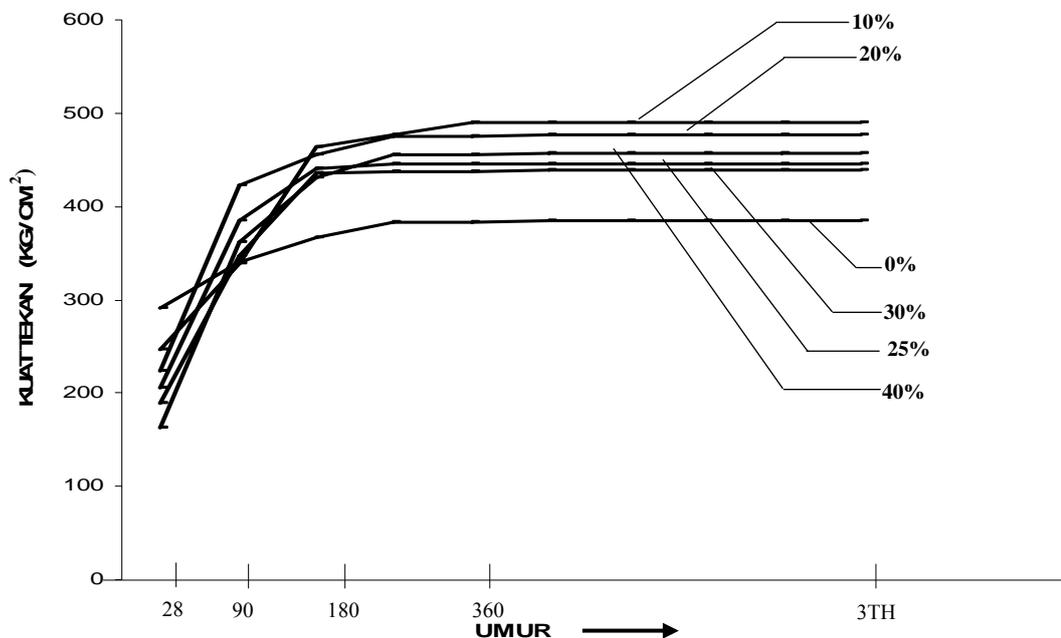
Dari penelitian Hidayat (1993) tentang Penelitian mutu beton abu layang pada lingkungan yang agresif (pantai dan laut) dengan variasi penambahan abu layang 0%, 10%, 20%, 25%, 30%, dan 40% terhadap berat semen menunjukkan bahwa :

- a. Kuat tekan beton abu layang pada umur muda (kurang dari 28 hari) lebih rendah dari pada kuat tekan beton normal.

- b. Kondisi penyimpanan beton yang berbeda memberiakan pertambahan kekuatan yang berbeda pula. Kubus beton yang direndam di dalam air alut dan yang disimpan di tepi pantai memberikan pertambahan kekuatan yang lebih lambat dibandingkan yang dipelihara di laboratorium. Kuat tekan beton normal sudah mampu dilampaui abu layang pada umur 56 hari, bila dipelihara di laboratorium. Beton abu layang yang disimpan di tepi pantai kuat tekannya baru bisa melampaui beton normal pada umur 280 hari. Sedangkan beton abu layang yang direndam di air laut kuat tekannya baru bisa malampaui beton normal pada umur diatas 330 hari.
- c. Untuk kubus beton yang disimpan di laboratorium baik beton normal maupun beton abu layang menunjukkan penambahan kekuatan tekan sampai dengan umur 3 tahun, dan setelah itu kekuatannya konstan. Sedangkan untuk beton yang disimpan di tepi pantai dan yang direndam di laut, kuat tekan pada umur 3 tahun lebih rendah daripada sebelumnya. Hal ini kemungkinan disebabkan karena proses perusakan oleh lingkungan (air laut dan pantai) lebih kuat daripada daya tahan betonnya yang tidak direncanakan dahulu untuk lingkungan yang agresif.
- d. Perhitungan standar skor yang menghasilkan campuran beton optimal untuk digunakan di tepi pantai adalah yang memakai abu layang sebanyak 20% dari berat semen, dengan jumlah skor 2,561. Sedangkan yang baik untuk direndam di laut adalah campuran yang memakai abu layang sebanyak 10% terhadap berat semen, dengan jumlah skor 3,269.

**Tabel 2.8 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Abu layang (Hidayat,1993)**

Kondisi Penyimpanan	Fly ash (%)	Kuat Tekan Rata-rata K. 175 (kg / cm <sup>2</sup> )				
		28 hr	90 hr	180 hr	1 th	3 th
Laboratorium	0	291	341	367	383	384
	10	246	339	463	477	480
	20	223	422	455	475	477
	25	205	384	441	446	446
	30	189	347	436	441	443
	40	162	362	430	475	457
Pantai	0	291	359	382	456	403
	10	246	341	368	472	430
	20	223	275	353	460	404
	25	205	282	473	469	402
	30	189	264	389	415	345
	40	162	233	379	403	405
Laut	0	291	323	437	447	386
	10	246	269	401	493	391
	20	223	287	405	496	352
	25	205	292	386	447	336
	30	189	287	378	390	326
	40	162	211	347	386	377



Gambar 2.1 Hubungan antara kuat tekan dengan umur kubus beton normal dan beton abu layang yang direndam dalam air tawar di laboratorium (Hidayat, 1993)

Dari penelitian Suhud (1998) tentang beton mutu tinggi, menunjukkan bahwa abu layang berperan sebagai pengisi ruang kosong (rongga) diantara butiran – butiran semen dan memberikan sifat hidrolis pada kapur bebas yang dihasilkan pada waktu hidrasi, maka abu layang seharusnya tidak hanya menambah kekedapan dan kemudahan pangerjaan, tetapi juga dapat menambah kekuatan beton.

### **7. Penelitian Semen *Fly ash* Kapur (SFK)**

Semen *fly ash* kapur adalah suatu bahan hidrolis yang dibuat dengan menggiling halus bahan *fly ash* (abu layang) dengan kapur padam atau yang dibuat dengan mengaduk secara cermat dan merata suatu bahan *fly ash* halus dan kapur padam.

Dari penelitian Nadhiroh dan Lasino (1993) tentang pembuatan semen pozolan kapur dengan membuat 3 variasi kubus mortar menunjukkan bahwa kuat tekan mortar I > mortar II > mortar III. Mortar I mempunyai komposisi campuran 1 kapur : 2 *fly ash*; mortar II, 1 kapur : 3 *fly ash*; dan mortar III, 1 kapur : 4 *fly ash*. Ini berarti bahwa mortar I mempunyai kadar kapur yang cukup sebagai bahan pengikat dibanding mortar II dan III, untuk membentuk reaksi kimia dengan alumina dan silika dari *fly ash* yang terlarut dalam mortar tersebut .

Kekuatan tersebut menurut teori akan bertambah dengan bertambahnya umur, sehingga makin banyaknya jumlah silika dan alumina terlarut yang menunjukkan bahwa kandungan zat tersebut telah bereaksi dengan kapur. Jadi penambahan kekuatan akan bersamaan dengan penambahan zat terlarut, biasanya sampai umur 6 bulan. Hal ini juga ditunjukkan dari hasil analisa mineralogi

bahwa mortar I mempunyai kandungan portlandite yang lebih banyak daripada mortar lainnya (Nadhiroh dan Lasino, 1993).

Kandungan kwarsa mortar I lebih kecil dari mortar II dan III, berarti kemungkinan belum banyak silika yang bereaksi dengan kapur, dimana jumlah air juga sangat mempengaruhi / menentukan dari proses reaksinya. Adanya kalsit membuktikan larutan kapur yang jenuh bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  dan udara / air, sehingga terbentuk padatan yang keras dari  $\text{CaCO}_3$ . larutan ini terjadi kemungkinan karena tidak tereaksi atau reaksi belum sempurna.

#### **8. Penelitian pemanfaatan kapur sebagai bahan substitusi pada pembuatan bata beton berlubang**

Dari hasil penelitian Idris dan Lasino (1993), tentang pemanfaatan limbah kapur industri soda sebagai bahan substitusi pada pembuatan bata beton berlubang, paving block, dan genteng beton, menunjukkan bahwa sifat – sifat fisis bata beton berlubang dengan bahan substitusi limbah kapur sangat baik, terlihat dengan kemampuan menahan beban tekan dan daya serap terhadap air yang relatif kecil.

Sifat penyerapan air ini juga dapat digunakan sebagai parameter terhadap porus dan padatnya suatu adukan, dimana dalam aplikasinya dapat mempengaruhi sifat kededapan dan keawetan bahan terutama untuk bagian konstruksi yang memerlukan kedap air, karena kededapan merupakan fungsi dari keawetannya, karena semakin sulit ditembus oleh bahan-bahan perusak seperti sulfat, chlorida, dan lain sebagainya.

Hasil uji tekan dan serapan air bata beton berlubang pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 2.9

**Tabel 2.9 Hasil Uji Kuat Tekan dan Serapan Air Bata beton berlubang (Idris dan Lasino,1993)**

No	Campuran *)	Beban maks. (ton)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Penyerapan air (%)
			Masing-masing	Rata-rata
1	1 : 8	20,70	53,2	11,7
2		21,30	54,5	
3		19,05	48,7	
1	1 : 10	16,30	41,7	13,4
2		15,20	39,1	
3		16,10	41,2	
1	1 : 12	10,80	27,6	13,6
2		9,60	24,7	
3		10,30	26,5	
1	1 : 14	7,80	20,0	15,2
2		8,00	20,5	
3		6,20	15,9	

\*) campuran terdiri dari semen : agregat (40% limbah kapur dan 60% pasir)

## B. Pemikiran Dasar

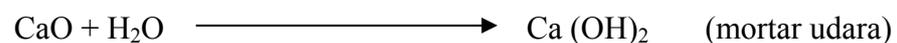
Bata beton berlubang merupakan bahan bangunan yang terbuat dari campuran semen portland, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambah. Bata beton berlubang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk penyekat dinding, Pembuatan dan ukuran ketebalan bata beton berlubang pada penelitian ini adalah 12 cm x 15 cm x 30 cm.

