



**KARAKTERISTIK BATAKO RINGAN DENGAN CAMPURAN  
LIMBAH *STYROFOAM* DITINJAU DARI DENSITAS, KUAT  
TEKAN DAN DAYA SERAP AIR**

**SKRIPSI**

**disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Studi Strata I  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan**

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

oleh

**Wahyu Anggoro**

**5101409045**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2014**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul "KARAKTERISTIK BATAKO RINGAN DENGAN CAMPURAN LIMBAH *STYROFOAM* DITINJAU DARI DENSITAS, KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada :

Hari : *Senin*

Tanggal : *27 Januari 2014*

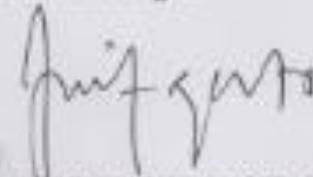
Pembimbing I



Drs. Fugino, M.T.

NIP. 19600412 198803 1 001

Pembimbing II



Arw. Taveriyanto, S.T., M.T.

NIP. 19650722 200112 1 001

PERPUSTAKAAN  
UNNES

## HALAMAN PENGESAHAN

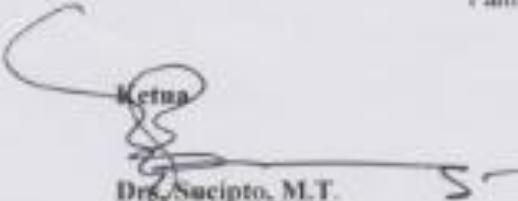
Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 09 Januari 2014

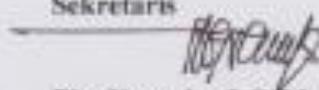
Panitia Ujian Skripsi

Ketua

  
Drs. Sucipto, M.T.

NIP. 19630101 199102 100 1

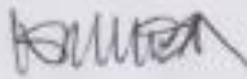
Sekretaris

  
Eko Nugroho J.S.Pd., M.T.

NIP. 19720702 199903 100 2

Dewan Penguji

Penguji Utama

  
Ir. Agung Sutarto, M.T.

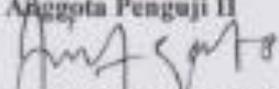
NIP. 19610408 199102 1 001

Anggota Penguji I

  
Drs. Tugino, M.T.

NIP. 19600412 198803 1 001

Anggota Penguji II

  
Arle Taverivano, S.T., M.T.

NIP. 19650722 200112 1 001

  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Semarang

  
Drs. Muhammad Harlann, M.Pd.

NIP. 19660715 199102 1 001

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode ilmiah.

Semarang, Januari 2014



Wahyu Anggoro

5101409045



## **MOTTO**

Hendaklah kamu semua mengusahakan ilmu pengetahuan itu sebelum dilenyapkan. Lenyapnya ilmu pengetahuan ialah dengan matinya orang-orang yang memberikan atau mengajarkannya. Seorang itu tidaklah dilahirkan langsung pandai, jadi ilmu pengetahuan itu pastilah harus dengan belajar (Ibnu Mas'ud r.a).

Masa depan yang cerah merupakan cermin dari masa lalu yang telah kita jalani. Kita dapat meraih sukses dengan terlebih dahulu menjalani proses yang panjang, bahkan harus mengalami jatuh bangun untuk meraihnya

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini kupersembahkan pada :

Ibu dan Ayah tercinta atas dukungan, kasih sayang, pengorbanan dan do'a yang terus mengiringi langkah kakiku.

Adeku (Endah) dan semua keluargaku tersayang, yang telah memberikan support dan do'a yang menjadikanku lebih baik lagi.

Sahabat-sahabatku yang sama-sama berjuang dalam penyelesaian skripsi, Teman-teman PTB '09.

Lembar Episode kehidupan yang akan kumulai.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat, Hidayah dan Inayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “KARAKTERISTIK BATAKO RINGAN DENGAN CAMPURAN LIMBAH *STYROFOAM* DITINJAU DARI DENSITAS, KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR”. Skripsi ini disusun dalam rangka menyelesaikan Studi Strata I Universitas Negeri Semarang untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan. Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa ada bantuan dan keterlibatan dari berbagai pihak, oleh karena itu penyusun menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Muhammmad Harlanu, M.Pd., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Sucipto, M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T., Selaku Kaprodi Pendidikan Teknik Bangunan S1, Universitas Negeri Semarang.
5. Drs. Tugino, M.T., Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan pengarahan selama penyusunan skripsi.

6. Arie Taveriyanto, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan selama penyusunan skripsi.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil, atas pengajarannya selama kuliah.
8. Bapak Eko selaku pemilik pabrik batako UD. REJEKI LANCAR BAROKAH atas bantuannya dalam pembuatan sempel untuk penelitian.
9. Teman – teman PTB 2009, Alamaterku dan pihak – pihak yang banyak membantu hingga terwujudnya skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuannya dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

Penyusun dengan segala keterbatasannya menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun selalu penulis harapkan dari semua pihak guna kesempurnaan penulisan skripsi. Penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Januari 2014

Penyusun

## ABSTRAK

**Anggoro Wahyu. 2014. Karakteristik Batako Ringan Dengan Campuran Limbah Styrofoam Ditinjau Dari Densitas, Kuat Tekan dan Daya Serap Air.** Skripsi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Drs. Tugino, M.T., Arie Taveriyanto, S.T.,M.T.

**Kata Kunci : Limbah Styrofoam, Densitas, Kuat Tekan dan Daya Serap Air**

Batako merupakan bata beton yang terbuat dari campuran semen, pasir serta agregat yang sering digunakan untuk konstruksi dinding sebagai pengganti bata merah. Batako yang terbuat dari beton menyebabkan berat yang cukup tinggi sehingga diperlukan tenaga yang cukup besar dalam proses pemasangannya. Melihat Banyaknya limbah *styrofoam* yang ada di daerah Semarang, peneliti tertarik untuk meneliti karakteristik batako ringan dengan campuran limbah *styrofoam* ditinjau dari densitas, kuat tekan dan daya serap air. Batako ringan diciptakan dengan tujuan utama untuk mengurangi pembebanan pada konstruksi di bawah dinding. Dengan beban yang tidak terlalu besar maka konstruksi di bawah dinding dapat didesain lebih ekonomis namun dapat memikul beban di atasnya dengan baik. Selain itu, dengan batako yang semakin ringan maka akan semakin ringan pula dalam pengangkatan sehingga lebih cepat dalam proses pemasangannya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan pembuatan benda uji sebanyak 130 batako. Pembuatan bata beton (batako) pejal dibuat dari Pasir Muntilan, Semen Gresik Type I dan limbah *styrofoam* yang diperoleh dari pabrik di Kaligawe Semarang. Benda uji penelitian dibuat dengan 10 perlakuan substitusi *styrofoam*, yaitu 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 % dan 90 % dari volume (pasir) batako. Pembuatannya sendiri dilakukan dengan press mesin yang dikerjakan di pabrik batako "UD. Rejeki Lancar Barokah" Ungaran.

Dari pengujian bahan penyusun batako yang berupa pasir Muntilan, semen Gresik dan air didapatkan hasil yaitu pasir Muntilan masuk pada gradasi pasir agak kasar (zona 2), air secara visual tidak berwarna dan berbau, semen memiliki kemasan yang tidak terlihat cacat dan butiran semen tidak mengalami penggumpalan. Hasil pengujian terhadap batako *styrofoam* dengan substitusi *styrofoam* sebesar 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 % dan 90 % serta waktu pengeringan (*ageing*) selama 28 hari adalah sebagai berikut. Nilai densitas 2,38 gr/cm<sup>3</sup>, 2,16 gr/cm<sup>3</sup>, 1,88 gr/cm<sup>3</sup>, 1,70 gr/cm<sup>3</sup>, 1,56 gr/cm<sup>3</sup>, 1,40 gr/cm<sup>3</sup>, 1,20 gr/cm<sup>3</sup>, 1,07 gr/cm<sup>3</sup>, 0,91 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,69 gr/cm<sup>3</sup>. Daya serap air 22,95 %, 19,62 %, 17,43 %, 15,76 %, 14,52 %, 13,71 %, 12,07 %, 11,10 %, 9,64 % dan 7,61 %. Kuat tekan 120,83 kg/cm<sup>2</sup>, 107,81 kg/cm<sup>2</sup>, 92,71 kg/cm<sup>2</sup>, 80,21 kg/cm<sup>2</sup>, 72,92 kg/cm<sup>2</sup>, 59,90 kg/cm<sup>2</sup>, 50,00 kg/cm<sup>2</sup>, 40,10 kg/cm<sup>2</sup>, 29,17 kg/cm<sup>2</sup> dan 15,63 kg/cm<sup>2</sup>. Bobot isi 1851,56 kg/m<sup>3</sup>, 1640,63 kg/m<sup>3</sup>, 1485,35 kg/m<sup>3</sup>, 1285,16 kg/m<sup>3</sup>, 1145,51 kg/m<sup>3</sup>, 958,98 kg/m<sup>3</sup>, 776,37 kg/m<sup>3</sup>, 606,45 kg/m<sup>3</sup>, 430,66 kg/m<sup>3</sup> dan 288,09 kg/m<sup>3</sup>.

Dari hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa batako dengan campuran 80 % (volume) *styrofoam* dan 20 % (volume) pasir adalah campuran yang paling baik untuk batako ringan dengan waktu pengeringan 7, 14, 21 dan 28 hari. Hal ini ditunjukkan dengan nilai densitas sebesar 0,78 gram/cm<sup>3</sup>, 0,84 gram/cm<sup>3</sup>, 0,88 gram/cm<sup>3</sup> dan 0,91 gram/cm<sup>3</sup>, daya serap air sebesar 14,63 %, 12,85 %, 11,06 dan 9,64 %, kuat tekan sebesar 20,31 kg/cm<sup>2</sup>, 23,96 kg/cm<sup>2</sup>, 27,08 kg/cm<sup>2</sup> dan 29,17 kg/cm<sup>2</sup> dan bobot isi 499,02 kg/m<sup>3</sup>, 471,68 kg/m<sup>3</sup>, 447,68 kg/m<sup>3</sup> dan 430,66 kg/m<sup>3</sup> atau 2,60 kg/batako, 2,45 kg/batako, 2,33 kg/batako dan 2,24 kg/batako. Apabila dilihat dari SNI-03-0348-1989 yang menyatakan klasifikasi bata beton pejal (batako), maka batako ringan yang dibuat dan diuji dengan campuran 80 % (volume) *styrofoam* dan 20 % (volume) pasir dapat dikategorikan sebagai bata beton pejal (batako) dengan tingkat mutu bata IV yang mempunyai nilai kuat tekan rata-rata minimum sebesar 25 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan bruto 1 benda uji sebesar 21 kg/cm<sup>2</sup>.

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Persetujuan Pembimbing .....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Pernyataan .....	iv
Motto dan Persembahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Abstraks .....	viii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Tabel .....	xvi
Daftar Gambar .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	3
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
F. Sistematika Skripsi .....	5
1. Bagian Awal Skripsi .....	5
2. Bagian Isi Skripsi .....	5
3. Bagian Akhir Skripsi .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
A. Batako .....	7

B. <i>Syrofoam</i> .....	9
1. Pengertian <i>Syrofoam</i> .....	9
2. Proses Pembuatan <i>Styrofoam</i> .....	10
3. Sifat <i>Styrofoam</i> .....	12
C. Batako <i>Styrofoam</i> .....	13
D. Syarat Mutu Batako .....	14
1. Pandangan Luar .....	14
2. Dimensi dan Toleransi .....	14
3. Syarat-Syarat Fisis .....	15
E. Tipe Batako .....	16
1. Tipe A .....	16
2. Tipe B .....	16
3. Tipe C .....	16
4. Tipe D .....	16
5. Tipe E .....	16
6. Tipe F .....	16
F. Semen <i>Portland</i> .....	17
G. Agregat .....	20
1. Agregat Biasa (Normal) .....	20
2. Agregat Berat .....	21
3. Agregat Ringan .....	21
H. Pasir .....	22
1. Kadar Air Pasir .....	23

2. Gradasi Pasir .....	24
3. Berat Jenis Pasir .....	25
4. Berat Satuan Pasir .....	26
I. Air .....	26
J. Penelitian Sebelumnya .....	27
K. Kerangka Berpikir .....	29
L. Hipotesis .....	31

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Pelaksanaan Penelitian .....	32
1. Tempat Penelitian .....	32
2. Rancangan Penelitian .....	32
3. Populasi dan Sampel Penelitian .....	32
4. Variabel Penelitian .....	35
a. Variabel Bebas .....	35
b. Variabel Terikat .....	36
c. Variabel Kontrol .....	36
5. Metode Pengumpulan Data .....	36
6. Bagan Alur Studi Penelitian .....	38
B. Bahan dan Alat .....	39
1. Bahan .....	39
a. Semen .....	39
b. Pasir .....	39
c. Air .....	39

d.	<i>Styrofoam</i> .....	39
2.	Alat .....	39
a.	Ayakan dan Mesin Penggetar .....	39
b.	Timbangan .....	40
c.	Gelas Ukur .....	40
d.	Wadah dan Pengaduk .....	40
e.	Cetakan Batako .....	40
f.	Bak Air .....	40
g.	Rol Meter .....	40
h.	Oven Pengering ( <i>drying oven</i> ) .....	41
i.	Desikator .....	41
j.	Neraca Digital .....	41
k.	<i>Universal Testing Machine</i> (UTM) .....	41
C.	Prosedur Pengujian .....	41
1.	Bahan Uji .....	41
2.	Standar Penelitian .....	42
a.	Pengujian Pasir .....	42
b.	Pengujian <i>Styrofoam</i> .....	42
c.	Pengujian Batako <i>Styrofoam</i> .....	43
D.	Tahap Penelitian .....	43
1.	Pengambilan Sampel .....	43
2.	Pengujian Sampel .....	43
3.	Pembuatan Sampel .....	43

E. Pemeriksaan Bahan .....	44
1. Pasir .....	44
a. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir .....	44
b. Pemeriksaan Gradasi Pasir .....	46
c. Pemeriksaan Kandungan Lumpur .....	47
d. Pemeriksaan Berat Satuan .....	48
2. Semen .....	49
3. Air .....	49
4. <i>Styrofoam</i> .....	50
F. Pembuatan Benda Uji .....	50
1. Tahap Persiapan .....	50
2. Pemeriksaan Karakteristik Pasir .....	50
3. Menetapkan Faktor Air Semen (FAS) .....	51
4. Perencanaan Kebutuhan Bahan ( <i>Mix Design</i> ) .....	51
5. Pembuatan Benda Uji Batako <i>Styrofoam</i> .....	53
a. Persiapan Bahan Penyusun Batako .....	53
b. Pencampuran dan Pengadukan Bahan .....	53
c. Pencetakan dan Pengepresan .....	53
d. Perawatan .....	53
G. Pengujian Batako <i>Styrofoam</i> .....	54
1. Densitas ( <i>Density</i> ) .....	54
2. Daya Serap Air ( <i>Water Absorption</i> ) .....	55
3. Kuat Tekan ( <i>Compressive Strength</i> ) .....	56

H. Analisis Data .....	57
1. Karakteristik Pasir .....	57
a. Berat Jenis Pasir .....	57
b. Berat Satuan Pasir .....	57
c. Kadar Air Pasir .....	57
2. Karakteristik Batako <i>Styrofoam</i> .....	58
a. Densitas ( <i>Density</i> ) .....	58
b. Daya Serap Air ( <i>Water Absorption</i> ) .....	58
c. Kuat Tekan ( <i>Compressive Strength</i> ) .....	59

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

A. Pemeriksaan Bahan Penyusun Batako .....	60
1. Air .....	60
2. Semen .....	61
a. Keadaan Kemasan Semen .....	61
b. Keadaan Butiran Semen .....	61
c. Waktu Pengikatan Semen .....	61
3. Agregat Halus (Pasir Muntilan) .....	63
a. Berat Jenis Pasir Muntilan .....	64
b. Berat Satuan Pasir Muntilan .....	65
c. Gradasi Pasir Muntilan .....	65
d. Kandungan Lumpur Pasir Muntilan .....	67
4. <i>Styrofoam</i> .....	68
B. Pengujian Batako <i>Styrofoam</i> .....	68

1. Densitas ( <i>Density</i> ) .....	69
2. Daya Serap Air ( <i>Water Absorption</i> ) .....	72
3. Kuat Tekan ( <i>Compressive Strength</i> ) .....	75
4. Bobot Isi .....	79

**BAB V PENUTUP**

A. Simpulan .....	83
B. Saran .....	84
C. Keterbatasan Penelitian .....	84

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	85
-----------------------------	----



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dimensi Bata Beton Pejal menurut SNI- 03-0348-1989 .....	15
Tabel 2.2 Klasifikasi Bata Beton menurut SNI-03-0348-1989 .....	15
Tabel 2.3 Komposisi Semen <i>Portland</i> .....	17
Tabel 2.4 Jenis Semen <i>Portland</i> .....	18
Tabel 2.5 Batas - Batas Gradasi Agregat Halus .....	25
Tabel 2.6 Hasil Penelitian Batako Ringan Sebelumnya .....	29
Tabel 3.1 Sampel Benda Uji .....	33
Tabel 3.2 Jenis dan Banyaknya Pengujian .....	34
Tabel 3.3 Perencanaan Kebutuhan Bahan .....	51
Tabel 4.1 Penurunan Jarum .....	61
Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Muntilan .....	64
Tabel 4.3 Pemeriksaan Berat Satuan Pasir Muntilan .....	65
Tabel 4.4 Pemeriksaan Gradasi Pasir Muntilan .....	66
Tabel 4.5 Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pasir Muntilan .....	67
Tabel 4.6 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Styrofoam</i> .....	68
Tabel 4.7 Pemeriksaan Densitas Batako .....	69
Tabel 4.8 Pemeriksaan Daya Serap Air Batako .....	73
Tabel 4.9 Pemeriksaan Kuat Tekan Batako .....	76
Tabel 4.10 Pemeriksaan Bobot Isi Batako .....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan <i>Styrofoam</i> .....	11
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian .....	38
Gambar 3.2 Prinsip Penimbangan Massa Benda di dalam Air .....	54
Gambar 4.1 Waktu Pengerasan Semen .....	63
Gambar 4.2 Grafik Analisa Gradasi Pasir Muntilan .....	67
Gambar 4.3 Hubungan antara Densitas Batako terhadap Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume) pada Umur 7, 14, 21 dan 28 hari .....	72
Gambar 4.3 Hubungan antara Daya Serap Air Batako terhadap Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume) pada Umur 7, 14, 21 dan 28 hari .....	75
Gambar 4.5 Hubungan antara Kuat Tekan Batako terhadap Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume) pada Umur 7, 14, 21 dan 28 hari .....	79
Gambar 4.6 Hubungan antara Kuat Tekan Batako terhadap Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume) pada Umur 7, 14, 21 dan 28 hari .....	82

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Batako adalah bata beton yang terbuat dari campuran semen, pasir serta agregat yang sering digunakan untuk konstruksi dinding sebagai pengganti bata merah. Batako sudah sangat banyak digunakan dalam proyek pembangunan perumahan maupun gedung karena proses pemasangannya yang lebih cepat dari bata merah yang dikarenakan ukuran dan bentuknya yang lebih besar sehingga dapat mempercepat waktu pekerjaan pemasangan dinding. Namun demikian, batako yang terbuat dari beton menyebabkan berat yang cukup tinggi sehingga diperlukan tenaga yang cukup besar dalam proses pemasangannya. Batako yang ada di pasaran saat ini memiliki berat kurang lebih 9 kg per unit dengan ukuran 9 x 17 x 37 cm.