Bahan baku pembuatan bata beton berlubang dalam penelitian ini adalah kapur, pasir, air dan abu layang. Pemeriksaan terhadap kapur dilakukan melalui pengujian kehalusan butiran sesuai dengan syarat – syarat dan cara – cara pengujian kapur tercantum dalam “ Kapur Bahan Bangunan “ (NI.7) Yayasan dana Normalisasi Indonesia. ( Ilmu Bahan Bangunan 1977: 91 ). Pemeriksaan

terhadap pasir meliputi: pemeriksaan gradasi, berat jenis pasir, kandungan lumpur, dan kekekalan butir pasir. Pemeriksaan terhadap air dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung kotoran, minyak dan zat organik lainnya. Pemeriksaan terhadap abu layang dilakukan dengan memeriksa kehalusan butirannya

Abu layang memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolis seperti pozzolon. Dengan sifat pozzolon, maka dapat mengubah kapur bebas [  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ] menjadi mortar hidrolis.

Karena bersifat pozzolon, maka Abu layang yang 70% bahan penyusunnya (Kelas F) terdiri dari Silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminium trioksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan Ferrum trioksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dapat melakukan ikatan dengan kapur membentuk mortar hidrolis yang tidak lain adalah bahan ikat, proses ini bisa dijelaskan dengan reaksi berikut :



Mula – mula kapur tohor atau kapur hidup ( $\text{CaO}$ ) bereaksi dengan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) membentuk mortar udara  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Mortar udara ini merupakan bagian terlemah dalam beton, semakin banyak mortar udara yang terbentuk maka mutu beton semakin rendah. Tahapan berikutnya adalah reaksi yang terjadi antara mortar udara dengan abu layang (sebagian besar bahan penyusunnya adalah oksida – oksida logam) membentuk mortar hidrolis sebagai berikut :

1.  $3\text{CaOSiO}_2$  (C3S)            Trikalsium Silikat
2.  $2\text{CaOSiO}_2$  (C2S)            Dikalsium Silikat

3.  $\text{CaOAl}_2\text{O}_3$  (C3A)      Trikalsium Aluminat
4.  $\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$  (C4AF)      Tetrakalsium Alumina Ferrit

Keempat senyawa tersebut adalah bahan – bahan utama penyusun semen dengan hampir 70% terdiri dari Trikalsium Silikat (C3S) dan Dikalsium Silikat (C2S).

Dengan pemikiran bahwa semakin banyak konsentrasi abu layang dan kapur yang berikatan, semakin banyak pula jumlah mortar hidrolis yang terbentuk diharapkan mampu menghasilkan bahan ikat baru yang merupakan bahan ikat alternatif pengganti semen.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Bahan**

Bahan susun bata beton berlubang :

1. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur tohor klas I yang umum dipakai untuk bahan bangunan dengan berat 5 kg.
2. Pasir yang digunakan adalah pasir Muntilan
3. Air yang digunakan adalah air dari instalasi air bersih Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
4. Abu layang yang digunakan adalah abu layang yang berasal dari PLTU Paiton, Jawa timur

#### **B. Alat**

1. Ayakan
  - a. Ayakan dengan diameter berturut-turut 4,8 mm, 2,40 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar.
  - b. Ayakan no. 0,074 mm digunakan untuk pemeriksaan abu layang.
2. Timbangan digunakan dengan merk Radjin untuk menimbang bahan susun adukan beton.
3. Gelas ukur, digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan untuk adukan bata beton berlubang.

4. Stop watch, digunakan untuk pengukuran waktu pengujian.
5. Picknometer, digunakan untuk mencari berat jenis pasir dengan kapasitas 500 gram.
6. Oven dengan merk Memmert, digunakan untuk memanaskan benda uji.
7. Desikator, digunakan untuk mendinginkan bahan benda uji setelah dikeluarkan dari oven.
8. Mangkok dan sendok digunakan untuk mengaduk pasta mortar
9. Cetakan kubus mortar dengan panjang sisi 5 cm, digunakan untuk mencetak benda uji kubus mortar
10. Jangka sorong, digunakan untuk mengukur semua dimensi benda uji.
11. Mesin aduk beton, digunakan untuk mengaduk bahan susun bata beton berlubang.
12. Cetakan bata beton berlubang , digunakan untuk mencetak benda uji.
13. Mesin uji tekan, digunakan untuk menguji kuat tekan mortar dan bata beton berlubang.

### **C. Variabel Penelitian**

Pada penelitian bata beton berlubang ini pengujian kuat tekan dilakukan sebanyak tiga kali, yakni pada umur 30 hari, 60 hari, dan 90 hari. Penentuan variabel penelitian didasarkan pada penelitian Nadhiroh dan Lasino (1993), dengan melakukan pendekatan terhadap variasi komposisi campuran yang menghasikan kuat tekan optimum (1 kapur : 2 *fly ash*), diharapkan akan didapat data mengenai kenaikan kuat tekan bata beton berlubang secara lebih teliti. Adapun variabel penelitian pada tiap pengujian merupakan rancangan bahan susun untuk bata beton berlubang seperti yang tercantum pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Variabel Penelitian**

Kode Sampel	Air kapur	Komposisi campuran (dalam berat)			Macam Pengujian dan Jumlah Benda Uji		
		Bahan Ikat		Bahan Pengisi	Kuat Tekan	Kuat tekan	Serapan Air
		Fa	Kp	Psr	Mortar	Bata beton berlubang	Bata beton berlubang
A	35%	0	1	6	3	3	3
B	35%	1.30	1	6	3	3	3
C	35%	1.40	1	6	3	3	3
D	35%	1.50	1	6	3	3	3
E	35%	1.60	1	6	3	3	3
F	35%	1.80	1	6	3	3	3

## D. Tahapan Penelitian

### 1. Pengadaan bahan

Persiapan dan pemeriksaan bahan susun bata beton berlubang dilaksanakan di laboratorium Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Bahan-bahan susun bata beton berlubang diantaranya adalah Kapur tohor klas I, pasir Muntilan, abu layang dari PLTU Paiton, Jawa Timur dan air dari instalasi air bersih Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

### 2. Pemeriksaan Bahan

#### a. Pasir

##### 1) *Pemeriksaan Berat Jenis pasir*

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis pasir adalah sebagai berikut:

- a) Mengeringkan pasir dalam tungku pemanas dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap, selanjutnya pasir didinginkan pada suhu ruang kemudian rendam pasir dalam air selama 24 jam.
- b) Setelah 24 jam air rendaman dibuang dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbang, menebarkan pasir dalam talam, kemudian dikeringkan di udara panas dengan cara membolak-balikan pasir sampai kering.
- c) Memasukkan pasir tersebut dalam piknometer sebanyak 500 gr, kemudian masukkan air dalam piknometer hingga mencapai 90% isi piknometer, memutar dan mengguling - gulingkan piknometer sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
- d) Merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar  $25^{\circ}\text{C}$ .
- e) Menambahkan air sampai tanda batas kemudian ditimbang (Bt).
- f) Pasir dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap kemudian didinginkan dalam desikator. Kemudian pasir ditimbang ( Bk )

## 2) *Pemeriksaan Gradasi Pasir*

Tujuan untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir dan modulus kehalusan pasir.

Alat : satu set ayakan 4,8mm, 2,4 mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm, 0,15mm, timbangan, alat penggetar.

Langkah-langkah pemeriksaan gradasi halus pasir adalah sebagai berikut :

- a) Mengeringkan pasir dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}$  C sampai beratnya tetap.
- b) Mengeluarkan pasir dalam oven didinginkan dalam desikator selama 3 jam.
- c) Menyusun ayakan sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan paling atas yaitu : 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15mm.
- d) Memasukkan pasir dalam ayakan paling atas, tutup dan diayak dengan cara digetarkan selama 10 menit kemudian diamkan pasir selama 5 menit agar pasir tersebut mengendap.
- e) Pasir yang tertinggal dalam masing-masing ayakan ditimbang beserta wadahnya.
- f) Gradasi pasir yang diperoleh dengan menghitung komulatif prosentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan prosentase komulatif butir yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

### 3) *Pemeriksaan kandungan lumpur*

Tujuan dari pengujian kandungan lumpur adalah untuk mengetahui banyaknya kandungan lumpur dalam pasir.

Alat : gelas ukur, timbangan, cawan, pipet, dan oven.

Langkah - langkah pemeriksaan kadar lumpur adalah sebagai berikut:

- a) Mengambil pasir yang telah kering oven selama 24 jam dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  seberat 100 gr ( $G_1$ ).
- b) Mencuci pasir dengan air bersih yaitu dengan memasukkan pasir kedalam gelas ukur 250 cc setinggi 12 cm diatas permukaan pasir. Kemudian diguling-gulingkan 10 kali dan didiamkan selama 2 menit. Air yang kotor dibuang tanpa ada pasir yang ikut terbang, langkah ini dilakukan sampai air tampak jernih.
- c) Menuangkan pasir kedalam cawan kemudian membuang sisa air dengan pipet setelah itu pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- d) Setelah 24 jam pasir dikeluarkan dalam oven dan didinginkan hingga mencapai suhu kamar kemudian pasir ditimbang ( $G_2$ ).