Untuk mengurangi besarnya beban pada konstruksi di bawah dinding maka diciptakan suatu inovasi baru yaitu dengan membuat batako ini menjadi lebih ringan yang sering disebut dengan batako berpori atau batako ringan.

Batako ringan diciptakan dengan tujuan utama untuk mengurangi pembebanan pada konstruksi di bawahnya. Dengan beban yang tidak terlalu besar maka konstruksi di bawah dinding dapat didesain lebih ekonomis namun dapat memikul beban di atasnya dengan baik. Salah satu alternatifnya adalah dengan menambahkan *styrofoam* pada adukan batako. Batako ringan sendiri memiliki densitas  $< 1,8 \text{ g/cm}^3$  (Maydayani, 2009). Dengan batako

yang semakin ringan maka akan lebih ringan pula dalam pengangkatan sehingga lebih cepat dalam proses pemasangannya.

Pembuatan batako *styrofoam* ini tidak lepas dari upaya dalam pemanfaatan limbah yang dalam hal ini akan diambil dari sekitar wilayah Semarang. *Styrofoam* yang dimanfaatkan adalah limbah *styrofoam* yang diambil dari pabrik *styrofoam* yang ada di Kaligawe Semarang. Dengan demikian maka penambahan limbah *styrofoam* tidak akan berdampak begitu buruk terhadap lingkungan karena keberadaannya dapat dimanfaatkan menjadi batako ringan.

Penelitian ini penting dilakukan agar dapat diketahui apakah batako *styrofoam* yang nantinya direncanakan dalam berbagai macam variasi campuran bisa memenuhi persyaratan sesuai dengan klasifikasi batako (bata beton pejal) menurut SNI-03-0348-1989.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa besar pengaruh penambahan *styrofoam* pada batako terhadap densitas, resapan air dan kuat tekan.
2. Bagaimana komposisi *styrofoam* dalam pembuatan batako sehingga densitas, resapan air dan kuat tekan dapat memenuhi spesifikasi sesuai dengan klasifikasi batako (bata beton pejal) menurut SNI-03-0348-1989 sehingga dari masing-masing perencanaan campuran dapat dikategorikan sesuai klasifikasi tersebut.

### C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah agar dalam pembuatan dan pengujian batako *styrofoam* dapat menghasikan kualitas batako yang baik.

Adapun batasan masalah adalah sebagai berikut :

1. Limbah *styrofoam* yang digunakan dalam penelitian adalah *styrofoam* bekas yang diambil dari pabrik di Kaligawe Semarang.
2. Limbah *styrofoam* yang digunakan dihancurkan terlebih dahulu sehingga memiliki butiran 3mm-10mm dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% dan 90 % terhadap volume pasir yang digunakan.
3. Pengujian kekuatan mekanik pada batako *styrofoam* yang meliputi densitas, daya serap air dan kuat tekan.
4. Pengepresan dalam pembuatan batako menggunakan alat tekan mekanis.
5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Gresik dengan kemasan isi 40 kg, tertutup rapat dan butirannya halus tidak menggumpal.
6. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Muntilan.
7. Air yang digunakan dalam pembuatan batako ini adalah air yang berada di tempat pembuatan yaitu di “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran.

8. Batako yang diteliti pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari dengan jumlah benda uji densitas dan daya serap air adalah 2 buah sedangkan kuat tekan berjumlah 3 buah.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini meliputi :

1. Untuk mengurangi limbah *styrofoam* dan memanfaatkan penggunaannya.
2. Untuk mengetahui densitas batako dari setiap variasi penambahan *styrofoam*.
3. Untuk mengetahui persentase daya resap air batako dari setiap variasi penambahan *styrofoam*.
4. Untuk mengetahui kuat tekan batako dari setiap variasi penambahan *styrofoam*.
5. Untuk mengetahui bobot isi batako dari setiap variasi penambahan *styrofoam*.
6. Untuk mengetahui seberapa besar persentase *styrofoam* yang tepat sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako.
7. Untuk mengetahui kualitas batako tanpa bahan tambahan dan batako dengan penambahan *styrofoam*.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini meliputi :

1. Hasil penelitian merupakan salah satu wawasan untuk pengembangan teknologi bahan.

2. Bagi pihak produsen batako, semoga penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu cara memanfaatkan potensi limbah yang ada dalam hali ini adalah limbah *styrofoam* untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako dengan tidak menurunkan kualitas dari batako itu sendiri.
3. Bagi para peneliti dan mahasiswa, hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi atau referensi untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut mengenai batako.

#### **F. Sistematika Skripsi**

Secara garis besar skripsi ini terdiri dari tiga bagian, yaitu:

##### **1. Bagian Awal Skripsi**

Bagian awal skripsi berisi tentang: Halaman Judul, Persetujuan Pembimbing, Halaman Pengesahan, Pernyataan, Halaman Motto dan Persembahan, Kata Pengantar, Abstrak, Daftar Isi, Daftar Tabel dan Daftar Gambar.

##### **2. Bagian Isi Skripsi**

###### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta sistematika skripsi.

## **BAB II : LANDASAN TEORI**

Pada bab ini dijelaskan mengenai batako, *styrofoam*, batako *styrofoam*, syarat mutu batako, tipe batako, semen *portland*, agregat, pasir, air, penelitian sebelumnya, kerangka berfikir dan hipotesis.

## **BAB III : METODE PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai pelaksanaan penelitian, bahan dan alat, prosedur pengujian, tahap penelitian, pemeriksaan bahan, pembuatan benda uji, pengujian batako *styrofoam* dan analisis data.

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

Pada bab ini dijelaskan mengenai pemeriksaan bahan penyusun batako yang meliputi ; air, semen, agregat halus (pasir Muntilan) dan *styrofoam* serta pengujian batako *styrofoam* yang meliputi densitas (*density*), daya serap air (*water absorption*), kuat tekan (*compressive strength*) dan bobot isi.

## **BAB V : PENUTUP**

Pada bab ini diambil kesimpulan dari proses analisis mengenai densitas, daya serap air, kuat tekan dan berat isi dari hasil pengujian dan saran yang merekomendasikan permasalahan persentase campuran antara semen, agregat halus (pasir) dan air serta penambahan *styrofoam*.

### **3. Bagian Akhir Skripsi**

Bagian akhir skripsi memuat daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan skripsi dan lampiran-lampiran.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Batako**

Bata beton (batako) merupakan salah satu bahan bangunan yang berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan campuran yang berupa pasir, semen, air dan dalam pembuatan tambahan lainnya dapat ditambahkan dengan bahan lainnya (*additive*). Pembuatan batako dilakukan dengan mencetak sehingga menjadi bentuk balok, silinder atau yang lainnya dengan ukuran tertentu dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran yang digunakan sebagai bahan pasangan untuk dinding.

Kekuatan atau mutu batako sangat dipengaruhi oleh cara pembuatan dan komposisi dari penyusun-penyusunnya. Pembuatannya dapat dilakukan melalui proses manual (cetak tangan) dan press mesin. Perbedaan dari keduanya dapat dilihat dari kepadatan permukaan yang dihasilkan. Batako terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan dalam pemasangan. Batako dapat dikualifikasikan menjadi dua golongan yaitu batako normal dan batako ringan.

Bentuk dari batako sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu batu cetak yang berlubang (*hollow block*) dan batu cetak yang tidak berlubang (*solid block*) serta mempunyai ukuran yang bervariasi. Supribadi (1986) menyatakan bahwa batako adalah “Semacam batu cetak yang terbuat dari campuran tras, kapur dan air atau dapat dibuat dengan campuran semen, kapur, pasir dan ditambah air yang dalam keadaan *pollen* (lekat) dicetak menjadi balok-balok

dengan ukuran tertentu”. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (1982) pasal 6, “Batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab”.

Menurut SNI 03-0349-1989, “*Conblock (concrete block)* atau batu cetak beton adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen *Portland* atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding”.

Sedangkan Frick Heinz dan Koemartadi (1999) berpendapat bahwa Batu buatan yang tidak dibakar, dikenal dengan nama batako (bata berlubang yang dibuat secara pemadatan dari trass dan kapur tanpa semen) atau *conblock* (bata berlubang yang dibuat secara pemadatan dari pasir dan semen), sudah mulai dikenal oleh masyarakat sebagai bahan bangunan dan sudah dipakai untuk membangun rumah dan gedung.

Dari beberapa pengertian di atas dapat ditarik kesimpulan tentang pengertian batako yaitu salah satu bahan bangunan yang berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan pembentuk yang berupa campuran pasir, semen, air dan dalam pembuatannya dapat ditambahkan dengan *styrofoam* sebagai bahan pengisi antara campuran tersebut atau bahan tambah lainnya (*additive*). Kemudian dicetak melalui proses pemadatan sehingga menjadi bentuk balok-balok dengan ukuran tertentu dan dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran serta dalam pemeliharaannya ditempatkan pada tempat yang lembab atau tidak terkena

sinar matahari langsung atau hujan, tetapi dalam pembuatannya dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Terdapat beberapa keuntungan pemasangan batako dibandingkan dengan batu bata, Frick Heinz dan Koesmartadi (1999) antara lain sebagai berikut.

1. Lebih hemat dalam pemakaian adukan.
2. Dinding tidak perlu diplester/ dicat.
3. Pemasangan lebih cepat.
4. Dapat dibuat sendiri dengan peralatan press yang agak sederhana.
5. Menghemat penggunaan air dalam proses membangun.

Sedangkan menurut Wardana Aditya (2006) terdapat salah satu kekurangan batako adalah sifat bahannya yang menyerap panas. Apabila batako yang digunakan untuk dinding, ruangan di dalamnya (*interior*) menjadi kurang nyaman.

## **B. Styrofoam**

1. Pengertian *Styrofoam*

Saat ini bahan yang sangat banyak digunakan dalam kehidupan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman adalah *styrofoam* atau plastik busa yang merupakan salah satu jenis plastik dari sekian banyak bahan lainnya. *Styrofoam* lazim digunakan sebagai bahan pelindung dan penahan getaran barang-barang yang *fragile*, seperti elektronik.

Bahan dasar *styrofoam* adalah *polistiren*, *polistiren* dibuat dari *styrene* ( $C_6H_5-CH=CH_2$ ), suatu jenis plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya dan murah. Namun, bahan tersebut cepat rapuh, karena kelemahannya tersebut, *polistiren* dicampur dengan senyawa butadien. Hal ini menyebabkan *polistiren* kehilangan sifat jernihnya dan berubah warna menjadi putih susu. Kemudian untuk kelenturannya, ditambahkan zat *plasticier* seperti *dioktiltalat* (DOP), butil hidroksi toluena atau *n-butyl stearat* plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel-sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas *chlorofluorocarbon* (CFC). Hasilnya adalah bentuk seperti yang kita gunakan saat ini.

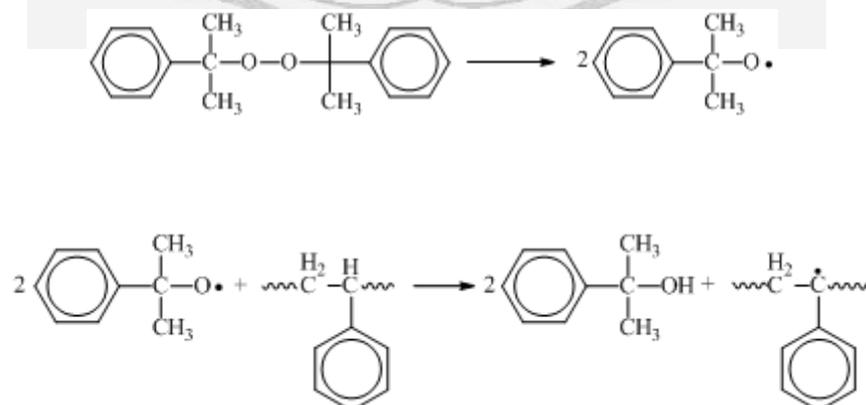
## 2. Proses Pembuatan *Styrofoam*

*Polystyrene* (*Styrofoam*) dibentuk dari molekul-molekul *styrene*. Ikatan rangkap antara bagian  $CH_2$  dan  $CH$  dari molekul disusun kembali hingga membentuk ikatan dengan molekul-molekul *styrene* berikutnya dan pada akhirnya membentuk *polystyrene*. Bilamana *polystyrene* dipanaskan dan udara ditiupkan maka melalui pencampuran tersebut akan terbentuk *styrofoam*. *Styrofoam* memiliki sifat sangat ringan, *moldable* dan merupakan insulator yang baik.

Seluruh plastik terbuat dari karbon. Plastik buatan menggunakan karbon dari turunan minyak bumi, namun biopolimer atau bioplastik menggunakan karbon sebagai hasil turunan dari material alami. Karbon sangat penting karena memiliki keunikan yaitu dapat bergabung antar

sesamanya dengan berbagai cara. Karbon dapat membentuk ikatan tunggal, ikatan rangkap dan ikatan tripel dengan dirinya sendiri (*sharing* elektron antara dua atom). Atom-atom karbon dalam senyawa memiliki empat ikatan yang mengitarinya. Atom karbon dapat bergabung membentuk rantai linier, rantai bercabang atau rantai melingkar. Atom karbon selalu bergabung dengan atom hidrogen dan atom oksigen, tapi juga dapat membentuk ikatan dengan atom-atom lainnya seperti nitrogen, pospor dan klorine.

Senyawa karbon bisa kecil seperti molekul sederhana *methane* atau besar berupa molekul kompleks seperti protein dan plastik atom-atom karbon dalam monomer-monomer yang mengandung karbon membuat ikatan-ikatan dengan atom karbon lainnya dalam monomer-monomer lainnya dengan berbagai cara untuk membentuk plastik. Tipe monomer dan cara monomer itu tersusun akan menghasilkan sifat kimia yang berbeda untuk berbagai plastik. berikut merupakan reaksi pembentukan *styrofoam*.



### 3. Sifat *Styrofoam*

*Styrofoam* memiliki sifat fisik yang relatif tahan bocor, ringan, praktis dan dapat menjaga suhu makanan dengan baik. Hal ini yang membuat *styrofoam* menjadi primadona sebagai pengemas makanan, apalagi didukung harga *styrofoam* yang sangat murah, yaitu hanya 1/3 - 1/2 kali kertas. *Styrofoam* seringkali digunakan secara tidak tepat oleh publik karena sebenarnya *styrofoam* merupakan nama dagang yang telah dipatenkan oleh perusahaan Dow Chemical. Oleh pembuatnya *styrofoam* dimaksudkan untuk digunakan sebagai insulator pada bahan konstruksi bangunan, bukan untuk kemasan pangan. Namun, *styrofoam* sebagai bahan pembungkus pangan maupun untuk kebutuhan lain dapat menimbulkan masalah baik dari segi kesehatan maupun lingkungan, serta tidak sedikit pengaruhnya dalam peningkatan Global Warming. Berikut adalah sifat-sifat *styrofoam*.

- Ketahanan kerja pada suhu rendah (dingin) : Jelek
- Kuat Tensile 256 (j/12) : 0,13-0,34
- Modulus elastisitas tegangan ASTM D747 (MNm x 10<sup>4</sup>) : 27,4-41,4
- Kuat kompresif ASTM D696 (MNm) : 74,9-110
- Muai termal ASTM 696 (mm C x 10) : 6-8
- Titik leleh (lunak °C) : 82-103
- Berat jenis ASTMd 792 : 1,04-1,1
- Elongasi tegangan ASTM 638 (%) : 1,0-2,5
- Kuat fexural ASTM D790 (mnM) : 83,9-118

- Tetapan elektrik ASTM 150 (10 Hz) : 2,4-3,1
- Kalor jenis (kph) (Kg) : 1,3-1,45

*Styrofoam* memiliki sifat basa sehingga dapat bercampur baik dengan pasta semen atau adukan untuk jangka waktu yang lama. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan beton ringan dengan campuran *styrofoam* yang sudah banyak digunakan dan diproduksi dalam dunia konstruksi saat ini.

### C. Batako *Styrofoam*

Batako *styrofoam* merupakan salah satu dari batako ringan yang belum banyak dijumpai dalam bahan bangunan. Batako berbahan baku *styrofoam* memang belum sepopuler batako biasa yang mudah ditemukan di toko material. Penggunaan limbah *styrofoam* menjadi batako karena mudah ditemukan di sekitar wilayah Semarang. Bahan baku *styrofoam* juga lebih unggul dibandingkan dengan semen karena dalam *styrofoam* terkandung banyak serat.

Batako ringan dibuat dengan menambahkan bahan tambahan yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada berat jenis bahan dasar pembentuk batako semen *Portland*. Salah satu alternatif yang dapat ditempuh yaitu dengan menambahkan *styrofoam* kedalam campuran batako semen *Portland* dan mengurangi pemakaian agregat halus. Berat jenis *styrofoam* yang lebih kecil dari pada berat jenis agregat halus pada umumnya memungkinkan dihasilkan batako semen *Portland* yang mempunyai berat lebih ringan dibandingkan dengan batako semen *Portland* normal.

Batako *styrofoam* memiliki ciri fisik hampir sama dengan bata merah. Namun, batako dari hasil limbah *styrofoam* ini memiliki keunggulan dibanding dengan bata merah. Selain lebih mudah dalam pemasangan, batako *styrofoam* mampu meredam suara sehingga sangat cocok digunakan pada bangunan untuk studio band. Sifat *styrofoam* yang mengikat akan membuat batako kuat sangat sesuai untuk daerah rawan gempa dan bangunan yang tinggi, bobotnya yang ringan juga menjadikan pemasangan batako ini juga lebih cepat.

Dengan adanya batako *styrofoam* diharapkan akan banyak yang menggunakannya dalam pembuatan rumah maupun gedung. Hal ini dapat didukung dengan adanya tren penghijauan yang ada ditengah masyarakat dan membuat banyak orang berlomba-lomba untuk membangun konstruksi rumah dengan konsep ramah lingkungan. Belum lagi kelebihanannya sebagai bahan bangunan konstruksi yang tahan gempa.

#### **D. Syarat Mutu Batako**

Menurut SNI 03-0348-1989, syarat mutu Bata Beton (Batako) sebagai berikut.