#### **4) *Pengujian kekekalan butir pasir***

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kekal pasir dari cuaca. Alat yang digunakan : saringan 0,074mm, timbangan, gelas ukur.  
Bahan : pasir, larutan jenuh  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan larutan jenuh  $\text{MgSO}_4$ .

Langkah - langkah pemeriksaannya adalah sebagai berikut:

- a) Mengambil sampel agregat yang telah dicuci dan keringkan dalam oven sebanyak 300 gr selama 24 jam. Setelah 24 jam pasir dikeluarkan dari oven dan dibiarkan dingin kemudian masukkan pasir dalam 3 buah gelas sehingga masing – masing gelas berisi 100 gr dan diisi larutan jenuh  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{MgSO}_4$ . pada masing masing gelas.

- b) Setelah itu direndam selama 24 jam kemudian sampel pasir dicuci diatas ayakan 0,075 mm hingga air tampak jernih.
- c) Sisa sampel yang tersisa dimasukkan kembali dalam oven hingga beratnya tetap lalu ditimbang.

**b. Kapur**

Kapur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kapur tohor kelas I, sehingga pemeriksaan terhadap kapur didasarkan pada syarat – syarat dan cara – cara pengujian kapur tercantum dalam “ Kapur Bahan Bangunan “ (N 1.7) Yayasan Dana Normalisasi Indonesia. (Ilmu Bahan Bangunan, 1977; hal. 91).

**c. Air**

Pemeriksaan terhadap air dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari laboratorium jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

**d. Abu layang**

Pemeriksaan terhadap abu layang dilakukan dengan cara visual yaitu abu layang yang berwarna kelabu serta lolos ayakan 0,074 mm dan didukung dengan hasil penelitian abu layang dari Laboratorium MIPA yang menggunakan jenis abu layang yang sama.

Abu layang yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu layang dari PLTU Paiton, Jawa Timur.

### **3. Proses Pembuatan Benda Uji Kubus Mortar**

#### **a. Pembuatan Adukan Mortar**

- 1) Menuangkan air kedalam mangkok pengaduk dengan air kapur 8% s/d 10%, kemudian dimasukkan perlahan – lahan contoh kapur dan abu layang pada komposisi yang telah direncanakan, dibiarkan bahan – bahan tersebut dalam mangkok pengaduk selama 30 detik.
- 2) Mengaduk campuran tersebut dengan menggunakan sendok pengaduk selama 30 detik sehingga campuran tersebut terlihat homogen.
- 3) Menyiapkan pasir sesuai dengan perbandingan yang telah direncanakan, lalu dimasukkan sedikit – demi sedikit kedalam mangkok yang berisi kapur, abu layang dan air sambil diaduk dalam kecepatan yang sama selama  $\pm 30$  detik.
- 4) Pengadukan dihentikan , mortar yang menempel dibibir dan bagian atas mangkok dibersihkan, selanjutnya mortar dibiarkan selama  $\pm 75$  detik dalam mangkok pengaduk yang ditutup.

#### **b. Uji Sebar Pasta Mortar**

- 1) Meletakkan cincin sebar di atas meja sebar, lalu diisi dengan pasta mortar sampai penuh. Pengisian dilakukan 2 lapis, setiap lapis dipadatkan  $\pm 20$  kali dengan alat pemadat
- 2) Meratakan permukaan atas mortar dalam cincin sebar dan dibersihkan mortar yang menempel dibagian luar cinicn sebar
- 3) Cincin sebar diangkat perlahan–lahan, sehingga di atas meja sebar terbentuk kerucut terpancung

- 4) Meja sebar digetarkan sebanyak  $\pm 25$  kali selama 15 detik, dengan tinggi jatuh  $\frac{1}{2}$  inch (12,7 mm).
- 5) Mengukur diameter mortar di atas meja sebar minimal 4 tempat yang berlainan, lalu dihitung diameter rata – rata (dr) mortar.

### **c. Pembuatan Benda Uji Kubus Mortar**

Setelah pembuatan pasta mortar selesai, pekerjaan selanjutnya mencetak benda uji dengan langkah – langkah kerja sebagai berikut :

- 1) Mengaduk kembali mortar yang didalam mangkok sampai homogen selama  $\pm 15$  menit.
- 2) Mortar dimasukkan kedalam cetakan kubus, pengisian cetakan dilakukan sebanyak 2 lapis dan setiap lapis dipadatkan  $\pm 32$  kali. Pencetakan kubus mortar harus sudah dimulai paling lama  $2 \frac{1}{2}$  menit setelah pengadukan
- 3) Meratakan permukaan kubus mortar dengan menggunakan sendok perata.
- 4) Setelah itu cetakan dibuka dan mortar dibiarkan selama 24 jam.
- 5) Mengumpulkan kubus – kubus mortar untuk disimpan di tempat tertentu selama masa perawatan.
- 6) Perawatan kubus – kubus mortar dilakukan dengan cara ditutupi dengan karung basah atau disirami air selama 90 hari.

## **4. Proses Pembuatan Bata beton berlubang**

### **a. Menyiapkan bahan susun bata beton berlubang.**

- 1) Menimbang bahan-bahan susun bata beton berlubang yaitu kapur, pasir, abu layang dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran bata beton berlubang.
- 2) Mempersiapkan cetakan bata beton berlubang dan peralatan lain yang dibutuhkan.

**b. Pengadukan campuran bata beton berlubang.**

- 1) Mencampurkan bahan pengisi (agregat), bahan ikat (kapur), abu layang dalam komposisi yang telah direncanakan dalam keadaan kering. Langkah ini dilakukan agar pencampuran antara bahan – bahan tersebut dapat lebih komposit, sehingga diharapkan hasil yang diperoleh maksimal.
- 2) Memasukkan air 80% dari air yang dibutuhkan dengan air kapur 35 % dari berat kapur kedalam campuran kapur, pasir dan abu layang yang telah tercampur dalam keadaan kering pada komposisi yang telah direncanakan
- 3) Ketika masih dalam proses pengadukan sisa air dimasukkan sedikit demi sedikit sampai airnya habis dalam jangka waktu tidak kurang dari 3 menit.
- 4) Pengadukan dilakukan sebanyak satu kali untuk setiap macam campuran dan setiap pengadukan dilakukan pemeriksaan.

**c. Pembuatan Benda Uji**

- 1) Memasukkan adukan bahan bata beton berlubang kedalam cetakan bata beton berlubang yang sebelumnya pada bagian dalam cetakan diberi minyak pelumas.

- 2) Mengisi cetakan dengan adukan bata beton berlubang sampai penuh kemudian dipres. Permukaan bata beton berlubang harus benar-benar dalam keadaan rata pada bagian atas cetakan.
- 3) Setelah dipres, kemudian bata beton berlubang dikeluarkan dari cetakan dan diletakan pada papan untuk sementara waktu. Selanjutnya disimpan pada tempat yang lembab untuk masa perawatan selama 90 hari.

## **5. Perawatan**

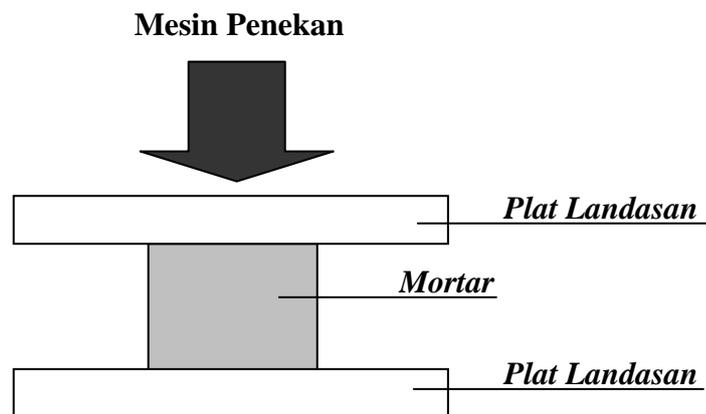
Perawatan bata beton berlubang dilakukan selama 90 hari dengan disimpan didalam ruangan dengan kondisi lembab dan disiram dengan air selama tiga hari 3 hari pertama. Masa perawatan bata beton berlubang 90 hari sebab menggunakan bahan abu layang yang merupakan pozzolon. Bahan yang mengandung pozzolon bila dipakai sebagai pengganti semen portland yang umumnya berkisar antara 20 – 35 % dari berat semen dapat membuat beton tahan terhadap serangan sulfat, garam dan asam. Dengan adanya bahan tambahan yang mengandung pozzolon laju kenaikan kekuatannya lebih lambat daripada beton normal, pada umur 28 hari kekuatan tekan lebih rendah daripada beton normal namun sesudah umur 90 hari kekuatannya dapat sedikit lebih tinggi. (Tjokrodimuljo,1996)

## **6. Pengujian Kuat Tekan Kubus Mortar**

Langkah – langkah pengujian tekan kubus mortar adalah sebagai berikut :

- a. Mengangkat benda uji dari tempat perawatan

- b. Meletakkan benda uji pada mesin penekan, kemudian menekan benda uji tersebut dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji tersebut pecah.