##### **1. Pandangan Luar**

Bata Beton pejal harus tidak terdapat retak-retak dan cacat, rusak-rusaknya siku satu terhadap yang lain dan sudut rusuknya tidak boleh mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

##### **2. Dimensi dan Toleransi**

Dimensi bata beton pejal ialah seperti tertera pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Dimensi Bata Beton Pejal menurut SNI-03-0348-1989

Bata Beton Pejal	Ukuran Nominal $\pm$ Toleransi *)		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
Besar	400 $\pm$ 3	200 $\pm$ 3	100 $\pm$ 2
Sedang	300 $\pm$ 3	150 $\pm$ 3	100 $\pm$ 2
Kecil	200 $\pm$ 3	100 $\pm$ 2	80 $\pm$ 2

\*) ukuran nominal sama dengan ukuran bata sesungguhnya ditambah 10 mm tebal siar adukan.

### 3. Syarat-Syarat Fisis

Bata beton pejal harus mempunyai sifat fisis sebagai berikut.

Tabel 2.2 Klasifikasi Bata Beton menurut SNI-03-0348-1989

No	Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata							
			Bata Pejal				Bata Berlubang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
A	Kuat tekan rata-rata minimum	kg/cm <sup>2</sup>	100	79	40	25	70	50	35	20
B	Kuat tekan bruto <sup>1</sup> benda uji minimum	kg/cm <sup>2</sup>	90	65	35	21	65	45	30	17
C	Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Catatan :

1. *Kuat tekan bruto* adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda uji pecah dibagi dengan luas ukuran nyata dari permukaan bata yang tertekan, termasuk luas lobang serta cekungan tepi
2. *Tingkat Mutu :*  
*Tingkat I : untuk dinding non struktural terlindungi*  
*Tingkat II : untuk dinding struktural terlindungi (boleh ada beban)*  
*Tingkat III : untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan & panas*  
*Tingkat IV : untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca*

## E. Tipe Batako

Menurut Sukardi Eddi & Tanudi terdapat enam pilihan atau tipe batako yaitu sebagai berikut.

### 1. Tipe A

Dimensi : lebar, tinggi, panjang; 20 x 20 x 40 cm. Berlubang. Dipakai untuk dinding luar.

### 2. Tipe B

Dimensi : lebar, tinggi, panjang; 20 x 20 x 40 cm. Berlubang. Dipakai khusus sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.

### 3. Tipe C

Dimensi : lebar, tinggi, panjang; 10 x 20 x 40 cm. Berlubang. Dipakai untuk dinding pengisi.

### 4. Tipe D

Dimensi : lebar, tinggi, panjang; 10 x 20 x 40 cm. Berlubang. Dipakai sebagai penutup pada dinding pengisi.

### 5. Tipe E

Dimensi : lebar, tinggi, panjang; 10 x 20 x 40 cm. Tidak berlubang. Dipakai untuk dinding pengisi dan untuk hubungan-hubungan sudut dan pertemuan.

### 6. Tipe F

Dimensi : lebar, tinggi, panjang; 8 x 20 x 40 cm. Tidak berlubang. Dipakai sebagai dinding pengisi.

## F. Semen *Portland*

Menurut Mulyono, Tri (2004) Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Semen *Portland* dapat dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips dalam jumlah yang sesuai.

Semen *Portland* terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksidasi besi. Oksida-oksida tersebut saling berinteraksi sehingga terbentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan. Pada tabel 2.3, ditunjukkan komposisi kimia komponen yang ada di dalam semen *Portland*.

Tabel 2.3 Komposisi Semen *Portland*

Oksida	Persen (%)
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17-25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3-8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1-2
Soda/potash, Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	0,5-1

Sumber : Kardiyono, 2007

Pada dasarnya terdapat 4 senyawa yang paling penting, keempat senyawa tersebut ialah sebagai berikut.

Trikalsium silikat (C3S) atau  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Dikalsium silikat (C2S) atau  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

Trikalsium aluminat (C3A) atau  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$

Tetrakalsium aluminoforit (C4AF) atau  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

Dalam pembuatan semen, dilakukan berbagai variasi persentase dari keempat komposisi kimia utama diatas sehingga menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Terdapat banyak jenis semen *Portland* yang mempunyai sifat berbeda-beda diperlihatkan pada Tabel 2.4 sebagai berikut.

Tabel 2.4 Jenis Semen *Portland*

Semen (Tipe)	Sifat-sifat	Penggunaan utama
Semen penggunaan umum (Tipe I)	MgO, SO <sub>3</sub> , hilang pada pembakaran. Kehalusan, pegesetan dan kekuatan secara berturut-turut juga ditentukan. Secara umum mempunyai sifat umum dari semen.	Digunakan secara luas sebagai semen umum untuk teknik sipil dan konstruksi arsitektur.
Semen pengeras pada panas sedang (Tipe II)	Ditentukan untuk mempunyai C <sub>3</sub> S kurang dari 50% dan C <sub>3</sub> A kurang dari 8%. Kalor hidrasi 70 kal/g atau kurang (28 hari) pada	Secara umum dipakai untuk beton masif yang besar. Pekerjaan dasar untuk bendungan, jembatan besar,

	kondisi sedang. Peningkatan dari kekuatan jangka panjang diinginkan.	bangunan-bangunan besar.
Semen berkekuatan tinggi awal (Tipe III)	Mengandung C <sub>3</sub> S maksimum dan gypsum secukupnya untuk pengendalian pensetan. Kekuatan awal (1 hari, 3 hari) diintensifkan, ditentukan untuk mempunyai kekuatan diatas 40 kg/cm <sup>2</sup> selama penekanan 1 hari dan diatas 90 kg/cm <sup>2</sup> selama penekanan 3 hari.	Menggantikan semen penggunaan umum untuk pekerjaan yang mendesak. Cocok untuk pekerjaan di musim dingin. Untuk konstruksi bangunan, pekerjaan pembuatan jalan, dan produk semen.
Semen panas rendah (Tipe IV)	Kalor hidrasi lebih rendah 10 kal/g dari pada semen pengeras pada panas sedang, ditentukan dibawah 60 kal/g (7 hari) dan dibawah 70 kal/g (28 hari) (ASTM). Memberikan kalor hidrasi minimum seperti semen untuk pekerjaan bendungan.	Sama dengan Tipe II

Semen tahan sulfat (Tipe V)	Ditentukan untuk mempunyai C3S dibawah 5% (ASTM). Dusahakan agar kadar C <sub>3</sub> S minimum untuk memperbesar ketahanan terhadap sulfat	Dipakai untuk pekerjaan beton dalam tanah yang mengandung banyak sulfat dan berhubungan dengan air tanah. Pelapisan dari saluran air dalam terowongan, dan lain-lain.
-----------------------------	--	---

Sumber : Tata Surdia, dkk, 1984

### G. Agregat

Agregat merupakan bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton yang biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80%. Agregat ini sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton yang dibentuknya, oleh karena itu pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton. Menurut Murdock LJ & KM Broook (1979), sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan. Adapun jenis-jenis agregat adalah sebagai berikut.

#### 1. Agregat Biasa (Normal)

Agregat biasa sering digunakan pada beton biasa yang sering dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung yang tidak memiliki spesifikasi khusus. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit,

basalt, kuarsa dan sebagainya. Berat jenisnya berkisar antara 2,5 sampai 2,7 dengan beton yang dihasilkan memiliki berat jenis berkisar antara 2,3 sampai 2,5. Beton yang dihasilkan biasa disebut dengan beton normal.

## 2. Agregat Berat

Agregat jenis ini digunakan untuk menghasilkan beton atau dinding yang fungsinya adalah untuk menahan radiasi sinar X dan sering diterapkan pada bangunan rumah sakit. Berat jenis agregat berat lebih dari 2,8 dan dapat menghasilkan beton dengan berat jenisnya tinggi (sampai 5). Sebagai contoh dari agregat ini adalah magnetic ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *barytes* ( $\text{BaSO}_4$ ) atau serbuk besi.

## 3. Agregat Ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton yang dihasilkan juga memiliki berat jenis yang lebih rendah dari beton biasa yaitu kurang dari 1,8. Beton ringan biasanya dipakai untuk elemen non-struktural ataupun elemen struktural-ringan. Salah satu keuntungannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga struktur pendukung dan pondasinya bisa lebih kecil. Agregat ini memiliki pori yang lebih banyak dari agregat lain sehingga daya serapnya jauh lebih besar. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan 2 jenis agregat yaitu agregat biasa (pasir) dan agregat ringan (*styrofoam*).

## H. Pasir

Agregat halus (pasir) terdiri dari butiran sebesar 0,14-5 mm, didapat dari hasil disintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahnya (*artificial sand*), tergantung dari kondisi pembentukan tempat yang terjadinya. Pasir alam dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu pasir galian, pasir sungai, pasir laut, pasir done yaitu bukit-bukit pasir yang dibawa ke tepi pantai.

Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Selain itu juga pasir berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada batako atau produk bahan bangunan campuran semen lainnya. Pasir yang digunakan untuk pembuatan batako harus bermutu baik yaitu pasir yang bebas dari lumpur, tanah liat, zat organik, garam florida dan garam sulfat. Selain itu juga pasir harus bersifat keras, kekal dan mempunyai susunan butir (gradasi) yang baik. Menurut Persyaratan Bangunan Indonesia (1982) agregat halus sebagai campuran untuk pembuatan beton bertulang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

- Pasir harus terdiri dari butir-butir kasar, tajam dan keras.
- Pasir harus mempunyai kekerasan yang sama.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila lebih dari 5% maka agregat tersebut harus dicuci dulu sebelum digunakan. Adapun yang dimaksud lumpur adalah bagian butir yang melewati ayakan 0,063 mm.
- Pasir harus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.

- Pasir harus tidak mudah terpengaruh oleh perubahan cuaca.
- Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk beton.

Selain itu untuk memperoleh pasir dengan gradasi yang baik perlu diadakan pengujian di laboratorium. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang telah ditentukan dalam PBI 1971, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

- Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2 % dari berat total.
- Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10 % dari berat total.
- Sisa di atas ayakan 0,22 mm, harus bekisar antara 80 % - 90 % dari berat total.

Penjabaran dari berbagai pengujian terhadap pasir adalah sebagai berikut.

#### 1. Kadar Air Pasir

Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam pasir. Kadar air dapat dibedakan menjadi empat jenis : kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair; kadar air kering udara, yaitu kondisi permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air; jenuh kering muka (*saturated surface dry*), yaitu keadaan dimana tidak ada air pada kondisi ini, air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton; kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton. Dari keempat kondisi beton hanya dua kondisi yang

sering dipakai yaitu kering tungku dan kondisi SSD (Tri Mulyono, 2003 : 89).

## 2. Gradasi Pasir

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah : 9,60; 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30 dan 0,15 mm. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa modulus halus butir (mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Mhb menunjukkan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persen kumulatif tertahan dibagi 100. Semakin besar nilai mhb menunjukkan semakin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya nilai mhb pasir berkisar antara 1,5-3,8 (Tjokrodimuljo, 1998 dalam Warih Pambudi). SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran pasir dapat dibagi menjadi empat daerah atau zona, yaitu zona I (kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus) dan zona IV (halus), sebagaimana tampak pada Tabel 2.5 (Slamet Widodo, 2007 : 4).

Tabel 2.5 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,60	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	90-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Daerah I = Pasir kasar

Daerah II = Pasir agak kasar

Daerah III = Pasir agak halus

Daerah IV = Pasir halus

### 3. Berat Jenis Pasir

Berat jenis pasir ialah rasio antara massa padat pasir dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Berat jenis pasir dari agregat normal adalah 2,0-2,7, berat jenis pasir dari agregat berat adalah lebih dari 2,8 dan berat jenis pasir dari agregat ringan adalah kurang dari 2,0 (Tjokrodinuljo, 2007).

#### 4. Berat Satuan Pasir

Berat satuan pasir adalah berat pasir dalam satu satuan volume. Berat satuan dihitung berdasarkan berat pasir dalam suatu bejana dibagi volume bejana tersebut, sehingga yang dihitung adalah volume padat pasir (meliputi volume tertutup dan volume pori terbukanya). Berat satuan pasir dari agregat normal adalah 1,50-1,80 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodinuljo, 2007).

##### I. Air

Air adalah alat untuk mendapatkan kelecikan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecikan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan (Nugraha, Paul & Antoni, 2007). Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting dan juga paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen *Portland* dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan).

Dalam penggunaannya, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30 persen dari berat semen, namun dalam kenyataannya biasa dipakai lebih dari 40 persen yang berarti nilai faktor air semennya lebih dari 0,40. Hal ini dilakukan agar proses pengadukan beton dapat dikerjakan, semakin banyak air untuk pelumas maka adukan beton semakin mudah dikerjakan. Namun apabila terlalu banyak air juga akan berpengaruh jelek terhadap beton karena akan mengakibatkan porous setelah beton kering dan menyebabkan kekuatannya rendah.

Air sebagai bahan bangunan harus memenuhi syarat-syarat dalam penggunaannya. Berikut merupakan standar SK-SNI-S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A.

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram per liter.
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram per liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai  $\text{SO}_2$ ) lebih dari 0,05 gram per liter.

#### **J. Penelitian Sebelumnya**

Tiurma Simbolon (2009) melakukan penelitian mengenai batako ringan dengan tambahan limbah *styrofoam* pembungkus barang-barang elektronik yang dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Fisika-LIPI selama empat bulan. Variasi rasio *styrofoam* terhadap pasir adalah 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 dan 0 : 100 (dalam % volume), dan waktu pengerasan: 7, 14, 21, dan 28 hari. Parameter pengujian yang dilakukan meliputi: densitas, penyerapan air, kuat tekan, kuat tarik, kuat patah, daya redam suara dan analisa mikrostruktur.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa batako ringan dengan variasi komposisi terbaik adalah 80 % (volume) *styrofoam* dan 20 % (volume) pasir, jumlah semen pada kondisi tetap (315 gr) dan waktu pengeringan selama 28 hari. Pada komposisi tersebut, batako ringan yang dihasilkan memiliki densitas  $0,91 \text{ gr/cm}^3$ , penyerapan air 10,4 %, kuat tekan 2,8 Mpa, kuat tarik 0,21 Mpa dan kuat patah 0,6 Mpa. Batako ringan ini mampu merespon dengan baik menyerap suara pada frekuensi 125, 270, 500 dan 1000 Hz, dengan koefisien penyerapan suara pada frekuensi tersebut masing-masing sekitar 18,41;33,88;14,29 dan 8,91 %. Berdasarkan analisa mikrostruktur menunjukkan bahwa batako yang dihasilkan relatif berpori tidak merata dengan ukuran lebih kecil dari  $50 \mu\text{m}$ . Distribusi partikel pada campuran batako yang dihasilkan tidak merata ditandai dengan adanya ukuran *styrofoam* paling kecil pada ukuran sekitar  $100 \mu\text{m}$ , sampai paling besar 2 mm yang tersusun dalam campuran semen dan pasir. Dari penelitian-penelitian tentang batako ringan yang telah diuraikan di atas, maka dapat kita lihat hasilnya dalam tabel.

Tabel 2.6 Hasil Penelitian Batako Ringan Sebelumnya.

No	Peneliti (Tahun)	Penambahan Styrofoam (%)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Penyerapan Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tarik (Mpa)	Kuat Patah (Mpa)
1	Tiurma Simbolon (2009)	0	2,28-2,38	29-41	10,40-12,72	1,03-1,21	1,63-1,87
		20	1,65-1,76	23-33,9	8,3-10	0,88-1,07	1,36-1,60
		40	1,46-1,58	18-27	6,2-7,2	0,57-0,68	1,21-1,45
		60	1,09-1,20	14-22,3	4-4,9	0,29-0,44	0,94-1,12
		80	0,79-0,91	10,4-18,3	1,88-2,8	0,09-0,21	0,41-0,6
		100	0,40-0,50	7,6-15	0,32-0,48	0,03-0,05	0,09-0,12

### K. Kerangka Berfikir

Bata beton (batako) merupakan salah satu bahan bangunan yang berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan campuran yang berupa pasir, semen, air dan dalam pembuatan tambahan lainnya dapat ditambahkan dengan bahan lainnya (*additive*). Pembuatan batako dilakukan dengan mencetak sehingga menjadi bentuk balok, silinder atau yang lainnya dengan ukuran tertentu dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran yang digunakan sebagai bahan pasangan untuk dinding.

Kekuatan atau mutu batako sangat dipengaruhi oleh cara pembuatan dan komposisi dari penyusun-penyusunnya. Pembuatannya dapat dilakukan melalui proses manual (cetak tangan) dan press mesin. Perbedaan dari keduanya dapat dilihat dari kepadatan permukaan yang dihasilkan. Batako terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan dalam

pemasangan. Batako dapat dikualifikasikan menjadi dua golongan yaitu batako normal dan batako *styrofoam* ringan.

Untuk menciptakan batako ringan maka ditambahkan limbah *styrofoam* dengan tujuan untuk mengurangi pembebanan pada konstruksi di bawah dinding. Keuntungan lain dari pembuatan batako ini adalah untuk mempercepat dalam proses pemasangan dinding dikarenakan batako yang dihasilkan lebih ringan. Dalam pelaksanaannya digunakan limbah *styrofoam* dengan butiran 3mm-10mm untuk menghindari pengembangan yang terlalu besar setelah proses pengepresan. Hal ini akan berakibat pada rongga udara yang terlalu berlebih sehingga menyebabkan daya serap batako yang dihasilkan terlalu besar.

Penambahan limbah *styrofoam* terhadap batako sangat berpengaruh pada densitas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena *styrofoam* yang memiliki berat yang sangat ringan. Selain berpengaruh terhadap densitas, penambahan *styrofoam* juga berpengaruh terhadap kuat tekan dan daya serap air. Dari pengaruh penambahan *styrofoam* ini maka akan dilakukan penelitian terhadap batako tanpa *styrofoam* dengan batako yang ditambahkan dengan *styrofoam* dengan persentase tertentu sehingga batako *styrofoam* yang dihasilkan dapat memenuhi spesifikasi sesuai dengan klasifikasi batako (bata beton pejal) menurut SNI-03-0348-1989 sehingga dari masing-masing perencanaan campuran dapat dikategorikan sesuai klasifikasi tersebut.

## L. Hipotesis

Sesuai dengan kajian pustaka dan kerangka berpikir yang dikemukakan diatas, maka dapat diajukan hipotesis penelitian adalah penambahan *styrofoam* sebagai bahan campuran pembuatan batako berpengaruh terhadap nilai densitas yaitu semakin besar penambahan *styrofoam* maka nilai densitasnya akan semakin kecil. Hipotesis yang kedua adalah penambahan *styrofoam* sebagai bahan campuran pembuatan batako berpengaruh terhadap kuat tekan yaitu semakin besar penambahan *styrofoam* maka nilai kuat tekannya akan semakin kecil. Hipotesis yang terakhir adalah penambahan limbah *styrofoam* sebagai bahan campuran pembuatan batako akan berpengaruh terhadap daya serap air yaitu semakin besar penambahan *styrofoam* maka daya serap airnya akan semakin kecil. Dari uraian di atas maka hipotesis dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$H_0 > H_1$$

$$H_0 > H_2$$

$$H_0 > H_3$$

dimana :

$H_0$  : Penambahan *styrofoam* pada batako

$H_1$  : Nilai densitas batako

$H_2$  : Kuat tekan batako

$H_3$  : Daya serap air batako.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Agar suatu penelitian memperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan maka peneliti memandang perlu dan sangat penting untuk menetapkan langkah-langkah yang dituangkan dalam metode penelitian ini, langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut.

#### **A. Pelaksanaan Penelitian**

##### **1. Tempat Penelitian**

Pelaksanaan pembuatan benda uji batako *styrofoam* dilakukan di pabrik batako “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran. Pengujian Densitas, Daya Serap Air dan Kuat Tekan dilakukan di Laboratorium Bahan jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

##### **2. Rancangan Penelitian**

Rancangan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh *treatment* (perlakuan) tertentu (Sugiyono 2010). Rancangan penelitian ini menggunakan desain *static group comparison* dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemanfaatan limbah *styrofoam* sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako yang ditinjau dari densitas, kuat tekan dan daya serap air. Unit studi penelitian ini adalah batako sebanyak 130 buah.

##### **3. Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi adalah keseluruhan subjek penelitian, sedangkan sampel adalah sebagian atau wakil populasi yang diteliti (Arikunto 2010). Dalam

menentukan populasi dan sampel penelitian disesuaikan dengan *treatment* yang sudah ditentukan yaitu penambahan limbah *styrofoam* terhadap campuran batako. Dari sini dapat diketahui populasi dan sampel yang nantinya digunakan dalam penelitian.

Populasi dalam penelitian ini adalah batako yang diproduksi di “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran. Sedangkan sampelnya adalah 130 buah batako dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 3.1 Sampel benda uji

Kode Sampel	Gradasi			Pengujian			Jumlah
	Semen (cm <sup>3</sup> )	Pasir (% Volume)	Styrofoam (% Volume)	Densitas	Serapan Air	Kuat Tekan	
A	100	100	0	1	8	4	13
B	100	90	10	1	8	4	13
C	100	80	20	1	8	4	13
D	100	70	30	1	8	4	13
E	100	60	40	1	8	4	13
F	100	50	50	1	8	4	13
G	100	40	60	1	8	4	13
H	100	30	70	1	8	4	13
I	100	20	80	1	8	4	13
J	100	10	90	1	8	4	13
Jumlah Benda Uji							130

Sampel di atas diambil dengan teknik sampel bertujuan atau *purposive sample* yaitu dengan cara mengambil subjek bukan didasarkan strata, random atau daerah tetapi didasarkan atas tujuan tertentu. Tujuan yang dimaksud adalah untuk memenuhi kriteria dan kebutuhan penelitian

yang terdiri dari densitas, kuat tekan dan daya serap air yang berjumlah 130 buah batako yang dapat dilihat dari tabel 3.1.

Dari tabel di atas, pengujian dibagi menjadi empat tahapan yaitu pada umur batako 7, 14, 21 dan 28 hari. Untuk pengujian densitas dibutuhkan 1 buah batako dengan cara dipotong-potong menjadi beberapa bagian kecil sehingga lebih mudah dalam pengerjaannya, pengujian ini membutuhkan 8 sampel. Pengujian daya serap air dibutuhkan 8 buah batako yang langsung dijadikan sampel. Sedangkan untuk pengujian kuat tekan dibutuhkan 4 buah batako dengan cara memotong tiap-tiap batako menjadi 3 bagian berbentuk kubus sesuai dengan prosedur pengujian kuat tekan dimana panjang semua sisinya harus sama. Dalam penelitian ini sampel dibentuk dengan dimensi 8x8x8 cm dengan banyaknya sampel 13 buah. Untuk lebih rincinya dapat dilihat dari tabel berikut ini.

Tabel 3.2 Jenis dan Banyaknya Pengujian

Kode Sampel	Pengujian												Jumlah		
	( Umur 7 hari)			( Umur 14 hari)			( Umur 21 hari)			( Umur 28 hari)					
	D	S	K	D	S	K	D	S	K	D	S	K	D	S	K
A	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
B	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
C	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
D	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
E	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
F	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
G	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12

H	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
I	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12
J	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	8	8	12

Ket :

D : Densitas

S : Daya Serap Air

K : Kuat Tekan

#### 4. Variabel Penelitian

Variabel adalah obyek penelitian atau apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian (Suharsimi Arikunto, 1992 : 91). Variabel dalam penelitian ini ada tiga macam yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

##### a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (Sugiono, 1999 : 20). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi persentase penambahan *styrofoam* dan pengurangan pasir. Dalam hal ini penambahan *styrofoam* dan pengurangan pasir adalah sebagai berikut.

- 1) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 0%
- 2) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 10%
- 3) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 20%
- 4) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 30%

- 5) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 40%
- 6) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 50%
- 7) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 60%
- 8) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 70%
- 9) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 80%
- 10) 1 semen *portland* : 12 pasir, terhadap pengurangan pasir 90%

**b. Variabel Terikat**

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 1999 : 20). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jenis pengujian yang dilakukan pada batako *styrofoam*, yaitu densitas, kuat tekan dan daya serap air.

**c. Variabel Kontrol**

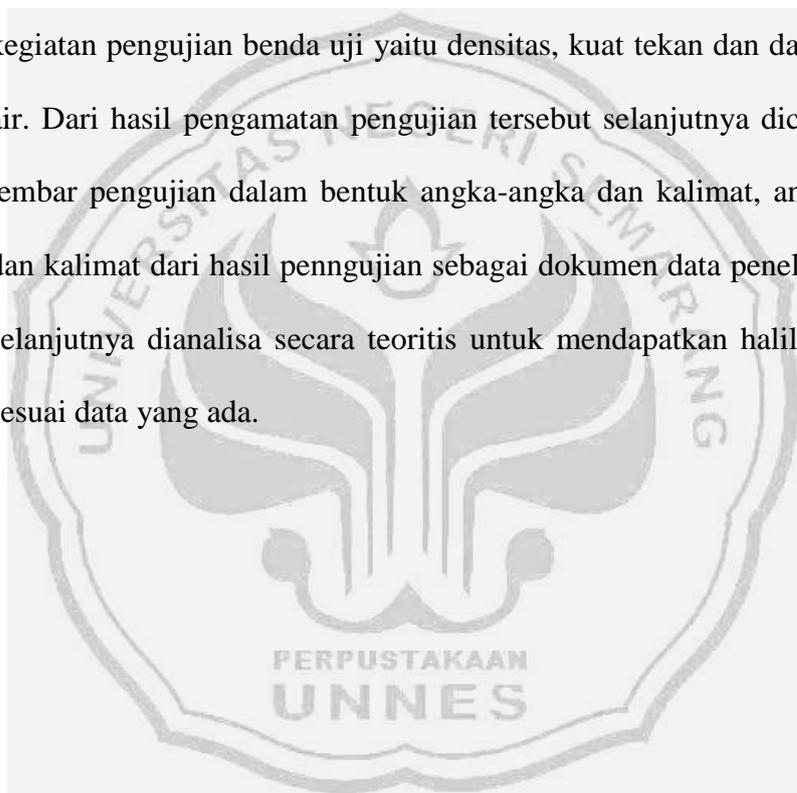
Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan dilihat konstan sehingga peneliti dapat melakukan penelitian bersifat membandingkan (Sugiyono, 1999 : 20). Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian adalah bahan-bahan pembuat batako, nilai fas, alat-alat yang digunakan dalam pengujian batako dan bahan serta tempat pengujian batako (Laboratorium).

**5. Metode Pengumpulan Data**

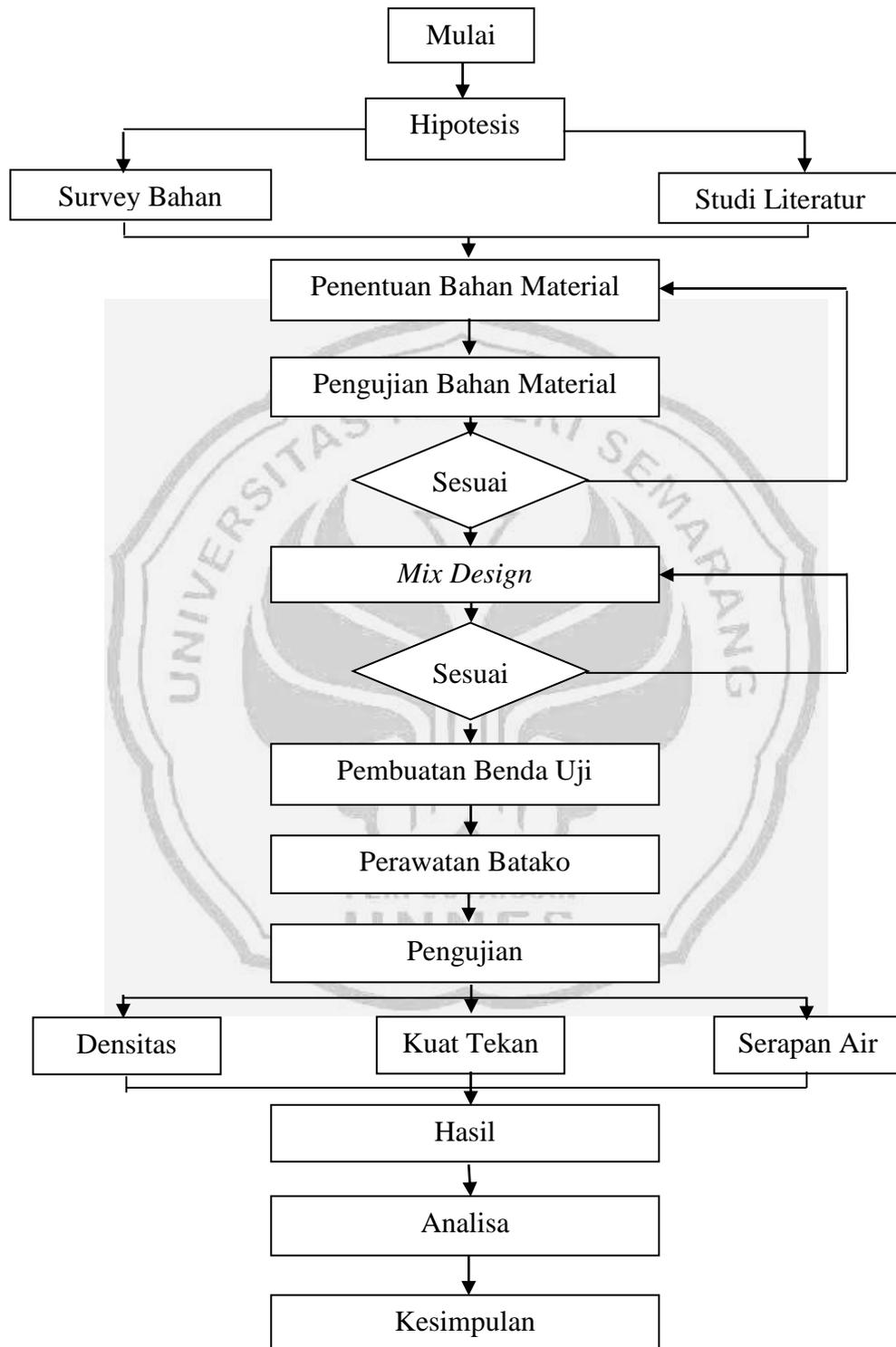
Metode pengumpulan data merupakan instrument yang merupakan keberhasilan suatu penelitian. Oleh karena itu dalam menentukan metode yang digunakan harus bebar-benar sesuai dengan jenis-jenis data yang

akan diselidiki. Secara garis besar data yang akan diselidiki dalam penelitian ini berupa densitas, kuat tekan dan daya serapan air, maka metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengujian densitas, kuat tekan dan daya serapan air di Laboratorium.

Dalam melakukan pengujian tidak terlepas dari suatu pengamatan dan pencatatan, dalam penelitian ini pengamatan dilakukan terhadap kegiatan pengujian benda uji yaitu densitas, kuat tekan dan daya serapan air. Dari hasil pengamatan pengujian tersebut selanjutnya dicatat dalam lembar pengujian dalam bentuk angka-angka dan kalimat, angka-angka dan kalimat dari hasil pengujian sebagai dokumen data penelitian, yang selanjutnya dianalisa secara teoritis untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai data yang ada.



## 6. Bagan alur studi penelitian



Gambar 3.1. Metodologi Penelitian

## B. Bahan dan Alat

### 1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen *portland* merk Gresik dengan kemasan 40 kg.

#### b. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir Muntilan yang lolos ayakan 5 mm.

#### c. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air bersih yang terdapat di tempat pembuatan sampel dan pengujian sampel.

#### d. Styrofoam

*Styrofoam* yang digunakan yaitu *styrofoam* bekas (limbah) yang terdapat pada pabrik di Kaligawe Semarang dengan ukuran 3mm-10mm.

### 2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini baik meliputi pembuatan sampel dan pengujian sampel adalah sebagai berikut.

#### a. Ayakan dan Mesin Penggetar

Ayakan dan mesin penggetar digunakan untuk memeriksa gradasi pasir. Ayakan yang digunakan merk TATONAS. Susunan lubang

untuk ayakan pasir, berturut-turut adalah : 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,60 mm; 0,30 mm dan 0,15 mm serta dilengkapi dengan tutup.

b. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menentukan/ menimbang bahan penyusun dari batako yang meliputi pasir dan *styrofoam*.

c. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan *styrofoam*.

d. Wadah dan Pengaduk

Wadah digunakan untuk membuat campuran batako agar lebih mudah dan diaduk dengan pengaduk agar dapat tercampur dengan merata.

e. Cetakan Batako

Cetakan digunakan untuk menuang adonan batako yang telah dicampur agar terbentuk batako sesuai dengan keinginan.

f. Bak Air

Bak Air digunakan untuk merendam benda uji (batako) dalam pengujian serapan air.

g. Rol Meter

Rol meter digunakan untuk mengukur secara detail dan lengkap dimensi batako.

h. Oven Pengering (*drying oven*)

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian gradasi agregat dan densitas.

i. Desikator

Desikator digunakan untuk mendinginkan bahan benda uji setelah dikeluarkan dari oven.

j. Neraca digital

Neraca digital digunakan untuk menimbang *styrofoam* dan batako *styrofoam* pada pengujian densitas.

k. *Universal Testing Machine* (UTM)

UTM digunakan untuk melakukan pengujian pada kuat tekan batako.

## C. Prosedur Pengujian

### 1. Bahan Uji

a. Semen yang digunakan adalah semen *portland* merk Gresik dengan kemasan 40 kg.

b. Pasir yang digunakan adalah pasir Muntilan yang umum dalam perdagangan.

c. Limbah *styrofoam* yang digunakan dalam penelitian adalah *styrofoam* bekas yang diambil dari pabrik di Kaligawe Semarang.

d. Air yang digunakan berasal dari tempat pembuatan benda uji dan dari Laboratorium Bahan Teknik Sipi Fakultas Teknik UNNES Semarang.

## 2. Standar Penelitian

### a. Pengujian Pasir

- 1) Pengujian gradasi, menggunakan standart SK-SNI-M-08-1989-F tentang Standart Pengujian dan Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.
- 2) Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, menggunakan standart pengujian “Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi Laboratorium Pengujian Beton dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang”.
- 3) Pengujian berat satuan, menggunakan standart pengujian “Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi Laboratorium Pengujian Beton dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang”.
- 4) Pemeriksaan kadar lumpur, menggunakan standart pengujian “Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi Laboratorium Pengujian Beton dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang”.

### b. Pengujian *Styrofoam*

Pengujian berat jenis *styrofoam*, menggunakan standart pengujian “Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi Laboratorium Pengujian Beton dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang”.

c. Pengujian Batako *Styrofoam*

Pengujian yang dilakukan terhadap batako *styrofoam* adalah densitas, kuat tekan, dan daya serap air dengan menggunakan standart pengujian “Petunjuk Praktikum Asisten Teknisi Laboratorium Pengujian Beton dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang”.

**D. Tahap Penelitian**

**1. Pengambilan Sampel**

Persiapan dan pemeriksaan bahan penyusun batako dilaksanakan di Laboratorium bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Bahan-bahan tersebut antara lain semen Gresik kemasan 40 kg, pasir Muntilan, *styrofoam* dan air.

**2. Pengujian Sampel**

Setelah proses persiapan sudah selesai dilaksanakan, maka semua bahan penyusun batako harus diuji sesuai dengan pengujian pada masing-masing bahan penyusun tersebut sehingga bahan-bahan yang akan digunakan telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun batako.

**3. Pembuatan Sampel**

Pembuatan sampel dilakukan setelah bahan-bahan penyusun batako telah diuji dan memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan. Pembuatan sampel sendiri dilaksanakan di Pabrik Batako “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran.

## E. Pemeriksaan Bahan

### 1. Pasir

#### a. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

- Ambil benda uji yang lolos saringan no. 4 sebanyak 1000 gram. Buat seperempat bagian agar contoh dapat mewakili populasi penelitian, atau gunakan alat pemisah (*sample splitter*) kemudian ambil sebanyak 1000 gram.

- Masukkan ke dalam alat pemisah sehingga benda uji tersebut terbagi menjadi dua bagian.

- Keringkan dalam *oven* pada suhu  $100^{\circ}$  C selama 24 jam lalu dinginkan.

- Rendam dalam air kurang lebih selama 24 jam.

- Tebarkan contoh di atas talam lalu aduk-aduk di udara terbuka dengan panas matahari, sehingga terjadi proses pengeringan yang merata atau dengan cara dipanaskan di atas kompor.

- Apabila suhu contoh benda uji sudah sama dengan suhu ruang, masukkan ke dalam kerucut kuningan dibagi menjadi tiga

bagian, lapis pertama dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 8

kali, lapis kedua dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 8 kali,

lapis ketiga dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 9 kali,

sehingga jumlah seluruh tumbukan sebanyak 25 kali dengan

tinggi jatuh 5 mm di atas permukaan contoh secara merata dan

jatuh bebas.

- Bersihkan daerah sekitar kerucut dari butiran agregat yang tercecer.
- Angkat kerucut dalam arah vertikal secara perlahan-lahan.
- Amati contoh saat dibuka, apabila masih terletak rapi, maka contoh masih basah, keringkan kembali contoh tersebut dan apabila contoh jatuh keseluruhan maka contoh terlalu kering.

Ulangi dengan contoh yang baru tanpa adanya penambahan air, kemudian lakukan percobaan seperti langkah ke-7 di atas. Angkat kerucut (*cone*) apabila contoh berbentuk kerucut maka contoh tersebut dapat dinyatakan dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*).

- Masukkan ke dalam pan dan cover untuk menghindari penguapan.
- Amati benda uji yang tercetak tersebut, apabila masih terdapat lapisan air di permukaannya, percobaan diulangi lagi setelah dilakukan pengeringan secukupnya. Bila tidak terdapat lapisan air di permukaannya dan terjadi penurunan pada permukaan benda uji, berarti sudah mencapai kondisi kering permukaan.
- Isi labu ukur dengan air suling setengahnya lalu masukkan benda uji tadi sebanyak 500 gram, jangan sampai ada butiran yang tertinggal. Tambahkan air suling sampai 90% kapasitas labu ukur.