Gambar 3.1 Pengujian Kuat Tekan Mortar

- c. Mencatat dan menghitung besarnya gaya tekan maksimum yang terjadi, selanjutnya dihitung kuat tekan rata – rata benda uji

## 7. Pengujian Serapan Air Bata beton berlubang

Langkah – langkah pengujian serapan air bata beton berlubang adalah sebagai berikut :

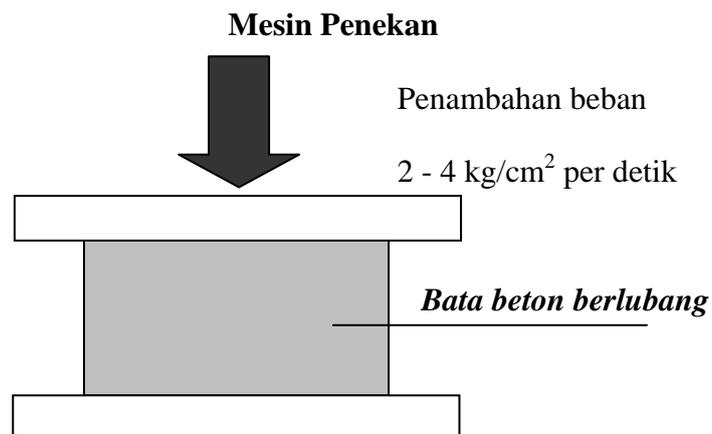
- Bata beton berlubang yang telah berumur 90 hari dan dalam kondisi kering udara dimasukkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}$  selama 24 jam.
- Setelah 24 jam bata beton berlubang dikeluarkan dan didinginkan.
- Bata beton berlubang kering oven ditimbang beratnya ( $W_1$ ).
- Kemudian dilanjutkan dengan merendam selama 24 jam

- e. Setelah 24 jam, bata beton berlubang diangkat dan ditimbang beratnya (W2).

### 8. Pengujian Kuat Tekan Bata beton berlubang

Langkah – langkah pengujian tekan bata beton berlubang adalah sebagai berikut :

- Masing-masing bata beton berlubang diukur panjang, lebar, tinggi dan beratnya
- Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara simetris.
- Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik .



Gambar 3.2 Pengujian Kuat Tekan Bata beton berlubang

- Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian benda uji.

### E. Analisis Data

#### 1. Perhitungan Hasil Penelitian

**a. Berat jenis pasir**

$$\text{BulkSpesifikGrafity} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots \text{pers.1)}$$

$$\text{BulkSpesifikGrafity SSD} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots \text{pers.2)}$$

$$\text{Apparent Spesifik Grafity} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots\dots\dots \text{pers.3)}$$

$$\text{Absorbsi} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots \text{pers.4)}$$

Dimana,

$B_t$  = Berat picnometer berisi pasir dan air

$B_k$  = Berat pasir setelah kering oven

$B$  = Berat picknometer berisi air

500 = Berat pasir dalam keadaan kering permukaan

**b. Kandungan lumpur pada pasir**

$$\text{Kandungan Lumpur} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{pers .5)}$$

Dimana :

$G_1$  = Berat pasir kering oven

$G_2$  = Berat pasir kering setelah di cuci

**c. Kuat tekan kubus mortar**

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots \text{pers.6)}$$

Dimana :

$\sigma_m$  = kuat tekan mortar ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P_{maks}$  = beban maksimum (kg)

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

**d. Kuat tekan bata beton berlubang**

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots pers.7)$$

Dimana :

$f_c$  = kuat tekan bata beton berlubang ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P$  = beban maksimum (kg)

$A$  = luas penampang bata beton berlubang ( $\text{cm}^2$ )

Selanjutnya untuk menghitung kuat tekan rata – rata ( $f'c$ ) dari bata beton berlubang digunakan uji regresi dengan menggunakan fasilitas Microsoft Excel.

**e. Serapan Air**

$$\text{Serapan air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots pers.8)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat bata beton berlubang kering setelah dioven selama 24 jam

$W_2$  = Berat bata beton berlubang setelah direndam dalam air selama 24 jam

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Bata beton berlubang**

##### **1. Kapur**

Pemeriksaan terhadap kapur dilakukan dengan pengujian sesuai syarat dan cara-cara pengujian kapur tercantum dalam “Kapur Bahan Bangunan“(NI.7) Yayasan dana Normalisasi Indonesia. Karena kapur yang dipakai adalah kapur tohor klas I, maka sesuai persyaratan berat kapur yang tertinggal di atas ayakan bujur sangkar dengan diameter 0.88 mm harus  $\leq 5\%$ . Dari hasil pemeriksaan berat kapur yang tertinggal di atas ayakan 0.88 mm  $\pm 4.6\%$  sehingga sudah memenuhi syarat kapur tohor klas I.

##### **2. Abu Layang**

Pemeriksaan terhadap abu layang dilakukan dengan cara visual yaitu abu layang yang berwarna kelabu serta kehalusan butirannya lolos ayakan 0,074 mm (200 Mesh). Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa abu layang yang digunakan berwarna kelabu serta butirannya lolos ayakan 0,074 mm. Dalam pemeriksaan laboratorium abu layang dari PLTU Paiton ini masuk pada Kelas F, karena kandungan oksida silika; alumunium; dan besi dari abu layang yang dihasilkan lebih dari 70% (85,56%), sehingga telah memenuhi standar abu layang menurut ASTM C 618 – 91.

### **3. Air**

Pemeriksaan terhadap air juga dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa air dari laboratorium jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang dalam kondisi tidak berwarna dan tidak berbau, sehingga dapat digunakan karena telah memenuhi syarat SK SNI –S– 04 – 1989 – F.

### **4. Pasir**

#### **a. Berat Jenis Pasir**

Untuk pemeriksaan berat jenis pasir dilakukan dengan 2 sampel, kemudian dirata-rata. Pada kondisi kering didapat berat jenis rata-rata pasir Muntilan sebesar 2,566 (lampiran 3).

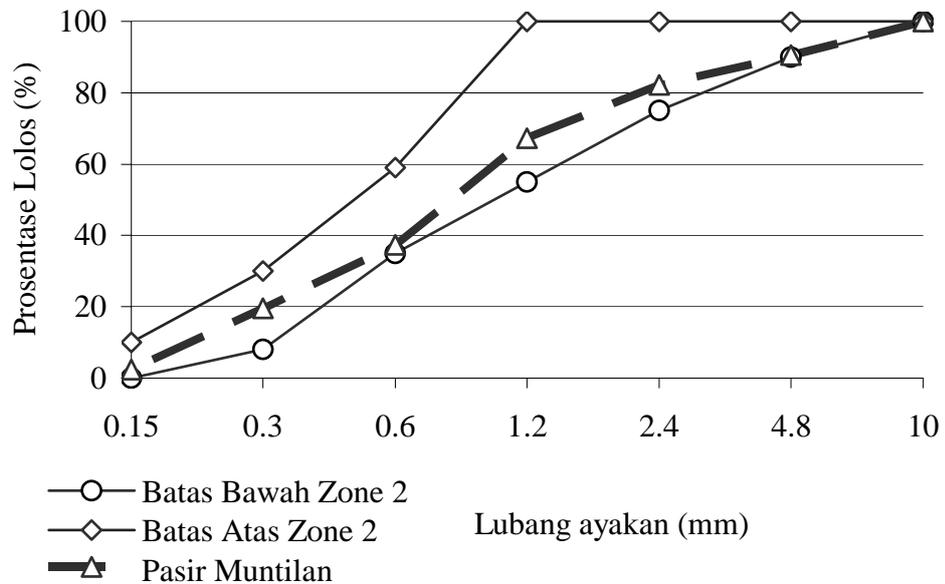
Berat jenis pasir Muntilan yang dipakai termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya antara 2,5-2,7), sehingga dapat dipakai untuk beton normal dengan kuat tekan 15-40 MPa (Tjokrodinuljo, 1996).

#### **b. Gradasi Pasir**

Hasil pemeriksaan gradasi pasir Muntilan menunjukkan bahwa pasir Muntilan yang dipakai masuk pada zone 2, yakni Pasir agak kasar (lampiran 3).

Modulus kehalusan pasir 3,01 (Menurut SK SNI – S – 04 – 1989 - F antara 1,5 sampai 3,8), sehingga telah memenuhi syarat.

Dari analisis uji gradasi pasir Muntilan masuk di Zone 2 (agak kasar).



Gambar 4.1 Grafik Uji Gradasi Pasir Muntilan (Zone 2)

c. Kadar Lumpur Pasir

Untuk pemeriksaan kadar lumpur pasir dilakukan dengan 2 sampel, kemudian dirata-rata. Pada kondisi kering didapat kadar lumpur rata-rata pasir Muntilan sebesar 3,13 % < 5%, sehingga telah memenuhi syarat SK SNI – S – 04 – 1989 – F (lampiran 5).

d. Kekekalan Butir Pasir

1) Dengan Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

Untuk pemeriksaan kekekalan butir pasir menggunakan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dilakukan dengan 2 sampel, kemudian dirata-rata. Pada kondisi kering didapat kekekalan butir rata – rata pasir Muntilan dengan menggunakan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sebesar

6,2 % < 12%, sehingga kekekalan butiran pasir Muntilan yang dipakai telah memenuhi syarat SK SNI – S – 04 – 1989 – F (lampiran 6).