- Gunakan pompa *vacum* untuk mengeluarkan gelembung-gelembung udara di dalamnya.
- Rendam dalam air sehingga suhunya mencapai 25° C lalu tambahkan air suling sampai tanda batas.
- Timbang dengan timbangan yang memiliki ketelitian 0,1 gram (C).
- Cari berat kering benda uji dengan memanaskannya dalam oven selama 24 jam pada suhu 100° C (A).
- Isi labu ukur tadi dengan air suling sampai tanda batas lalu timbang dengan timbangan yang memiliki ketelitian 0,1 gram (B).

Hitung :

$$\text{Bulk specific gravity} = B / ((C + A) - D)$$

$$\text{Bulk specific gravity (SSD)} = A / ((C + A) - D)$$

$$\text{Apparent specific gravity} = B / (C + B - D)$$

$$\text{Absorbtion (penyerapan)} = ((A - B) / B) \times 100\%$$

b. Pemeriksaan Gradasi Pasir

- Ambil contoh agregat secukupnya, gunakan *sample spliter* untuk pembagian butir secara merata.
- Timbang contoh agregat yang akan digunakan, kemudian dioven pada suhu 110<sup>0</sup> C selama 24 jam atau sampai berat agregatnya tetap.
- Timbang masing-masing saringan.

- Susun saringan pada mesin pengguncang, yang paling bawah adalah pan kemudian saringan dengan lubang terkecil dan seterusnya sampai dengan lubang yang terbesar.
  - Masukkan agregat pada saringan tersebut, selanjutnya hidupkan motor mesin pengguncang (atau diguncang secara manual) selama 10 menit.
  - Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap.
  - Buka saringan tersebut kemudian ditimbang berat masing-masing saringan berikut isinya.
  - Hitung berat agregat yang tertahan pada masing-masing saringan.
- c. Pemeriksaan Kandungan Lumpur
- Ambil benda uji dari lapangan dengan menggunakan cara seperempat atau menggunakan *sample splitter* untuk memperoleh benda uji yang memenuhi persyaratan penelitian.
  - Masukkan dalam *oven* dengan temperatur 110<sup>0</sup> C selama 24 jam.
  - Saring benda uji, untuk agregat halus di ambil yang tertahan pada saringan No.50.
  - Timbang cawan kosong untuk masing-masing benda uji kering semula (A).

- Masukkan masing-masing benda uji ke dalam cawan, cuci benda uji kotor kering oven tersebut sehingga betul-betul bersih dari lumpur dari lempung yang melekat dan tercampur.
- Keringkan dalam oven dengan temperatur  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam terus menerus.
- Selanjutnya masukkan ke dalam desikator untuk mempercepat proses pendinginan benda uji.

- Timbangan cawan + benda uji bersih kering akhir (B).
- Selanjutnya hitung besarnya kadar lumpur dan kadar lempungnya dengan rumus berikut ini;

$$\text{Kadar Lumpur} = (A - B) / A \times 100\%$$

d. Pemeriksaan Berat Satuan

- Ambil *container* isi (  $V = 5$  liter ).
- Timbang *container* ( A ) gram.
- Masukkan campuran agregat kasar ke dalam *container* tersebut kira-kira  $1/3$  bagian lalu tusuk-tusuk dengan batang pematik sebanyak 25 kali.
- Ulangi hal yang sama untuk lapisan kedua.
- Untuk lapisan terakhir, masukkan campuran agregat kasar sehingga melebihi permukaan atas *container* (sampai meluap) lalu tusuk-tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- Letakkan di atas meja penggetar lalu pasang penjepitnya.

- Hidupkan motor penggerak selama 5 menit hingga tercapai kepadatan.
- Ratakan permukaan campuran agregat dengan alat perata.
- Untuk agregat yang besar ambil kelebihan anegat, selanjutnya diatur sedemikian rupa sehingga volume agregat yang berada di atas *container* kurang lebih sama dengan volume rongga di permukaan.

- Timbang *container* berikut isinya ( C ).

Hitung :  $\text{Berat Isi} = ( C - A ) / V \text{ gr/cm}^3$

## 2. Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen dalam keadaan tertutup rapat dan setelah dibuka tidak ada gumpalan serta butirannya halus. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Gresik kemasan 40 kg.

## 3. Air

Pemeriksaan terhadap air juga dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air minum. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari tempat pembuatan sempel yaitu di Pabrik Batako “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran.

#### 4. *Styrofoam*

Pemeriksaan terhadap *styrofoam* dilakukan dengan memeriksa besaran butiran-butirannya dengan cara diayak sehingga didapatkan ukuran butiran yang diinginkan yaitu 3mm-10mm.

### F. Pembuatan Benda Uji

#### 1. Tahap Persiapan

- a. Persiapan pasir yang akan digunakan, pasir yang digunakan adalah pasir Muntilan.
- b. Persiapan semen *portland* yang akan digunakan, yaitu dengan memeriksa apakah semen dalam kondisi halus tidak menggumpal. Semen yang digunakan adalah semen Gresik dengan kemasan 40 kg.
- c. Persiapan *styrofoam* yang akan digunakan, yaitu dengan memilih *styrofoam* yang memiliki ukuran butir 3mm-10mm.

#### 2. Pemeriksaan Karakteristik Pasir

Pemeriksaan karakteristik pasir bertujuan untuk mengetahui keadaan fisik pasir yang sebenarnya. Pemeriksaan karakteristik pasir yang digunakan sesuai dengan pengujian standar, yaitu sebagai berikut.

- a. Pemeriksaan berat jenis pasir
- b. Pemeriksaan berat satuan pasir
- c. Pemeriksaan kadar air pasir
- d. Pemeriksaan gradasi pasir

### 3. Menetapkan Faktor Air Semen (FAS)

Nilai fas yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,28. Penambahan *styrofoam* sesuai dengan besarnya persentase *styrofoam* yang dipakai terhadap volume pasir. Setelah itu dicoba ditambahkan air sedikit demi sedikit (volume air yang ditambahkan selalu dicatat) secara merata sambil tetap diaduk, sampai didapatkan adukan mortar yang homogen dan dirasakan sudah memiliki nilai fas yang cocok untuk pengadukan dan pembuatan mortar yang siap untuk dicetak.

### 4. Perencanaan Kebutuhan Bahan (*Mix Design*)

Dalam penelitian ini dibuat adukan dengan komposisi 1 semen : 12 pasir yang selanjutnya dikonversikan kedalam perbandingan volume. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah perencanaan kebutuhan bahan per adukan dalam membuat sejumlah benda uji batako. Sedangkan kebutuhan *styrofoam* sebagai bahan substitusi dari pasir adalah dengan menghitung setiap campuran terhadap volume pasir yang telah dihitung sebelumnya. Rencana perbandingan bahan penyusun batako dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 3.3 Perencanaan Kebutuhan Bahan (*Mix Design*)

Volume	Perbandingan Campuran (semen : pasir : styrofoam)	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Air (ltr)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Styrofoam (kg)
1 m <sup>3</sup>	1 pc : 12,0 ps : 0,00 sty	1659,23	21,54	96,15	1541,54	0,00
	1 pc : 10,8 ps : 1,20 sty	1507,25	21,54	96,15	1387,39	2,18
	1 pc : 9,60 ps : 2,40 sty	1355,27	21,54	96,15	1233,23	4,36
	1 pc : 8,40 ps : 3,60 sty	1203,30	21,54	96,15	1079,07	6,54

1 m3	1 pc : 7,20 ps : 4,80 sty	1051,33	21,54	96,15	924,93	8,71
	1 pc : 6,00 ps : 6,00 sty	899,35	21,54	96,15	770,77	10,89
	1 pc : 4,80 ps : 7,20 sty	747,37	21,54	96,15	616,61	13,07
	1 pc : 3,60 ps : 8,40 sty	595,40	21,54	96,15	462,46	15,25
	1 pc : 2,40 ps : 9,60 sty	443,42	21,54	96,15	308,30	17,43
	1 pc : 1,20 ps : 10,8 sty	291,45	21,54	96,15	154,16	19,61
1 Batako (0,0057 m3)	1 pc : 12,0 ps : 0,00 sty	9,39	0,12	0,54	8,73	0,00
	1 pc : 10,8 ps : 1,20 sty	8,53	0,12	0,54	7,85	0,01
	1 pc : 9,60 ps : 2,40 sty	7,67	0,12	0,54	6,98	0,02
	1 pc : 8,40 ps : 3,60 sty	6,81	0,12	0,54	6,11	0,04
	1 pc : 7,20 ps : 4,80 sty	5,95	0,12	0,54	5,24	0,05
	1 pc : 6,00 ps : 6,00 sty	5,09	0,12	0,54	4,36	0,06
	1 pc : 4,80 ps : 7,20 sty	4,23	0,12	0,54	3,49	0,07
	1 pc : 3,60 ps : 8,40 sty	3,37	0,12	0,54	2,62	0,09
	1 pc : 2,40 ps : 9,60 sty	2,51	0,12	0,54	1,75	0,10
	1 pc : 1,20 ps : 10,8 sty	1,65	0,12	0,54	0,87	0,11
13 Batako (0,0679 m3)	1 pc : 12,0 ps : 0,00 sty	122,11	1,59	7,08	113,45	0,00
	1 pc : 10,8 ps : 1,20 sty	110,92	1,59	7,08	102,10	0,16
	1 pc : 9,60 ps : 2,40 sty	99,74	1,59	7,08	90,76	0,32
	1 pc : 8,40 ps : 3,60 sty	88,55	1,59	7,08	79,41	0,48
	1 pc : 7,20 ps : 4,80 sty	77,37	1,59	7,08	68,07	0,64
	1 pc : 6,00 ps : 6,00 sty	66,19	1,59	7,08	56,72	0,80
	1 pc : 4,80 ps : 7,20 sty	55,00	1,59	7,08	45,38	0,96
	1 pc : 3,60 ps : 8,40 sty	43,82	1,59	7,08	34,03	1,12
	1 pc : 2,40 ps : 9,60 sty	32,63	1,59	7,08	22,69	1,28
	1 pc : 1,20 ps : 10,8 sty	21,45	1,59	7,08	11,34	1,44

## 5. Pembuatan Benda Uji Batako *Styrofoam*

### a. Persiapan Bahan Penyusun Batako

Persiapan yang utama antara lain persiapan bahan baku batako dan tempat untuk pengerjaannya. Bahan yang harus disiapkan adalah pasir, semen *portland*, *styrofoam* dan air. Sedangkan untuk pembuatannya dilaksanakan di Pabrik Batako “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran.

### b. Pencampuran dan Pengadukan Bahan

Pencampuran dan pengadukan dilakukan dengan cara menambahkan air sedikit demi sedikit ke dalam campuran bahan sampai didapatkan adonan yang sesuai untuk pengepresan. Setelah semua bahan sudah tercampur merata maka yang selanjutnya dikerjakan adalah menuangkan adonan ke dalam cetakan.

### c. Pencetakan dan Pengepresan

Bahan yang sudah dicampur dan diaduk siap untuk dituangkan ke dalam cetakan yang sudah disediakan. Cetakan yang direncanakan berdimensi 9 x 17 x 37 cm sesuai dengan cetakan yang ada di pabrik batako. Alat press yang digunakan adalah press mesin sebagaimana batako-batako pada umumnya di pasaran.

### d. Perawatan

Dalam suatu proses pembuatan batako ini, proses perawatan juga perlu diperhatikan. Dalam hal ini, proses perawatan dilakukan

dengan merendam batako di dalam bak air yang berada di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

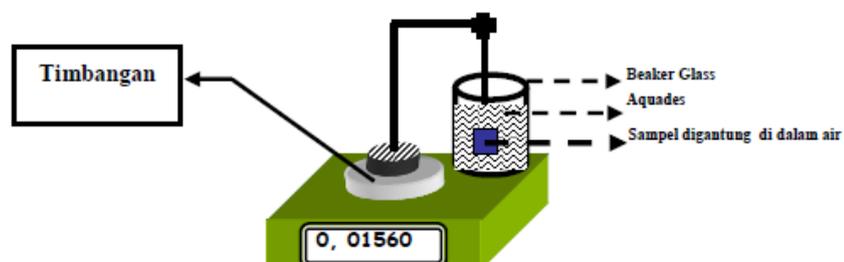
- Perawatan batako dengan umur sampai 28 hari.
- Uji densitas, serapan air dan kuat tekan batako dilakukan pada pengeringan selama 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.
- Analisa hasil perhitungan, penyusunan laporan sementara.

### G. Pengujian Batako *Styrofoam*

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini ada 3 pengujian yaitu densitas, daya serap air dan kuat tekan yang akan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

#### 1. Densitas (*Density*)

Pengukuran densitas (*bulk density*) dari masing-masing komposisi batako ringan yang telah dibuat, diamati dengan menggunakan prinsip *Archimedes* dengan menggunakan neraca digital. Pada proses awal dilakukan penimbangan massa benda di udara (massa sampel kering) seperti halnya pada penimbangan biasa, sedangkan penimbangan massa benda di dalam air seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Prinsip Penimbangan Massa Benda di dalam Air

Metode pengukuran densitas :

- a. Sampel yang telah mengalami pengeringan (*ageing*), dimasukkan dalam *drying oven* dengan suhu  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , selama 1 jam.
- b. Kemudian timbang massa sampel kering (batako ringan),  $m_s$  dengan menggunakan neraca digital.
- c. Sampel yang telah ditimbang, kemudian direndam di dalam air selama 1 jam, bertujuan untuk mengoptimalkan penetrasi air terhadap sampel uji. Setelah proses penetrasi tercapai, seluruh permukaan sampel dilap dengan kain flanel dan dicatat massa sampel setelah direndam di dalam air,  $m_b$ .
- d. Gantung sampel, pastikan tepat pada posisi tengah dan tidak menyentuh alas beker gelas yang berisi air, di mana massa sampel berikut penggantung di dalam air adalah  $m_g$ .
- e. Selanjutnya sampel dilepas dari tali penggantung dan catat massa tali penggantung,  $m_k$ .

## 2. Daya Serap Air (*Water Absorption*)

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air dari batako berpori yang telah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian.

Prosedur pengukuran penyerapan air adalah sebagai berikut.

- a. Sampel yang telah dikeringkan di dalam *drying oven* dengan suhu  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  selama 1 jam, ditimbang massa dengan menggunakan neraca digital, disebut massa sampel kering.

- b. Kemudian sampel direndam di dalam air selama 1 jam sampai massa sampel jenuh dan catat massanya.

### 3. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Untuk menguji kuat tekan maka diperlukan alat yang berupa *Universal Testing Mechine* (UTM). Dalam pengujian digunakan benda uji yang berupa kubus dengan memotong benda uji menjadi dua bagian.

Prosedur pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut.

- a. Sampel berbentuk kubus diukur dimensinya, minimal dilakukan tiga kali pengulangan. Dengan mengetahui penampangnya maka luas penampang dapat dihitung,  $A = p \times l$ .
- b. Atur tegangan *supply* sebesar 40 volt, untuk menggerakkan motor penggerak kearah atas maupun bawah. Sebelum pengujian berlangsung, alat ukur (gaya) terlebih dahulu dikalibrasi dengan jarum penunjuk tepat pada angka nol.
- c. Kemudian tempatkan sampel tepat berada di tengah pada posisi pemberian dan arahkan *switch ON/OFF* ke arah **ON**, maka pembebanan secara otomatis akan bergerak dengan kecepatan konstan sebesar 4 mm/menit.
- d. Apabila sampel telah pecah, arahkan *switch* kearah **OF** maka motor penggerak akan berhenti. Kemudian catat besarnya gaya yang ditampilkan pada panel *display*, saat batako tersebut rusak.

## H. Analisis Data

### 1. Karakteristik Pasir

#### a. Berat Jenis Pasir

Berat jenis pasir dapat dihitung dengan rumus:

$$\rho_{pasir} = \frac{W_4}{W_3 + W_0 - W_5}$$

dimana,

$\rho_{pasir}$  = berat jenis pasir

$W_0$  = berat pasir jenuh kering muka (gram)

$W_3$  = berat piknometer berisi air (gram)

$W_5$  = berat piknometer berisi pasir + air (gram)

$W_4$  = berat pasir dalam keadaan kering tungku (gram)

#### b. Berat Satuan Pasir

Berat satuan pasir dapat dihitung dengan rumus:

$$\gamma_{sat, pasir} = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

dimana:

$\gamma_{sat pasir}$  = berat satuan pasir (gram/cm<sup>3</sup>)

$W_1$  = berat piknometer (gram)

$W_2$  = berat piknometer berisi pasir (gram)

$V$  = volume piknometer (cm<sup>3</sup>)

#### c. Kadar Air Pasir

Kadar air pasir dapat dihitung dengan rumus:

$$W_{pasir} = \frac{W_0 - W_4}{W_4} \times 100\%$$

dimana:

$W_{pasir}$  = kadar air pasir

$W_0$  = berat pasir SSD

$W_4$  = berat pasir tungku (gram)

## 2. Karakteristik Batako *Styrofoam*

### a. Densitas (*Density*)

Untuk pengukuran densitas dan penyerapan air digunakan metoda *Archimedes* dan besarnya densitas batako dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sijabat K, 2007).

$$\rho_{pc} = \frac{m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times \rho_{air}$$

dimana :

$\rho_{pc}$  : densitas batako *Styrofoam* (gr/cm<sup>3</sup>)

$m_s$  : massa sampel kering (gr)

$m_b$  : massa sampel setelah direndam air (gr)

$m_g$  : massa sampel beserta tali penggantung di dalam air (gr)

$m_k$  : massa tali penggantung (gr)

### b. Daya Serap Air (*Water Arbsorption*)

Untuk mengetahui besarnya penyerapan air diukur dan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Sijabat K, 2007).

$$WA = \frac{M_j - M_k}{M_k} \times 100\%$$

dimana :

WA : *Water Arbsorption* (%)

$M_k$  : massa benda di udara (gr)

$M_j$  : massa benda dalam kondisi saturasi/jenuh (gr)

c. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pengukuran kuat tekan (*compressive strength*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sijabat K, 2007).