## 2) Dengan Magnesium Sulfat ( $MgSO_4$ )

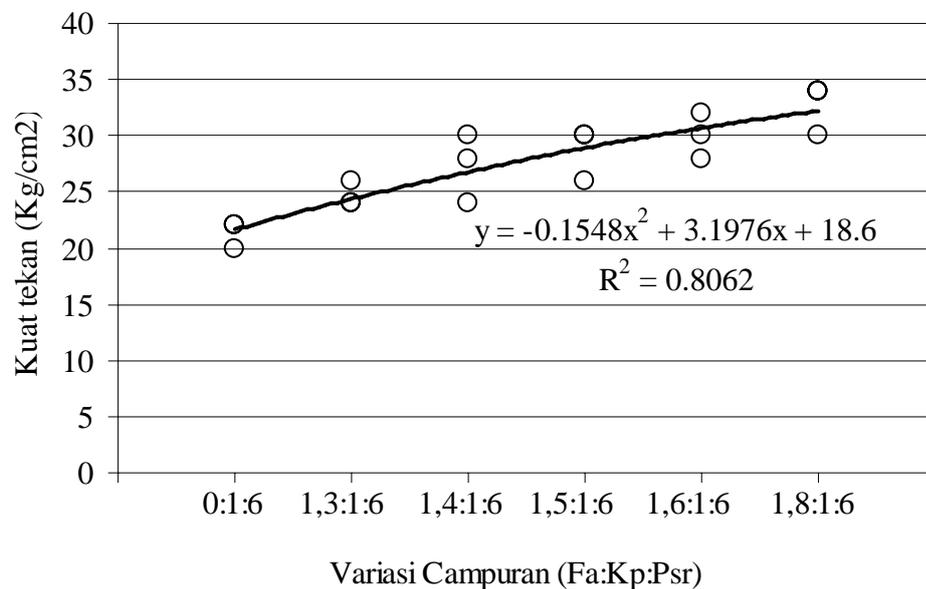
Untuk pemeriksaan kekekalan butir pasir menggunakan  $MgSO_4$  dilakukan dengan 2 sampel, kemudian dirata-rata. Pada kondisi kering didapat kekekalan butir rata-rata pasir Muntilan dengan menggunakan  $MgSO_4$  sebesar 7,19 % < 10%, sehingga kekekalan butiran pasir Muntilan yang dipakai telah memenuhi syarat SK SNI – S – 04 – 1989 – F (lampiran 7).

## B. Hasil Uji Sebar

Dari uji sebar pada fas 0,35 didapat diameter rata – rata (dr) 121% diameter maksimal cincin uji sebar. Hasil ini menunjukkan bahwa pada fak 0,35 mortar terlalu kering dan sulit untuk dikerjakan. Untuk mendapatkan fak yang sesuai, maka dilakukan uji sebar pada tiap – tiap variasi campuran, dimana harus dicapai diameter rata – rata (dr) 75% - 110% diameter maksimal cincin sebar. Hasil dari uji sebar dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari uji sebar didapatkan fak 1,3. Hasil ini merubah *mix design* awal yang direncanakan menggunakan fak 0.35.

## C. Kuat Tekan Mortar

Uji kuat tekan mortar dilaksanakan setelah mortar dalam masa perawatan 90 hari. Hasil dari penelitian tersebut dapat dilihat pada lampiran 12. Sedangkan hubungan antara kuat tekan mortar dengan komposisi disajikan dalam gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hubungan Kuat Tekan Dengan Variasi Komposisi Campuran Kubus Mortar Umur 90 hari

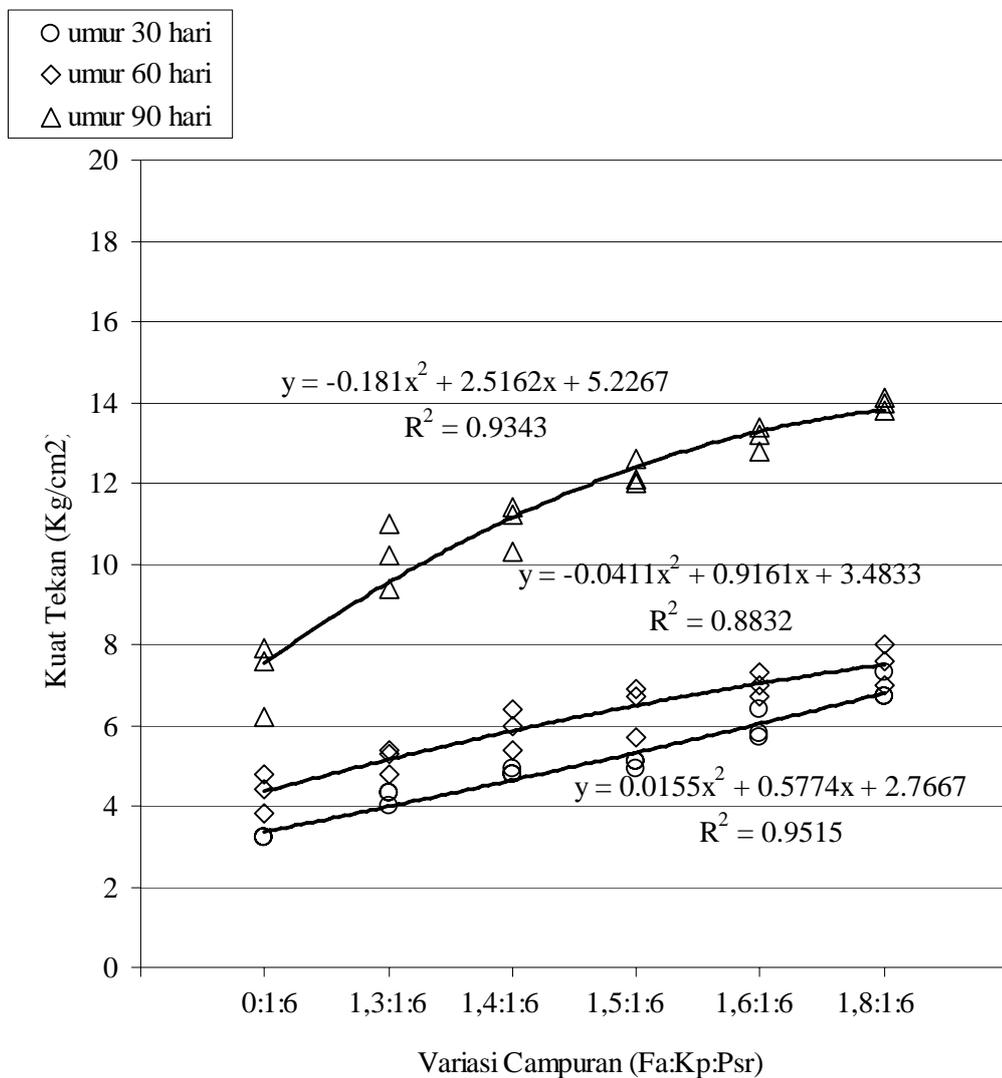
Dari gambar 4.2 terlihat bahwa kuat tekan mortar mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi abu layang.

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan perkiraan awal bahwa semakin banyak jumlah kapur dan abu layang yang dicampurkan, maka semakin banyak pula produksi CSH (Calsium Silikat Hidrat) yang dihasilkan. Dengan bertambahnya jumlah CSH, maka bisa dipahami penambahan abu layang berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Nadhiroh dan Lasino yang membuktikan bahwa komposisi semen *fly ash* kapur yang ideal adalah 1 kapur : 2 *Fly ash*, sedangkan dalam penelitian ini, *fly ash* yang dipakai semakin mendekati angka ideal tersebut, sehingga bisa dipahami kalau kuat tekannya semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi abu layang.

#### D. Kuat Tekan Bata beton berlubang

Efek dari penggunaan pozolan baru nampak pada umur 90 hari (Shetty, 1978) namun demikian pengujian dilakukan tiga kali, pada umur 30, 60, dan 90 hari dengan maksud agar laju kenaikan kuat tekan bata beton berlubang pada rentang waktu 30 hari s/d 90 hari dapat diamati. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.3 Hubungan Kuat Tekan Dengan Variasi Komposisi Campuran Bata beton berlubang Umur 30 hari, Umur 60 hari dan Umur 90 hari

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa kuat tekan bata beton berlubang mengalami kenaikan seiring bertambahnya umur dan komposisi campurannya.

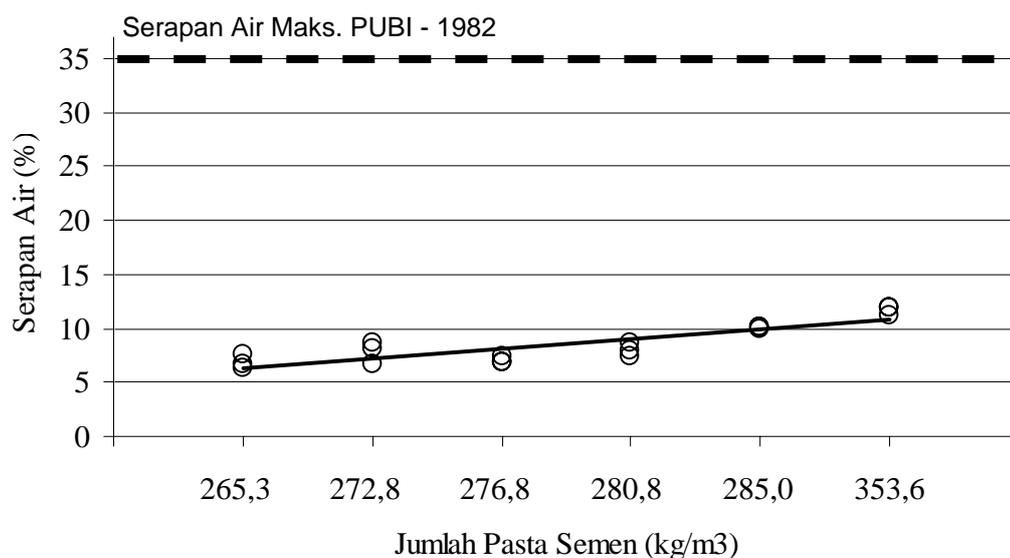
Hasil penelitian tersebut sesuai dengan teori pengerasan kapur (dalam Ilmu Bahan Bangunan, 1977) yang menyebutkan bahwa kemampuan kapur untuk mengeras terjadi karena kekuatan hidroliknya, yaitu suatu perbandingan antara CaO dengan jumlah ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), perbandingan ini disebut modulus hidrolik. Semakin kecil modulus hidrolik makin besar kemampuan kapur itu untuk mengeras di dalam air. Jumlah ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dalam kapur hanya sekitar  $\pm 10.88\%$ , dengan penambahan abu layang yang mempunyai kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) lebih dari 80%, maka akan memperkecil angka modulus hidrolik, sehingga bisa dimengerti semakin banyak kadar abu layang, semakin meningkat pula kekerasannya.