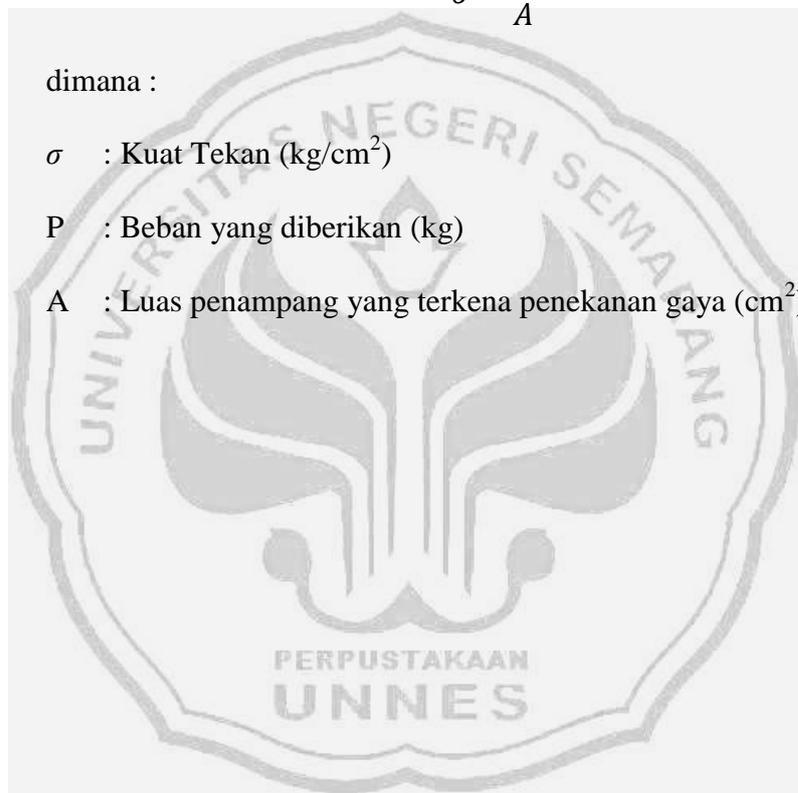
$$\sigma = \frac{P}{A}$$

dimana :

$\sigma$  : Kuat Tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )

P : Beban yang diberikan (kg)

A : Luas penampang yang terkena penekanan gaya ( $\text{cm}^2$ )



## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Batako *styrofoam* merupakan batako yang dibuat dengan tujuan untuk membuat batako ringan (*aerated concrete*). Bahan penyusun dari batako sendiri terdiri pasir, semen, air, dan ditambah dengan *styrofoam*. Dalam proses pembuatannya diperlukan waktu pengeringan (*ageing*) yang dilakukan selama 7, 14, 21 dan 28 hari. Setelah waktu pengeringan (*ageing*) selesai maka batako diuji sesuai dengan pengujian dalam penelitian yang meliputi densitas, kuat tekan, dan daya serap air. Berikut adalah hasil pemeriksaan bahan penyusun batako dan pengujian batako.

#### **A. Pemeriksaan Bahan Penyusun Batako**

Pemeriksaan bahan penyusun batako dilakukan untuk menentukan layak atau tidaknya bahan-bahan penyusun batako tersebut digunakan dalam pembuatan benda uji. Bahan-bahan yang diperiksa antara lain : air, semen, pasir dan *styrofoam*. Berdasarkan beberapa pemeriksaan terhadap bahan penyusun batako diperoleh hasil sebagai berikut.

##### **1. Air**

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F, air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual. Setelah dilakukan pengamatan secara visual yang dilakukan terhadap air di “UD. REJEKI LANCAR BAROKAH” Ungaran yang digunakan dalam pembuatan batako menunjukkan sifat-sifat yang sesuai dengan SK-SNI-S-04-1989-F, antara lain air tidak berwarna, tidak

berbau, tidak mengandung minyak, lumpur dan benda terapung lainnya sehingga air tersebut dianggap memenuhi syarat sebagai bahan campuran batako.

## 2. Semen

### a. Keadaan Kemasan Semen

Pengujian secara visual mengenai keadaan kemasan semen yang digunakan masih baik, tidak terdapat cacat pada kemasan (robek kemasan), keadaan kemasan kering serta keadaan semen dalam kemasan masih gembur atau tidak memadat (dilakukan dengan cara memijat semen dalam kemasan).

### b. Keadaan Butiran Semen

Pengujian keadaan butiran semen dilakukan dengan membuka kantong semen kemudian dilihat secara visual mengenai keadaan butiran semen. Dari hasil pengamatan terlihat semen yang digunakan masih dalam keadaan baik atau tidak ada butiran yang menggumpal.

### c. Waktu Pengikatan Semen

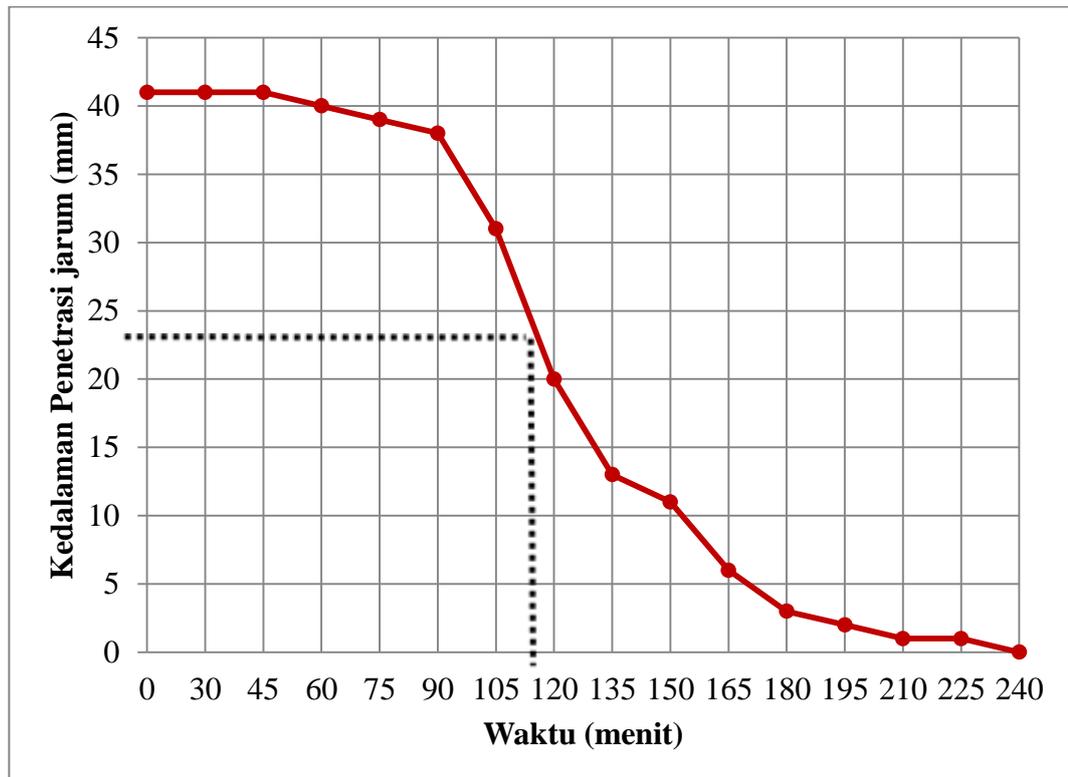
Pemeriksaan waktu pengikatan semen sampai penurunan jarum berhenti. Hasil pemantauan penurunan jarum dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penurunan Jarum

Waktu (Menit)	Penurunan (mm)
0	41
30	41
45	41

60	40
75	39
90	38
105	31
120	20
135	13
150	11
165	6
180	3
195	2
210	1
225	1
240	0

Pengikatan awal semen terjadi saat penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm. Dari praktikum di atas pada penetrasi sedalam 25 mm terjadi pada antara waktu menit ke-105 sampai menit ke-120. Selanjutnya dilakukan interpolasi untuk mendapatkan waktu pengikatan awal semen. Grafik waktu pengerasan semen dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Waktu Pengerasan Semen

Hasil perhitungan didapatkan hasil bahwa penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm terjadi pada menit ke-113,182 (113 menit 10,9 detik) sehingga dapat diambil dengan ketentuan bahwa waktu ikatan awal (*initial time*) semen tidak boleh kurang dari 60 menit. Perhitungan selengkapnya ada pada Lampiran 1.

### 3. Agregat Halus (Pasir Muntilan)

Pemeriksaan terhadap pasir Muntilan yang telah dilakukan antara lain : pemeriksaan berat jenis, berat satuan, gradasi dan kandungan lumpur dalam pasir. Dari hasil pemeriksaan diperoleh hasil sebagai berikut.

a. Berat Jenis Pasir Muntlan

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu agregat normal, agregat berat, dan agregat ringan. Agregat normal memiliki berat jenis 2,5 sampai 2,7, agregat berat lebih dari 2,8, dan agregat ringan kurang dari 2,0. Pemeriksaan berat jenis pasir Muntlan dilakukan dengan 2 sampel yang kemudian hasilnya dirata-rata. Hasil pengujiannya dapat dilihat dari tabel berikut ini.

Tabel 4.2 Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Muntlan

No	Uraian	Hasil	
		1	2
1	No cawan		
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD) ( A ) gram	500,00	500,00
3	Berat sampel kering ( B ) gram	496,80	497,40
4	Berat labu ukur + air ( C ) gram	669,10	669,40
5	Berat labu ukur + berat (SSD) + Air ( D ) gram	980,00	979,20
6	Berat jenis ( bulk) ( $B / (C + A) - D$ )	2,63	2,62
7	Berat jenis (SSD) ( $A / (C + A) - D$ )	2,64	2,63
8	Berat jenis semu ( $B / (C + B - D)$ )	2,67	2,65
9	Penyerapan ( $(A - B) / B \times 100\%$ )	0,64%	0,52%
<b>Berat jenis rata-rata</b>		<b>2,62</b>	

Dari hasil pengujian didapatkan nilai berat jenis pasir Muntlan sebesar 2,62 gr/cm<sup>3</sup> dan termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7), sehingga dapat dipakai untuk campuran beton normal dengan kuat tekan 15 MPa sampai 40 MPa (Tjokrodimuljo, 2007).

b. Berat Satuan Pasir Muntilan

Pemeriksaan berat satuan terhadap pasir Muntilan dilakukan dengan membandingkan berat terhadap volume bejana. Berikut adalah tabel hasil pengujian berat satuan Pasir Muntilan tersebut.

Tabel 4.3 Pemeriksaan Berat Satuan Pasir Muntilan

No	Keterangan	Sampel
1	Berat Bejana (W1)	1,72 kg
2	Berat Bejana + Pasir (W2)	15,5 kg
3	Volume Berat (V)	0,00823 m
	$\frac{W2-W1}{V}$	1,67 kg/m <sup>3</sup>

Dari hasil pengujian didapatkan nilai berat satuan pasir Muntilan yaitu sebesar 1,67 gram/cm<sup>3</sup> dan termasuk dalam agregat normal. Tjokrodimuljo (2007), mengatakan bahwa berat satuan untuk agregat normal berkisar antara 1,50 sampai 1,80 sehingga pasir Muntilan yang dipakai termasuk dalam agregat normal..

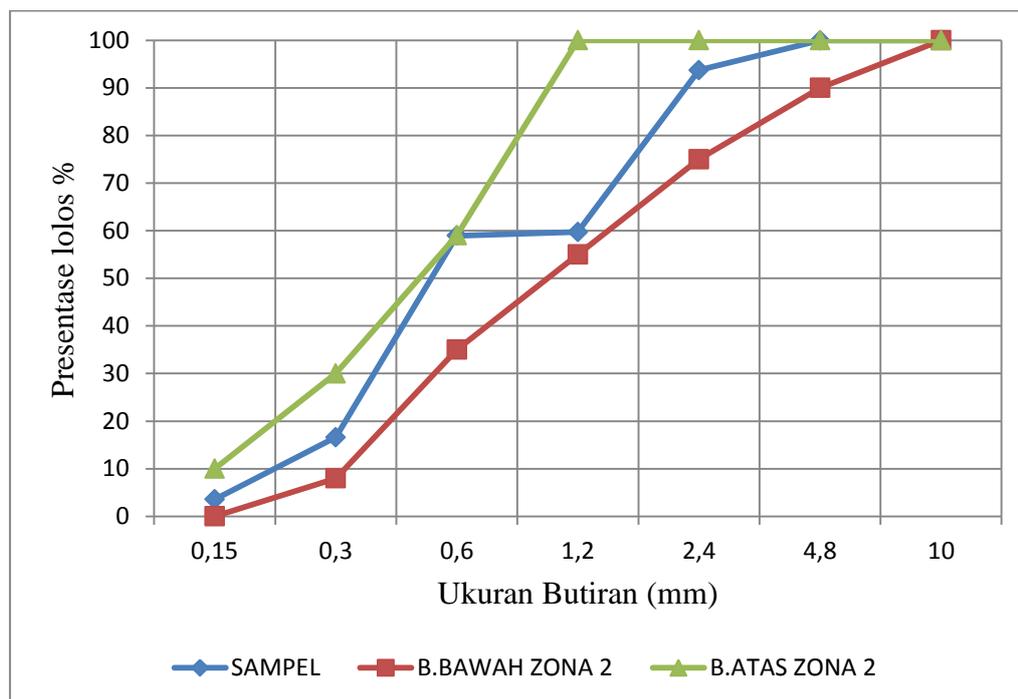
c. Gradasi Pasir Muntilan

Gradasi agregat halus (pasir) dapat dibedakan menjadi empat jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar (Tjokrodimuljo, 2007). Untuk mengetahui gradasi pasir Muntilan maka dilakukan pengujian terlebih dahulu. Berikut adalah tabel pengujian gradasi pasir Muntilan tersebut.

Tabel 4.4 Pemeriksaan Gradasi Pasir Muntilan

Diameter ayakan (mm)	Berat Saringan (gram)	Berat saringan + tertahan (gram)	Berat Tertahaan (gram)	Persentase berat Tertahan (%)	Berat komulatif tertahan (%)	Berat komulatif Lolos (%)
10	489,2	489,2	0	0	0	100
4,8	314,2	314,6	0,4	0,04	0,04	99,96
2,4	320,3	382,8	62,5	6,25	6,29	93,71
1,2	279,2	619	339,8	33,98	40,27	59,73
0,6	417,5	425,2	7,7	0,77	41,04	58,96
0,3	292,6	716	423,4	42,34	83,38	16,62
0,15	286,1	416,7	130,6	13,06	96,44	3,56
PAN	262,7	298,3	35,6	3,56	100	0
Jumlah	2172,6	3172,6	1000	100	367	

Hasil pengujian agregat halus (pasir), didapatkan nilai persentase berat butiran tertahan atau lewat di dalam suatu ayakan dengan disusun dengan diameter seperti pada tabel 4.4 di atas. Dari tabel tersebut dapat diketahui nilai agregat pasir Muntilan dengan melihat batas-batas gradasi pada agregat halus yang terdapat pada Bab II. Dengan melihat batas-batas gradasi agregat halus (pasir) tersebut, maka pasir Muntilan dapat dikategorikan dalam zone II (pasir agak kasar) sehingga memenuhi syarat sebagai bahan penyusun (agregat) dalam pembuatan batako. Adapun grafik dari hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Analisa Gradasi Pasir Muntilan

d. Kandungan Lumpur Pasir Muntilan

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur maksimum pasir adalah 5%. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus ini dapat dilihat dari tabel berikut ini.

Tabel 4.5 Pemeriksaan Kandungan Lumpur Pasir Muntilan

No	Uraian	Hasil	
		1	2
1	No cawan	1	2
2	Berat kering sebelum dicuci (A) gram	100	100
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B) gram	97,64	96,8
4	Kadar lumpur $((A) - (B) / A) \times 100 \%$	2,360%	3,200%
Kadar lumpur Rata-rata		2,780%	

Dari hasil pengujian diperoleh kadar lumpur pada pasir Muntilan sebesar 2,78%. Apabila melihat SK-SNI-S-04-1989-F,

kadar lumpur maksimum pasir adalah 5%, sehingga pasir Muntilan dapat digunakan sebagai bahan campuran batako. Untuk kadar lumpur lebih dari 5%, pasir perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan beton.

#### 4. *Styrofoam*

*Styrofoam* dimaksudkan sebagai bahan tambah/ substitusi dari agregat halus (pasir) untuk membuat batako menjadi lebih ringan. Pemeriksaan berat satuan *styrofoam* dilakukan dengan 5 sampel benda uji, kemudian dirata-rata. Dari hasil pemeriksaan pada kondisi kering didapat berat satuan *styrofoam* sebesar  $23,6 \text{ kg/m}^3$ .

Tabel 4.6 Pemeriksaan Berat Jenis *Styrofoam*

No	Berat Gabus (gram)	Volume Styrofoam + Air (gram)	Volume Air (ml)	Volume Styrofoam	Berat Satuan Styrofoam (gr/ml)	Berat Satuan Styrofoam Rata-rata (gr/ml)
1	3,4793	233	89	144	0,0242	0,0236
2	2,9856	206	77	129	0,0231	
3	1,3909	100	34	66	0,0211	
4	1,052	70	32	38	0,0277	
5	0,6939	48	18	30	0,0231	

#### B. Pengujian Batako *Styrofoam*

Pengujian yang dilakukan terhadap batako *styrofoam* ada 3 pengujian yaitu densitas, daya serap air dan kuat tekan serta sebagai tambahan pengujian bobot isi yang akan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Berikut adalah hasil pengujian tersebut.

### 1. Densitas (*Density*)

Hasil pengujian terhadap densitas (*density*) pada batako *styrofoam* yang telah dibuat dan dikeringkan secara alami dengan variasi waktu pengeringan 7, 14, 21 dan 28 hari dapat dilihat pada lampiran 9. Secara umum diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Pemeriksaan Densitas Batako

No	Penambahan Styrofoam (% Volume)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	2,23	2,29	2,33	2,38
2	10	1,97	2,05	2,11	2,16
3	20	1,73	1,78	1,81	1,88
4	30	1,58	1,62	1,64	1,70
5	40	1,44	1,50	1,53	1,56
6	50	1,24	1,29	1,36	1,40
7	60	1,09	1,13	1,16	1,20
8	70	0,96	1,01	1,05	1,07
9	80	0,78	0,84	0,88	0,91
10	90	0,59	0,63	0,67	0,69

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa nilai densitas (*density*) batako yang mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu pengeringan dan mengalami penurunan setelah dilakukan penambahan *styrofoam*. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang dikemukakan diawal yaitu semakin besar penambahan *styrofoam* maka nilai densitasnya akan semakin kecil.

Terlihat bahwa nilai densitas batako tanpa *styrofoam* (100% volume pasir) yang telah dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari adalah berkisar antara 2,23-2,38 gram/cm<sup>3</sup>. Batako ini dapat dikategorikan sebagai batako normal struktural karena memiliki nilai densitas sebesar 2,4 gram/cm<sup>3</sup>. Apabila dilihat dari variasi waktu pengeringan maka didapatkan bahwa semakin lama waktu pengeringan maka semakin padat juga batako yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena dalam proses pengeringan terjadi proses pelepasan air (hidrasi) yang terikat secara alami.

Pada batako dengan penambahan *styrofoam* 10% dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai densitas 1,97-2,16 gram/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas yang dihasilkan semakin lama semakin turun karena adanya faktor lama waktu pengeringan.