Meskipun kenaikan kuat tekan pada umur 90 hari cukup signifikan, akan tetapi belum mencapai kuat tekan minimum untuk bata beton berlubang (kelas A1 minimum  $20 \text{ kg/cm}^2$ ). Hal ini sesuai dengan penelitian Nadhiroh dan Lasino (1993), yang menyatakan bahwa kekuatan semen *fly ash* kapur akan bertambah dengan bertambahnya umur, sehingga makin banyaknya jumlah silika dan alumina yang terlarut yang menunjukkan bahwa kandungan zat tersebut telah bereaksi dengan kapur. Jadi penambahan kekuatan akan bersamaan dengan penambahan zat terlarut, biasanya sampai umur 6 bulan.

### E. Serapan Air Bata beton berlubang

Uji serapan air dilaksanakan dengan cara bata beton berlubang dioven pada suhu  $110^{\circ}$  selama 24 jam, kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Hal ini didasarkan pada pendapat Neville (1977) yang menyatakan bahwa serapan air akan mencapai angka ekstrim apabila pengeringan dilakukan pada suhu tinggi, karena akan menghilangkan kandungan air dalam beton, adapun pengeringan pada suhu biasa tidak mampu mengeluarkan seluruh kandungan air.

Hubungan antara serapan air dengan jumlah pasta semen pada umumnya tampak seperti gambar 4.4



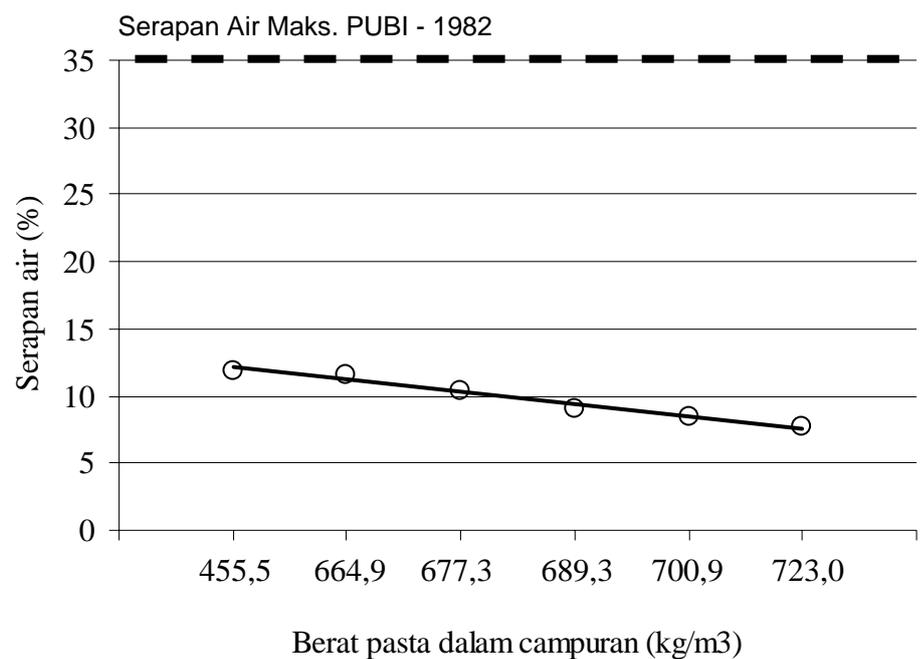
Gambar 4.4 Hubungan Serapan Air Dengan Berat Pasta  
(Joko Prakoso,2006)

Dari gambar 4.4 terlihat bahwa semakin banyak jumlah pasta semen, maka serapan air yang terjadi semakin besar. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Troxell, (dalam Hery Suroso,2001) bahwa pengeringan beton dengan cara dipanaskan mengakibatkan kandungan air bebas dalam beton dan sekaligus air

dalam bentuk koloid (berukuran 0,000001 – 0,002 mm) yang lebih kenyal yang terikat dalam pasta akan menguap. Kondisi penguapan kandungan air dalam beton tersebut selanjutnya menimbulkan kerusakan pada pasta. Dengan semakin banyak jumlah pasta, maka kerusakan yang terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga beton menjadi lebih porus dan serapan air semakin besar.

Apabila mengacu pada penelitian Abdurachim Idris dan Lasino (1993), maka serapan air semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah pasta.

Hasil dari penelitian ini dapat dilihat pada lampiran 11, sedangkan hubungan antara jumlah pasta dan serapan air disajikan dalam gambar 4.5



Gambar 4.5 Hubungan Serapan Air Dengan Variasi Komposisi Campuran Bata beton berlubang

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa semakin banyak jumlah pasta, maka serapan air yang terjadi semakin kecil.

Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian Idris dan Lasino. Kondisi yang membuat hasil penelitian ini berbeda adalah karena penggunaan abu layang dalam konsentrasi tinggi. Angka modulus hidrolis seperti telah disinggung di atas, sebenarnya mempunyai batasan yang memungkinkan kombinasi antara kapur dan abu layang efektif dijadikan bahan ikat. Apabila mengacu pada angka modulus hidrolis semen seperti diungkapkan Michaels, (dalam Wuryati dan Candra, 2001) bahwa untuk mendapatkan ikatan hidrolis yang baik, perbandingan antara CaO dengan jumlah ( $\text{SiO}_2$ ), ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (dalam satuan berat) memiliki harga antara 1,8 s/d 2,2.

Angka modulus hidrolis untuk masing – masing benda uji dari komposisi 1 s/d komposisi 6 (perhitungan ada pada lampiran 13) berturut-turut adalah 5.06, 0.54, 0.51, 0.48, 0.46, dan 0.42. Semakin kecilnya angka modulus hidrolis ini bisa dimengerti karena terjadinya penambahan konsentrasi abu layang. Mengingat bahwa angka modulus hidrolis efektif berkisar antara 1,8 s/d 2,2, maka jika angka modulus hidrolis lebih kecil dari itu berarti ada sebagian abu layang yang tidak lagi efektif sebagai bahan ikat, akan tetapi lebih cenderung sebagai bahan pengisi (filler). Karena kedudukannya sebagai bahan pengisi, maka ia tidak terpengaruh ketika dipanaskan dalam oven, meskipun mortar kapur telah mengalami kerusakan.

Abu layang memiliki butiran yang lebih kecil daripada semen, hal ini memungkinkan abu layang mengisi rongga-rongga yang terdapat diantara butiran pasir, sehingga volume bata beton berlubang menjadi lebih padat. Hal inilah yang

menyebabkan serapan air semakin kecil dengan semakin bertambahnya konsentrasi abu layang.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian “ Uji kuat tekan dan serapan air pada bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang”, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kuat tekan bata beton berlubang dengan bahan ikat kapur dan abu layang pada umur 90 hari masih di bawah standar kuat tekan bata beton berlubang konvensional yang disyaratkan PUBI-1982
2. Meskipun kuat tekannya masih di bawah standar kuat tekan bata beton berlubang konvensional, akan tetapi grafik hubungan antara kuat tekan dan variasi komposisi bata beton berlubang pada umur 90 hari belum menunjukkan penurunan.
3. Kombinasi antara kapur dan abu layang dalam konsentrasi tinggi memeberikan keuntungan pada serapan air bata beton berlubang yang semakin rendah.
4. Pemakaian kapur dan abu layang sebagai bahan ikat alternatif pengganti semen memberikan keuntungan secara ekonomi dilihat dari harga bahan, yaitu harga kapur dan abu layang yang relatif lebih rendah dibanding harga semen, akan tetapi dilihat dari umur perawatan yang memerlukan waktu lebih lama dibanding semen, maka hal ini merupakan salah satu kekurangan dari pemakaian kapur dan abu layang sebagai bahan ikat.

5. Kapur dan abu layang terbukti mampu dijadikan bahan ikat pembuatan bata beton berlubang menggunakan mekanisme reaksi Pozolan-Kapur dengan kontribusi pada serapan air yang semakin rendah, meskipun laju kenaikan kuat tekannya berjalan lambat.