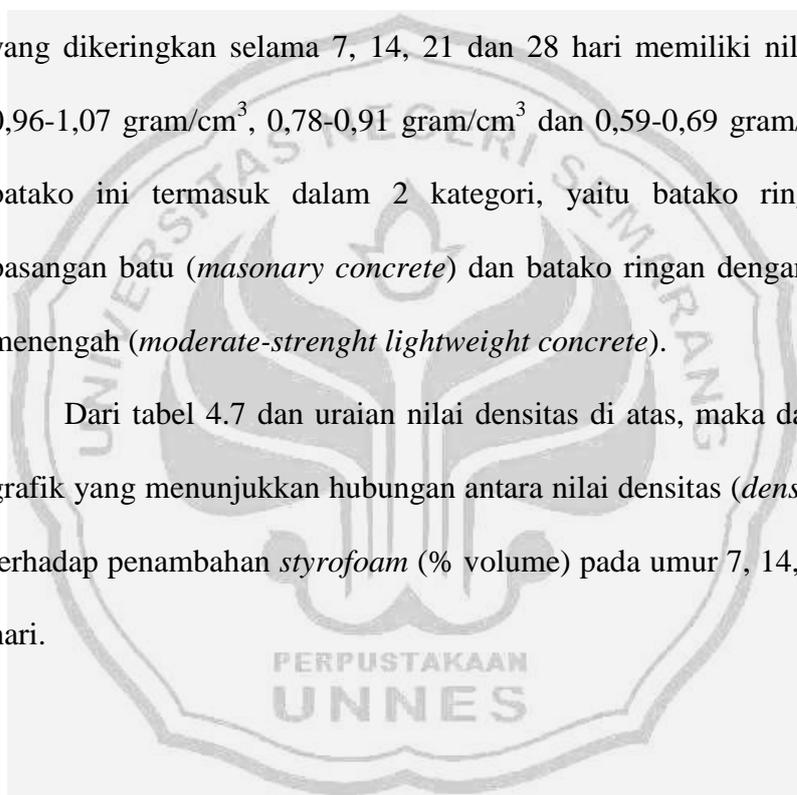
Untuk batako dengan penambahan *styrofoam* 20%, 30% dan 40% yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai densitas 1,73-1,88 gram/cm<sup>3</sup>, 1,58-1,70 gram/cm<sup>3</sup> dan 1,44-1,56 gram/cm<sup>3</sup>. Apabila dilihat dari nilai densitas yang diperoleh, dengan penambahan 20%, 30% dan 40% *styrofoam* maka termasuk dalam klasifikasi batako ringan struktur (*structural lightweight concrete*) dengan nilai densitas berkisar 1,4-1,8 gram/cm<sup>3</sup> (Iman Satyarno, 2004 dalam Simbolon T, 2009).

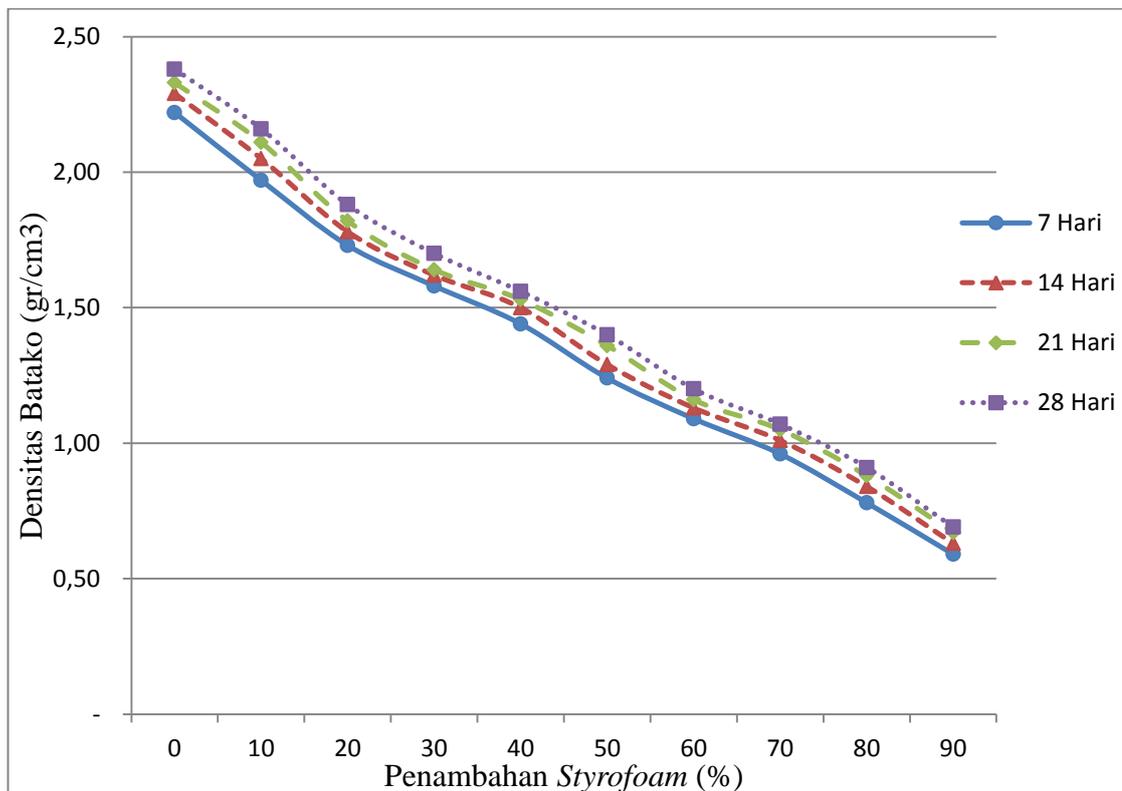
Sedangkan batako dengan penambahan *styrofoam* 50% dan 60% yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai densitas

1,24-1,40 gram/cm<sup>3</sup> dan 1,09-1,20 gram/cm<sup>3</sup>. Hasil penelitian sebelumnya (Simbolon T, 2009), nilai densitas untuk batako dengan penambahan 60% *styrofoam* memiliki nilai densitas 1,09-1,2 gram/cm<sup>3</sup> dan dikategorikan sebagai beton ringan dengan kekuatan menengah (*moderate-strength lightweight concrete*).

Untuk batako dengan penambahan *styrofoam* 70%, 80% dan 90% yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai densitas 0,96-1,07 gram/cm<sup>3</sup>, 0,78-0,91 gram/cm<sup>3</sup> dan 0,59-0,69 gram/cm<sup>3</sup>. Jenis batako ini termasuk dalam 2 kategori, yaitu batako ringan untuk pasangan batu (*masonry concrete*) dan batako ringan dengan kekuatan menengah (*moderate-strength lightweight concrete*).

Dari tabel 4.7 dan uraian nilai densitas di atas, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara nilai densitas (*density*) batako terhadap penambahan *styrofoam* (% volume) pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.





Gambar 4.4 Hubungan Antara Densitas Batako Terhadap Penambahan Styrofoam (% volume) Pada Umur 7, 14, 21 dan 28 Hari.

## 2. Daya Serap Air (*Water Absorption*)

Pengujian daya serap air pada batako dilaksanakan dengan cara batako (bata beton pejal) dioven pada suhu  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  selama 24 jam, kemudian direndam air selama 24 jam. Hal ini berdasarkan pada pendapat Neville (1977), (dalam Suroso, 2001) 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.

Pengujian ini dilaksanakan pada saat batako berumur 7,14,21 dan 28 hari. Hasil pengujian daya serap air batako dapat dilihat pada lampiran 10. Secara umum diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8 Pemeriksaan Daya Serap air Batako

No	Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume)	Daya Serap air (%)			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	33,99	28,68	25,25	22,95
2	10	29,64	25,87	22,67	19,62
3	20	26,22	22,69	19,63	17,43
4	30	22,77	20,42	17,98	15,76
5	40	20,52	18,66	16,33	14,42
6	50	18,95	17,33	15,67	13,71
7	60	17,87	16,30	14,38	12,07
8	70	16,48	14,90	12,64	11,10
9	80	14,63	12,85	11,06	9,64
10	90	12,82	10,79	9,72	7,61

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa daya serap air batako yang mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu pengeringan dan mengalami penurunan setelah dilakukan penambahan *styrofoam*. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang dikemukakan diawal yaitu semakin besar penambahan *styrofoam* maka nilai daya serap airnya akan semakin kecil.

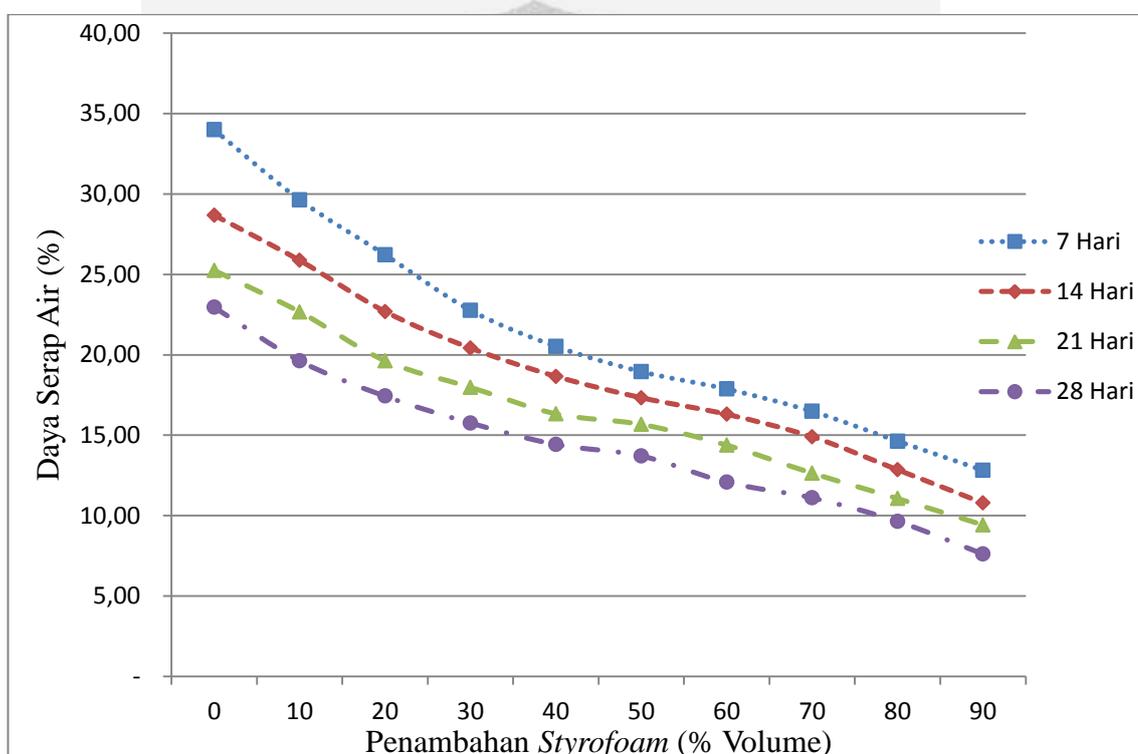
Terlihat bahwa nilai penyerapan air pada batako yang mempunyai campuran semen, pasir dan *styrofoam* dan dikeringkan selama waktu pengeringan 7, 14, 21 dan 28 hari adalah berkisar antara 7,61-33,9 %.

Batako yang dibuat tanpa *styrofoam* (100% volume pasir) dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki penyerapan air sebesar 22,95-33,99 %. Untuk batako dengan penambahan *styrofoam* 10% dan 20% dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki penyerapan air sebesar 19,62-29,64 % dan 17,43-26,22 %. Pada penambahan 30% dan 40% *styrofoam* yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki penyerapan air sebesar 15,76-22,77 % dan 14,42-20,52 %. Sedangkan penambahan 50%, 60% dan 70% *styrofoam* yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki penyerapan air sebesar 13,71-18,95 %, 12,07-17,87 % dan 11,10-16,48 %. Yang terakhir adalah penambahan 80% dan 90% *styrofoam* dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki penyerapan air sebesar 9,64-14,63 % dan 7,61-12,82 %.

Dari Tabel 4.8, dapat diketahui bahwa nilai penyerapan air pada batako terjadi semakin banyak campuran *styrofoam* pada batako menyebabkan nilai penyerapan air yang semakin kecil. Simbolon (2009), menyatakan bahwa batako *styrofoam* (*foamed concrete*) dengan nilai densitas  $0,77 \text{ gram/cm}^3$  dan perendaman selama 10 hari (setelah sebelumnya dilakukan pengeringan konvensional) menghasilkan penyerapan air sebesar 13%, untuk batako normal (*dense concrete block*) dengan perlakuan yang sama maka menghasilkan penyerapan air sebesar 50% berat. Wijoseno (2008) dalam Simbolon (2009), menyatakan bahwa gelembung-gelembung udara yang terperangkap di dalam batako atau

yang ada di dalam *styrofoam* akan mengurangi volume batako dan membuat batako menjadi lebih ringan.

Dari tabel 4.8 dan uraian daya serap air batako di atas, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara daya serap air batako terhadap penambahan *styrofoam* (% volume) pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.



Gambar 4.4 Hubungan Antara Daya Serap Air Batako Terhadap

Penambahan *Styrofoam* (% volume) Pada Umur 7, 14, 21 dan 28 Hari.

### 3. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pengujian kuat tekan beton pada dasarnya dilaksanakan setelah umur mencapai 28 hari karena pada umur ini kekuatan beton telah mencapai 100%. Pada penelitian ini, pengujian batako dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari untuk mengetahui peningkatan kuat tekan

batako dari interval umur pengujian tersebut. Hubungan antara kuat tekan batako *styrofoam* dengan variasi penambahan *styrofoam* dan umur batako dapat dilihat pada lampiran 11. Secara umum diperlihatkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.9 Pemeriksaan Kuat Tekan Batako

No	Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	108,85	113,54	116,15	120,83
2	10	96,88	100,00	104,17	107,81
3	20	85,94	87,50	89,58	92,71
4	30	73,96	76,04	78,13	80,21
5	40	63,54	68,23	70,31	72,92
6	50	53,13	55,73	56,72	59,90
7	60	41,15	44,27	46,88	50,00
8	70	32,81	35,94	38,02	40,10
9	80	20,31	23,96	27,08	29,17
10	90	11,98	13,02	14,58	15,63

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa kuat tekan batako yang mengalami kenaikan seiring dengan penambahan waktu pengeringan dan mengalami penurunan setelah dilakukan penambahan *styrofoam*. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang dikemukakan diawal yaitu semakin besar penambahan *styrofoam* maka kuat tekannya akan semakin kecil.

Terlihat bahwa kuat tekan dari batako *styrofoam* yang dikeringkan secara alami (7, 14, 21 dan 28 hari) berkisar antara 11,98-120,83 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk lebih lanjut mengenai kuat tekan batako yang dihasilkan dengan

variasi penambahan persentase *styrofoam* dan umur pengujian dapat dijelaskan seperti di bawah ini.

Pada batako yang dibuat tanpa menggunakan campuran *styrofoam* (100% volume pasir) dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah berkisar antara 108,85-120,83 kg/cm<sup>2</sup>. Batako ini dapat dikategorikan sebagai batako dengan kelas mutu bata I, hal ini dapat dilihat menurut SNI-03-0348-1989, yaitu kuat tekan rata-rata untuk bata beton pejal (batako) mutu I adalah 100 kg/cm<sup>2</sup>.

Untuk batako dengan penambahan persentase *styrofoam* sebesar 10% dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai kuat tekan yang dihasilkan yaitu sebesar 96,88-107,81 kg/cm<sup>2</sup>. Apabila dilihat dari SNI-03-0348-1989, batako ini masuk dalam kelas mutu bata I untuk umur pengujian 14,21 dan 28 hari dan kelas mutu bata II untuk umur pengujian 7 hari.

Batako dengan penambahan persentase *styrofoam* sebesar 20% dan 30% yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki nilai kuat tekan yang dihasilkan yaitu sebesar 85,94-92,71 kg/cm<sup>2</sup> dan 73,96-80,21 kg/cm<sup>2</sup>. Batako dengan penambahan persentase *styrofoam* sebesar 20% dapat dikategorikan sebagai batako dengan kelas mutu bata II yang memiliki nilai kuat tekan rata-rata minimum 79 kg/cm<sup>2</sup> dalam SNI-03-0348-1989. Sedangkan penambahan persentase *styrofoam* sebesar 30% dapat dikategorikan sebagai batako dengan kelas mutu bata II untuk

umur pengujian 28 hari serta kelas mutu bata III untuk umur pengujian 7, 14 dan 21 hari yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata minimum kelas mutu bata III sebesar  $40 \text{ kg/cm}^2$  dalam SNI-03-0348-1989.

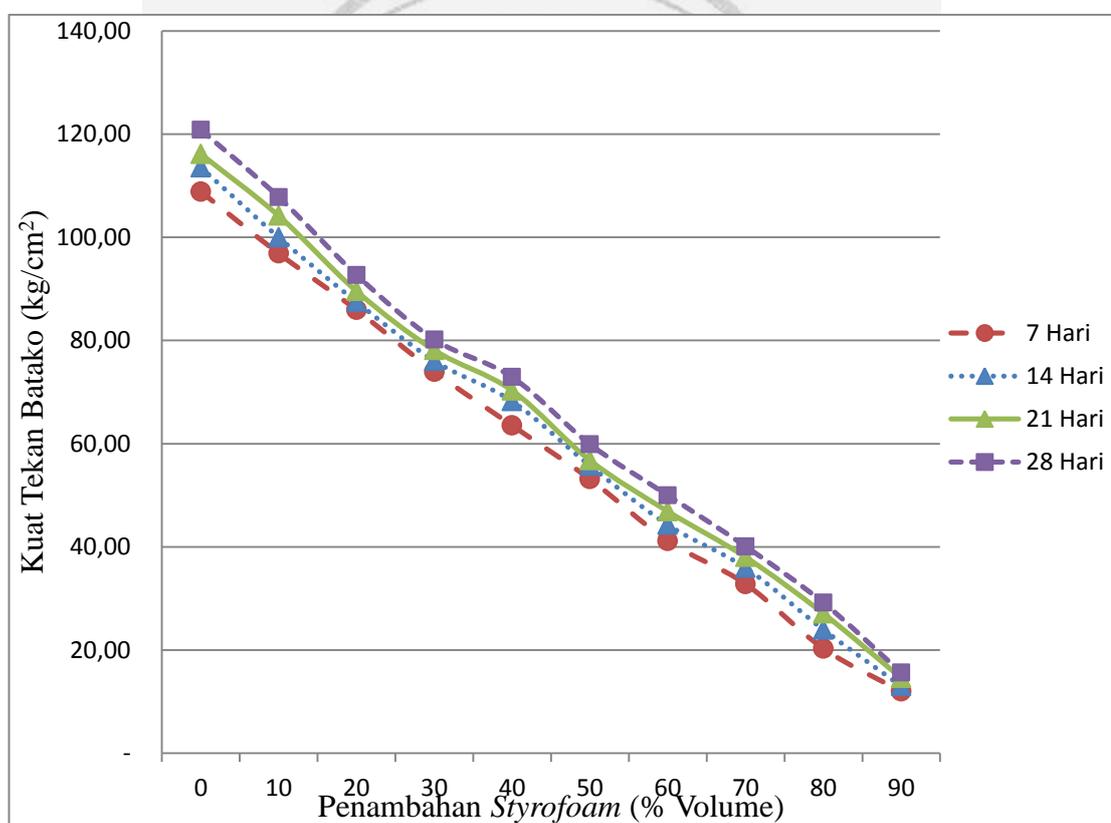
Untuk batako dengan penambahan persentase *styrofoam* sebesar 40%, 50% dan 60% yang dikeringkan dalam waktu 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki kuat tekan yang dihasilkan yaitu sebesar  $63,54\text{-}72,92 \text{ kg/cm}^2$ ,  $53,13\text{-}59,90 \text{ kg/cm}^2$  dan  $41,15\text{-}50,00 \text{ kg/cm}^2$ . Dari hasil penelitian tersebut maka batako dengan persentase campuran 40%, 50% dan 60% dapat dikategorikan dalam kelas mutu bata III yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata minimum sebesar  $40 \text{ kg/cm}^2$  dalam SNI-03-0348-1989.