## **B. SARAN**

Beberapa saran yang berkaitan dengan penggunaan kapur dan abu layang sebagai bahan ikat pembuatan bata beton berlubang adalah sebagai berikut :

1. Mekanisme reaksi pozolan-kapur berjalan cukup lambat, karenanya umur perawatan bata beton berlubang perlu ditambah.
2. Pemakaian abu layang dalam konsentrasi tinggi memberikan keuntungan pada semakin rendahnya serapan air, akan tetapi laju kenaikan kuat tekannya berjalan lambat, karena itu perlu perencanaan yang lebih presisi mengenai kebutuhan bahan dengan menggunakan patokan angka modulus hidrolis.
3. Setelah penelitian ini terlihat bahwa ada peluang untuk menggunakan kapur dan abu layang sebagai kombinasi bahan ikat untuk produk-produk bahan bangunan lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachim.I dan Lasino.1993. *Penelitian Pemanfaatan Limbah Kapur Industri Soda Sebagai Bahan Substitusi pada Pembuatan Conblock, Paving Block dan Genteng Beton*, Jurnal Litbang Vol. IX No. 7 – 8 Juli – Agustus 1993: Bandung.
- Andriati Amir Husin.1998. *Semen Abu Terbang untuk Genteng Beton*, Jurnal Litbang Vol. 14 No. 1 1998: Bandung.
- Anonim.1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI – 1982)*: Bandung
- Anonim.1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam) (SK SNI S-04-1989-F)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan: Bandung.
- Departemen Perindustrian. 1989. *Standar Industri Indonesia, SII. 0285 – 84* : Jakarta
- Endah Supriyatin. 2004. *Pengaruh Masa Pemeraman Campuran Tanah Ekspansif dengan Kapur Terhadap Nilai CBR dalam Kembang Susut Tanah Dalam Perencanaan Subgrade Jalan*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang : Semarang
- Heri Suroso. 2001. *Pemanfaatan Pasir Pantai Sebagai Bahan Agregat Halus Pada Beton*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, : Yogyakarta
- Joko Prakoso.2006. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Conblock*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang : Semarang
- Lilis A. Rahmi. 2005. *Pemanfaatan Abu Layang Batubara Untuk Stabilisasi Ion Logam Berat Besi ( $Fe^{3+}$ ) dan Seng ( $Zn^{2+}$ ) Dalam Limbah Cair Buangan Industri*, Tugas Akhir, Jurusan Kimia , Fakultas MIPA, Universitas Negeri Semarang : Semarang
- Nadhiroh M. dan Lasino. 1986. *Pembuatan Semen Pozolan Kapur*, Jurnal Litbang Vol.II No. 4 – 5 April – Mei 1986 : Bandung.
- Neville, A.M. 1977. *Properties of Concrete*, Pitman Publishing Limited : London.
- Ridwan Suhud.1993. *Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Litbang Vol IX No. 7 – 8 Juli – Agustus 1993, Jakarta

Shetty, M. S. 1978. *Concrete Technology*, LCUE : India

Spesifikasi Teknik Desain dan Pelaksanaan SIB F12 UDC 691.431: Jakarta

Sutopo EW dan Bhakti P.1977. *Ilmu Bahan Bangunan*, Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan

Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Yogyakarta : NAFIRI

Troxell, G.E. Davis, H.E., Kelly, J.W. 1968. *Composition and Properties of Concrete (second edition)*, Graw – Hill : New York.

Wuryati S. dan Candra R. 2001. *Teknologi Beton*, Yogyakarta : KANISIUS

Yatti S. Hidayat. 1986. *Penelitian pendahuluan pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Campuran Beton di Indonesia*, Jurnal Litbang Vol.II No. 4 – 5 April – Mei 1986 : Bandung.



Proyek : Skripsi

**DATA HASIL PEMERIKSAAN**

**UJI SEBAR MORTAR**

1. 0 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
2. 1,30 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
3. 1,40 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
4. 1,50 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
5. 1,60 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
6. 1,80 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir

Variasi	No	Fak	Diameter Uji Sebar rata-rata (cm)				Diameter rata-rata (dr)	dr (%)	Diameter maksimal (cm) 100%
			D1	D2	D3	D4			
1	a	1.3	10.4	10.5	10.3	10.5	10.43	91.30	11.5
	b	1.3	10.7	10.6	10.8	10.2			
2	a	1.3	10.2	10.4	10.2	10.3	10.28	89.02	11.5
	b	1.3	10.1	10.2	10.2	10.3			
3	a	1.3	10.3	10.2	10.3	10.2	10.25	89.13	11.5
	b	1.3	10.3	10.2	10.2	10.3			
4	a	1.3	10.1	10.1	10.2	10.1	10.13	88.15	11.5
	b	1.3	10.2	10.1	10.2	10.1			
5	a	1.3	10.2	10.1	10.2	10.2	10.18	88.37	11.5
	b	1.3	10.2	10.1	10.1	10.2			
6	a	1.3	10.3	10.4	10.2	10.1	10.25	89.24	11.5
	b	1.3	10.4	10.2	10.3	10.2			



Untuk 1 m<sup>3</sup> Conblock membutuhkan bahan :

$$Fa = \frac{1,3}{5,1183} * 1 = 0,2540 \text{ ton} = 254,0 \text{ kg}$$

$$Kp = \frac{1}{5,1183} * 1 = 0,1954 \text{ ton} = 195,4 \text{ kg}$$

$$Psr = \frac{6}{5,1183} * 1 = 1,1723 \text{ ton} = 1172,3 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 1,3 * 195,4 = 254,0 \text{ kg}$$

Volume 1 Conblock = 0,004647 m<sup>3</sup>

Jadi untuk 1 Conblock butuh bahan :

$$\mathbf{Fa = 0,004647 * 254,0 = 1,180 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{Kp = 0,004647 * 195,4 = 0,908 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{Psr = 0,004647 * 1172,3 = 5,447 \text{ kg}}$$

$$\mathbf{Air = 1,3 * 0,829 = 1,180 \text{ kg}}$$



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi  
Bahan : Pasir Muntilan

Hasil pengujian berat jenis pasir Muntilan

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Rata-rata
Berat kering permukaan jenuh /SSD (gr)	500	500	500
Berat kering oven: BK (gr)	496,63	494,82	495,73
Berat labu + air (25 <sup>0</sup> C) : B (gr)	674,52	674,52	674,52
Berat labu + berat pasir (SSD) + air(25 <sup>0</sup> C) : Bt (gr)	979,75	982,82	981,29

Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air pada pasir Muntilan :

Keterangan	Sampel A	Sampel B	Rata-rata
Berat jenis (bulk) = $\frac{BK}{(B + 500 - Bt)}$	2,550	2,581	2,566

Bj Pasir Muntilan termasuk dalam **agregat normal** (berat jenisnya antara 2,5-2,7), sehingga dapat dipakai untuk beton normal (15-40 MPa).

Semarang, Oktober 2005

**Peneliti :**

Mustain 5150401033  
Moch. Arif 5150401031  
Rahmat Endang 5150401029  
Joko Prakoso 5150402557

Ketua Laboratorium,

Untoro Nugroho, ST, MT

NIP : 132158473



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi  
Bahan : Pasir Muntilan

Hasil pengujian gradasi pasir Muntilan.

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Persen Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Tembus Kumulatif (%)
10				100.00
4.8	94.72	9.47	9.47	90.53
2.4	83.61	8.36	17.83	82.17
1.2	149.41	14.94	32.77	67.23
0.6	298.72	29.87	62.65	37.35
0.3	177.73	17.77	80.42	19.58
0.15	172.36	17.24	97.66	2.35
sisa	23.45	2.35		
Jumlah	1000.0	100.00	300.80	

$$\begin{aligned} \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\text{jumlah berat tertinggal kumulatif}}{100} \\ &= \frac{300,80}{100} = 3,01 \end{aligned}$$

**Peneliti :**

Mustain 5150401033  
Moch. Arif 5150401031  
Rahmat Endang 5150401029  
Joko Prakoso 5150402557

Semarang, Oktober 2005  
Ketua Laboratorium,

Untoro Nugroho, ST, MT  
NIP : 132158473

### Analisis Gradasi Pasir Muntilan

Lubang ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Persen Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Tembus Kumulatif (%)
10				100.00
4.8	94.72	9.47	9.47	90.53
2.4	83.61	8.36	17.83	82.17
1.2	149.41	14.94	32.77	67.23
0.6	298.72	29.87	62.65	37.35
0.3	177.73	17.77	80.42	19.58
0.15	172.36	17.24	97.66	2.35
sisia	23.45	2.35		
Jumlah	1000.0	100.00	300.80	

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{300,80}{100} = 3,01$$

### Syarat Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)								Pasir Muntilan
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4		
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100.00
4.8	90	100	90	100	90	100	95	100	90.53
2.4	60	95	75	100	85	100	95	100	82.17
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100	67.23
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100	37.35
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50	19.58
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15	2.35

Dari analisis uji gradasi Pasir Muntilan masuk di Zona 2 (agak kasar).



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi  
Bahan : Pasir Muntilan

Hasil pengujian kandungan lumpur pasir Muntilan

Sampel	Berat sampel kering oven (A) (gr)	Berat sampel setelah dicuci(B) (gr)	Kandungan Lumpur (%)
A	100	96,50	3,50
B	100	97,25	2,75
Rata-rata	100	96,88	3,13

$$\text{KandunganLumpur} = \frac{\text{berat sampel kering oven} - \text{berat sampel setelah dicuci}}{\text{berat sampel kering oven}} \times 100\%$$

$$= \frac{100 - 96,88}{100} \times 100\%$$

$$= 3,13 \%$$

**Peneliti :**

Mustain 5150401033  
Moch. Arif 5150401031  
Rahmat Endang 5150401029  
Joko Prakoso 5150402557

Semarang, Oktober 2005

Ketua Laboratorium,

Untoro Nugroho, ST, MT

NIP : 132158473



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi  
Bahan : Pasir Muntilan

Hasil pemeriksaan kekekalan butir pasir Muntilan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

No	Berat sampel (gr)	Berat kering setelah direndam $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (gr)	Bagian hancur	
			(gr)	(%)
1	100	93,4	6,6	6,6
2	100	94,2	5,8	5,8
Rata-rata	100	93,8	6,2	6,2

Menurut (SK SNI – S – 04 – 1989 - F) jika dipakai Natriun Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) bagian hancur maksimal 12%.

Semarang, Oktober 2005

Ketua Laboratorium,

**Peneliti :**  
Mustain 5150401033  
Moch. Arif 5150401031  
Rahmat Endang 5150401029  
Joko Prakoso 5150402557

Untoro Nugroho, ST, MT

NIP : 132158473



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

---

Proyek : Skripsi  
Bahan : Pasir Muntilan

Hasil pemeriksaan kekekalan butir pasir Muntilan  $MgSO_4$ .

No	Berat sampel (gr)	Berat kering setelah direndam $MgSO_4$ (gr)	Bagian hancur	
			(gr)	(%)
1	100	92,19	7,81	7,81
2	100	93,42	6,58	6,58
Rata-rata	100	92,81	7,19	7,19

Menurut (SK SNI – S – 04 – 1989 - F) jika dipakai Magnesium Sulfat ( $MgSO_4$ ) bagian halus maksimal 10%.

Semarang, Oktober 2005

Ketua Laboratorium,

**Peneliti :**

Mustain                    5150401033  
Moch. Arif                5150401031  
Rahmat Endang         5150401029  
Joko Prakoso             5150402557

Untoro Nugroho, ST, MT

NIP : 132158473



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi

**DATA HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN  
KUBUS MORTAR**

- 7. 0 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
- 8. 1,30 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
- 9. 1,40 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
- 10. 1,50 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
- 11. 1,60 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
- 12. 1,80 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir

Variasi	No	A (cm <sup>2</sup> )	P (Ton)	K (kg/cm <sup>2</sup> )
1	a	25	0.50	20.00
	b	25	0.55	22.00
	c	25	0.55	22.00
2	a	25	0.60	24.00
	b	25	0.60	24.00
	c	25	0.65	26.00
3	a	25	0.60	24.00
	b	25	0.75	30.00
	c	25	0.70	28.00
4	a	25	0.65	26.00
	b	25	0.75	30.00
	c	25	0.75	30.00
5	a	25	0.75	30.00
	b	25	0.80	32.00
	c	25	0.70	28.00
6	a	25	0.85	34.00
	b	25	0.75	30.00
	c	25	0.85	34.00



Proyek : Skripsi

**DATA HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN  
CONBLOCK UMUR 30 HARI**

1. 0 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
2. 1,30 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
3. 1,40 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
4. 1,50 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
5. 1,60 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
6. 1,80 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir

Variasi	No	p (cm)	l (cm)	t (cm)	Berat (kg)	P (Ton)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	Tingkat Mutu
1	1	35.00	8.90	18.00	7.15	1.00	3.2	
	2	35.00	8.95	18.08	6.98	1.00	3.2	
	3	35.00	9.00	18.05	6.98	1.00	3.2	
2	1	35.00	9.00	18.10	6.76	1.25	4.0	
	2	35.00	9.00	18.12	6.70	1.35	4.3	
	3	35.00	9.00	18.00	6.66	1.35	4.3	
3	1	35.00	9.00	17.98	6.85	1.50	4.8	
	2	35.00	8.95	18.00	6.75	1.55	4.9	
	3	35.00	9.00	18.05	6.80	1.50	4.8	
4	1	35.00	8.90	18.13	7.45	1.60	5.1	
	2	35.00	9.00	17.99	7.50	1.55	4.9	
	3	35.00	9.00	18.00	7.30	1.60	5.1	
5	1	35.00	9.00	18.00	7.10	1.80	5.7	
	2	35.00	8.94	18.03	7.00	2.00	6.4	
	3	35.00	8.94	18.04	7.00	1.80	5.8	
6	1	35.00	8.94	18.10	7.30	2.10	6.7	
	2	35.00	9.00	18.00	7.25	2.10	6.7	
	3	35.00	9.00	18.06	7.20	2.30	7.3	



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi

**DATA HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN  
CONBLOCK UMUR 60 HARI**

1. 0 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
2. 1,30 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
3. 1,40 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
4. 1,50 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
5. 1,60 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
6. 1,80 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir

Variasi	No	p (cm)	l (cm)	t (cm)	Berat (kg)	P (Ton)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	Tingkat Mutu
1	a	35.00	8.95	18.00	7.15	1.20	3.8	
	b	35.00	9.00	18.08	6.98	1.40	4.4	
	c	35.00	8.98	18.05	6.98	1.50	4.8	
2	a	35.00	9.00	18.10	6.76	1.50	4.8	
	b	35.00	9.00	18.12	6.70	1.70	5.4	
	c	35.00	9.10	18.00	6.66	1.70	5.3	
3	a	35.00	8.98	17.98	6.85	1.70	5.4	
	b	35.00	8.94	18.00	6.75	2.00	6.4	
	c	35.00	9.00	18.05	6.80	1.90	6.0	
4	a	35.00	9.00	18.13	7.45	1.80	5.7	
	b	35.00	8.97	17.99	7.50	2.10	6.7	
	c	35.00	9.05	18.00	7.30	2.20	6.9	
5	a	35.00	9.00	18.00	7.10	2.10	6.7	
	b	35.00	8.98	18.03	7.00	2.20	7.0	
	c	35.00	8.98	18.04	7.00	2.30	7.3	
6	a	35.00	9.00	18.10	7.30	2.20	7.0	
	b	35.00	8.98	18.00	7.25	2.40	7.6	
	c	35.00	8.98	18.06	7.20	2.50	8.0	



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi

**DATA HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN  
CONBLOCK UMUR 90 HARI**

1. 0 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
2. 1,30 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
3. 1,40 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
4. 1,50 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
5. 1,60 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
6. 1,80 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir

Variasi	No	p (cm)	l (cm)	t (cm)	Berat (kg)	P (Ton)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	Tingkat Mutu
1	1	35.00	8.95	18.00	7.15	1.95	6.2	
	2	35.00	9.00	18.08	6.98	2.38	7.6	
	3	35.00	8.98	18.05	6.98	2.49	7.9	
2	1	35.00	9.00	18.10	6.76	2.96	9.4	
	2	35.00	9.00	18.12	6.70	3.20	10.2	
	3	35.00	9.10	18.00	6.66	3.50	11.0	
3	1	35.00	8.98	17.98	6.85	3.25	10.3	
	2	35.00	8.94	18.00	6.75	3.50	11.2	
	3	35.00	9.00	18.05	6.80	3.60	11.4	
4	1	35.00	9.00	18.13	7.45	3.80	12.1	
	2	35.00	8.97	17.99	7.50	3.77	12.0	
	3	35.00	9.05	18.00	7.30	4.00	12.6	
5	1	35.00	9.00	18.00	7.10	4.15	13.2	
	2	35.00	8.98	18.03	7.00	4.20	13.4	
	3	35.00	8.95	18.04	7.00	4.00	12.8	
6	1	35.00	9.00	18.10	7.30	4.45	14.1	
	2	35.00	8.98	18.00	7.25	4.40	14.0	
	3	35.00	9.08	18.06	7.20	4.40	13.8	



**LABORATORIUM BAHAN  
TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Proyek : Skripsi

**DATA HASIL PENGUJIAN SERAPAN AIR  
CONBLOCK**

1. 0 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
2. 1,30 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
3. 1,40 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
4. 1,50 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
5. 1,60 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir
6. 1,80 Fly Ash : 1 Kapur : 6 Pasir

Variasi	No	W1	W2	Kadar air (%)
1	a	6.40	7.35	14.84
	b	6.40	7.30	14.06
	c	6.35	7.15	12.60
2	a	6.40	7.30	14.06
	b	6.30	7.15	13.49
	c	6.35	7.15	12.60
3	a	6.40	7.15	11.72
	b	6.45	7.20	11.63
	c	6.50	7.25	11.54
4	a	6.55	7.25	10.69
	b	6.60	7.30	10.61
	c	6.65	7.30	9.77
5	a	6.70	7.35	9.70
	b	6.70	7.30	8.96
	c	6.65	7.25	9.02
6	a	6.80	7.35	8.09
	b	6.75	7.30	8.15
	c	6.75	7.30	8.15

Keterangan : W1 = Berat conblock kering setelah dioven selama 24 jam  
W2 = Berat conblock setelah direndam dalam air selama 24 jam

Lampiran 13

**PERHITUNGAN ANGKA MODULUS HIDROLIK**

Komponen	Prosentase (%)
Kadar CaO dalam kapur	55.15
Kadar CaO dalam abu layang	5.69
kadar (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) dalam kapur	10.88
kadar (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) dalam abu layang	80

Abu layang	Kapur	Pasir	kadar CaO dalam kapur	kadar CaO dalam abu layang	Kadar CaO	kadar (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) dalam kapur	kadar (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) dalam abu layang	kadar (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	MH
0	1	6	0.5515	0	0.5515	0.1088	0	0.1088	5.068934
1.3	1	6	0.5515	0.07397	0.62547	0.1088	1.04	1.1488	0.544455
1.4	1	6	0.5515	0.07966	0.63116	0.1088	1.12	1.2288	0.513639
1.5	1	6	0.5515	0.08535	0.63685	0.1088	1.2	1.3088	0.486591
1.6	1	6	0.5515	0.09104	0.64254	0.1088	1.28	1.3888	0.462658
1.8	1	6	0.5515	0.10242	0.65392	0.1088	1.44	1.5488	0.422211