Penambahan *styrofoam* pada batako sebesar 70% dan 80% yang dikeringkan dalam waktu 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki kuat tekan yang dihasilkan yaitu sebesar  $32,81\text{-}40,10 \text{ kg/cm}^2$  dan  $20,31\text{-}29,17 \text{ kg/cm}^2$ . Dari hasil penelitian tersebut maka batako dengan persentase campuran 70% *styrofoam* dapat dikategorikan dalam kelas mutu bata IV yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata minimum sebesar  $25 \text{ kg/cm}^2$  yang terdapat dalam SNI-03-0348-1989. Untuk batako dengan penambahan 80% *styrofoam* juga dapat dikategorikan dalam kelas mutu bata IV untuk umur pengujian 21 dan 28 hari, sedangkan untuk umur pengujian 7 dan 14 hari tidak masuk dalam tingkat mutu bata dalam SNI-03-0348-1989 karena nilainya kurang dari  $25 \text{ kg/cm}^2$ .

Terakhir pada penambahan 90% *styrofoam* yang dikeringkan dalam waktu 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki kuat tekan yang dihasilkan yaitu

sebesar 11,98-15,63 kg/cm<sup>2</sup>. Jika dilihat dalam SNI-03-0348-1989, maka batako dengan penambahan *styrofoam* 90% ini tidak masuk dalam tingkat mutu bata manapun, baik kelas I, II, III maupun IV.

Dari tabel 4.9 dan uraian kuat tekan batako di atas, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan batako terhadap penambahan *styrofoam* (% volume) pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.



Gambar 4.5 Hubungan Antara Kuat Tekan Batako Terhadap Penambahan *Styrofoam* (% volume) Pada Umur 7, 14, 21 dan 28 Hari.

#### 4. Bobot Isi

Hasil pengujian terhadap bobot isi pada batako *styrofoam* yang telah dibuat dan dikeringkan secara alami dengan variasi waktu

pengeringan 7, 14, 21 dan 28 hari dapat dilihat pada lampiran 12. Secara umum seperti diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.10 Pemeriksaan Bobot Isi Batako

No	Penambahan Styrofoam (% Volume)	Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	1931,64	1909,18	1876,95	1851,56
2	10	1707,03	1684,57	1665,04	1640,63
3	20	1540,04	1519,53	1495,12	1485,35
4	30	1356,45	1326,17	1307,62	1285,16
5	40	1199,22	1176,76	1166,02	1145,51
6	50	1019,53	1003,91	979,49	958,98
7	60	840,82	820,31	799,49	776,37
8	70	680,66	653,32	630,86	606,45
9	80	499,02	471,68	447,27	430,66
10	90	337,89	318,36	298,83	288,09

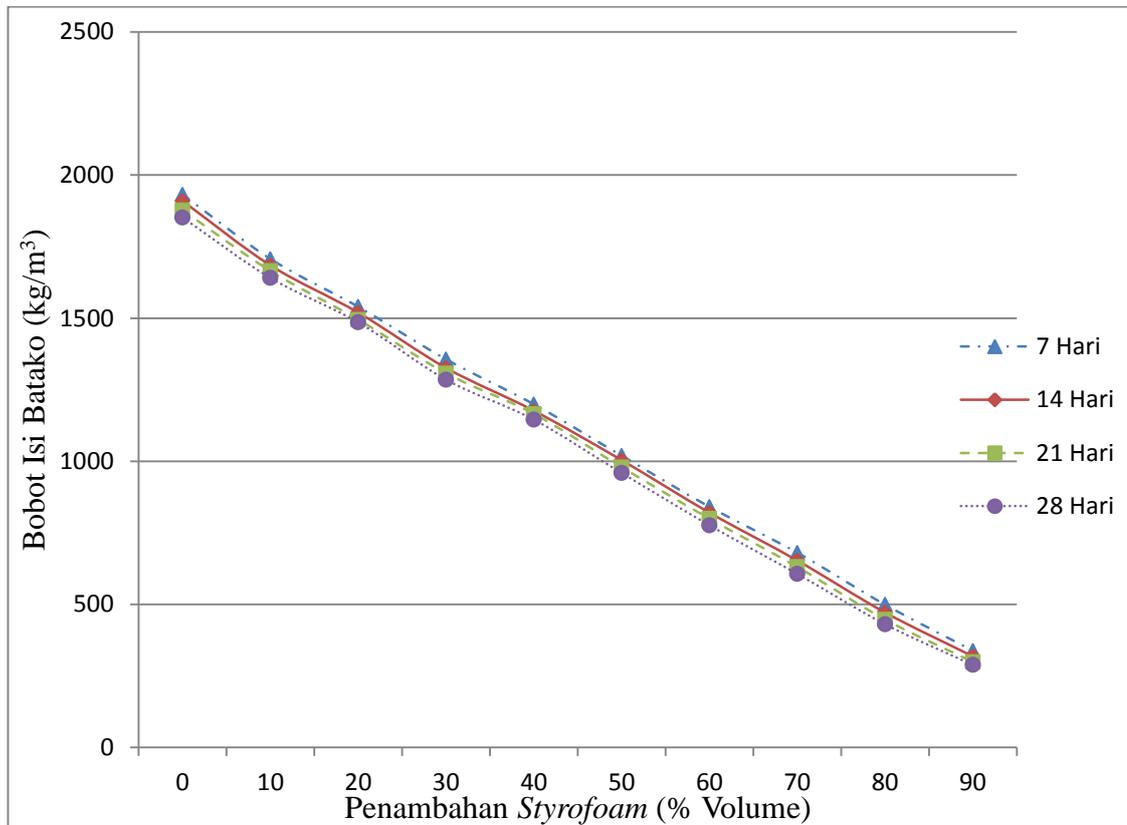
Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa bobot isi batako yang mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu pengeringan dan mengalami penurunan setelah dilakukan penambahan *styrofoam*. Hal ini menunjukkan bahwa batako *styrofoam* merupakan batako ringan yang bisa membuat pemasangan dinding lebih cepat dan menurunkan beban konstruksi di bawahnya.

Terlihat bahwa bobot isi dari batako *styrofoam* yang dikeringkan secara alami (7, 14, 21 dan 28 hari) berkisar antara 288,09-1931,64 kg/m<sup>3</sup>. Pembahasan lebih lanjut dari berat isi batako yang dihasilkan

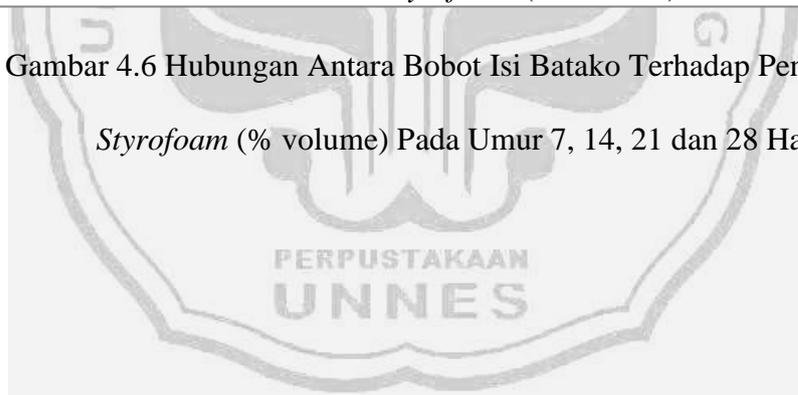
dengan variasi penambahan persentase *styrofoam* dan umur pengujian adalah sebagai berikut.

Pada batako yang dibuat tanpa menggunakan campuran *styrofoam* (100% volume pasir) dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki bobot isi yang berkisar antara 1851,56-1931,64 kg/m<sup>3</sup>. Untuk batako dengan penambahan *styrofoam* 10% dan 20% dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki bobot isi sebesar 1640,63-1707,03 kg/m<sup>3</sup> dan 1485,35-1540,04 kg/m<sup>3</sup>. Pada penambahan 30% dan 40% *styrofoam* yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki bobot isi sebesar 1285,16-1356,45 kg/cm<sup>3</sup> dan 1145,51-1199,22 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan penambahan 50%, 60% dan 70% *styrofoam* yang dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki bobot isi sebesar 958,98-1019,53 kg/m<sup>3</sup>, 776,37-840,82 kg/m<sup>3</sup> dan 606,45-680,66 kg/cm<sup>3</sup>. Yang terakhir adalah penambahan 80% dan 90% *styrofoam* dan dikeringkan selama 7, 14, 21 dan 28 hari memiliki bobot isi sebesar 430,66-499,02 kg/m<sup>3</sup> dan 288,09-337,89 kg/m<sup>3</sup>.

Dari tabel 4.10 dan uraian tentang bobot isi batako di atas, maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan batako terhadap penambahan *styrofoam* (% volume) pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari.



Gambar 4.6 Hubungan Antara Bobot Isi Batako Terhadap Penambahan Styrofoam (% volume) Pada Umur 7, 14, 21 dan 28 Hari.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan *styrofoam* pada batako membuat batako yang dihasilkan memiliki nilai densitas yang semakin kecil, kuat tekan yang semakin rendah dan daya serap air yang semakin menurun.
2. Batako ringan dengan bahan penyusun *styrofoam*, pasir dan semen yang telah dibuat dan diuji dengan perbandingan 1 semen : 12 pasir, didapatkan hasil campuran dengan persentase yang paling sesuai untuk batako ringan adalah 80 % (volume) *styrofoam* dan 20 % (volume) pasir dengan waktu pengeringan selama 28 hari.
3. Batako ringan yang dibuat dan diuji dengan campuran 80 % (volume) *styrofoam* dan 20 % (volume) pasir, didapatkan penurunan nilai densitas sebesar 38,2 % (0,91 gram/cm<sup>3</sup>), daya serap air sebesar 41,9 % (9,64 %), kuat tekan sebesar 24,1 % (29,17 kg/cm<sup>2</sup>), dan bobot isi 23,3 % (430,66 kg/m<sup>3</sup> atau 2,24 kg/batako) pada umur batako 28 hari.
4. Apabila dilihat dari SNI-03-0348-1989 yang menyatakan klasifikasi bata beton pejal (batako), maka batako ringan yang dibuat dan diuji dengan campuran 80 % (volume) *styrofoam* dan 20 % (volume) pasir dapat dikategorikan sebagai bata beton pejal (batako) dengan tingkat mutu bata

IV yang mempunyai nilai kuat tekan rata-rata minimum sebesar 25 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tekan bruto 1 benda uji sebesar 21 kg/cm<sup>2</sup>.

## B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dicoba menggunakan butir dan diameter *styrofoam* yang berbeda agar dapat diketahui seberapa besar pengaruh ukuran diameter terhadap pengujian yang sudah dilakukan.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dicoba menggunakan alat press manual (tangan) agar dapat diketahui perbandingan pengaruhnya terhadap batako yang dihasilkan dari press mesin.
3. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dicoba pengujian terhadap temperatur sehingga dapat diketahui berapa besar ketahanan batako *styrofoam* terhadap suhu panas maupun dingin.

## C. Keterbatasan Penelitian

Pengujian yang dilakukan masih terdapat banyak kekurangan, dengan keterbatasan masalah pada pengujian ini adalah sebagai berikut.

1. Pencampuran adukan dalam pengujian ini dilakukan secara manual sehingga pencampuran *styrofoam* kurang homogen, sebaiknya pencampuran adukan dilakukan menggunakan mesin (molen) supaya hasil pengadukan bisa lebih baik dan dapat menghasilkan kuat tekan yang maksimal.
2. Mesin uji kuat tekan yang kurang teliti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989, *SK SNI-S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam))*, LPMB : Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1989, *SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding*, Balitbang Jakarta.
- Frick, Heinz & Ch Koesmartadi. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Edisi Kedua. Yogyakarta: ANDI
- Murdock LJ & KM Brook. 1979. *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan Stephanus Hindarko, 1991. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Nisa, Wulandari. (2013). Batako Styrofoam. Online. Available [nisawulandari.blogspot.com/2013/11/Batako-Styrofoam.html](http://nisawulandari.blogspot.com/2013/11/Batako-Styrofoam.html) [accessed 18/10/13]
- Polistirena-Styrofoam. Online at [Kimia-master.blogspot.com/2011/11/polistirena-styrofoam.html](http://Kimia-master.blogspot.com/2011/11/polistirena-styrofoam.html) [accessed 29/10/13]
- Sijabat, K. 2007. Pembuatan Keramik Paduan Cordicrit Sebagai Bahan Refraktori dan Karakterisasinya. (*Tesis*), USU Medan.
- Sugiyarto, Aan. 2005. Kajian Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia. Modul disampaikan dalam *Kolosium dan Open House*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Balitbang DPU. Bandung, 8-9 Desember 2005.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Suharsimi A. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sukardi, Eddi & Tanudi. 1997. *Membuat Bahan Bangunan Dari Sampah*. Jakarta: PT Penebar Swadaya.

- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM.
- Wattimena, dkk. 2011. Potensi Penerapan Self-Locking Wall pada Pemanfaatan Limbah Sludge Deinking Industri Kertas Sebagai Batako Interlok. *Jurnal Selulosa, Vol. 1, No. 1, Juni 2011 : 42 – 50*.
- Wirdana, Aditya. 2006. *Mengenal Bahan Bangunan untuk Rumah*. Depok: PT Trubus Agriwidya.



# LAMPIRAN

---





**DATA PEMERIKSAAN WAKTU Pengerasan SEMEN (UJI VICAT)**

Proyek : Penelitian Skripsi

Berat Sampel : 1000 gr

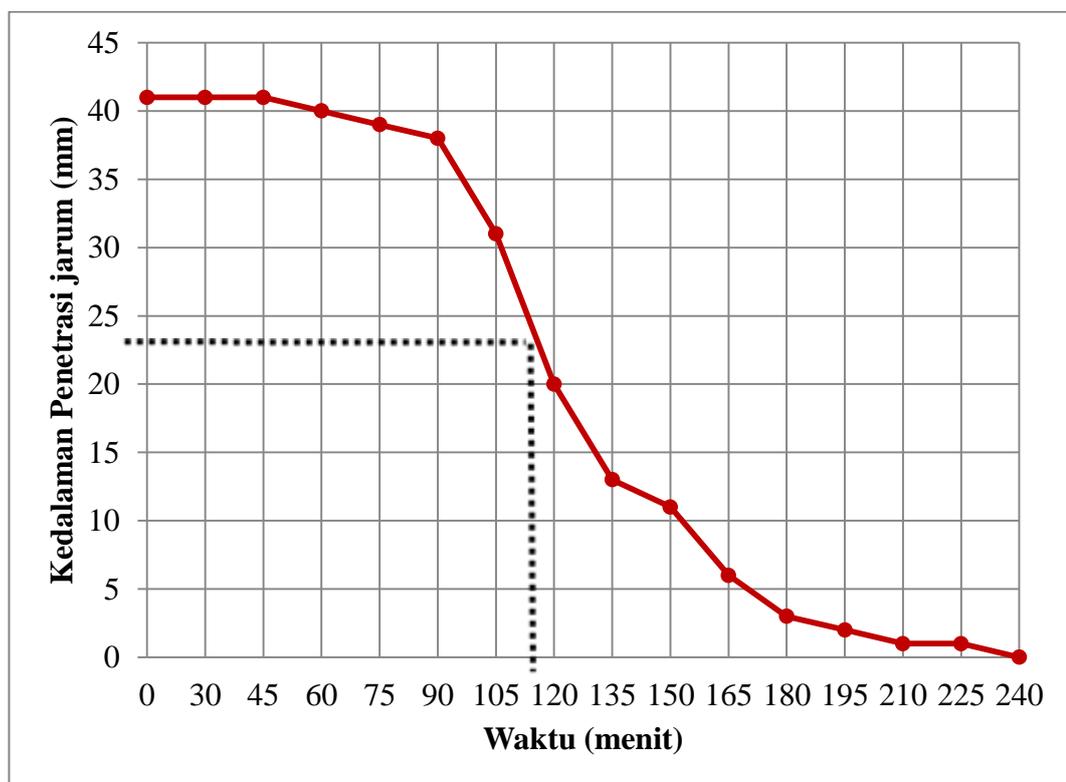
Dikerjakan : Wahyu Anggoro

Tanggal : 22 Juli 2013

<b>Waktu (Menit)</b>	<b>Penurunan (mm)</b>
0	41
30	41
45	41
60	40
75	39
90	38
105	31
120	20
135	13
150	11
165	6
180	3
195	2
210	1
225	1
240	0

## ANALISA PEMERIKSAAN WAKTU Pengerasan SEMEN (UJI VICAT)

Pengikatan awal semen terjadi saat penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm. Dari praktikum di atas pada penetrasi sedalam 25 mm terjadi pada antara waktu menit ke-105 sampai menit ke-120. Selanjutnya dilakukan interpolasi untuk mendapatkan waktu pengikatan awal semen. Berikut adalah grafik waktu pengerasan semen tersebut.



Waktu = 105 menit ; Penetrasi = 31 mm      Waktu = ...? ; Penetrasi = 25 mm

Waktu = 120 menit ; Penetrasi = 20 mm

Interpolasi :

$$\begin{aligned}\text{Waktu (menit ke-)} &= 105 + \left( \frac{(31-25)}{(31-20)} \times (120-105) \right) \\ &= 105 + \left( \frac{6}{11} \times (120-105) \right) \\ &= 105 + 8,182 \\ &= 113,182\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan hasil bahwa penetrasi jarum vicat sedalam 25 mm terjadi pada menit ke-113,182 (113 menit 10,9 detik) sehingga dapat diambil dengan ketentuan bahwa waktu ikatan awal (initial time) semen tidak boleh kurang dari 60 menit.





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

**DATA GRADASI PASIR**

Proyek : Penelitian Skripsi

Berat Sampel : 1000 gr

Dikerjakan : Wahyu Anggoro

Tanggal : 24 Juli 2013

Bahan : Pasir Muntilan

<b>Diameter Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Saringan (gram)</b>	<b>Berat saringan + tertahan (gram)</b>	<b>Berat Tertahan (gram)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 (3-2)</b>
10	489,2	489,2	0
4,8	314,2	314,6	0,4
2,4	320,3	382,8	62,5
1,2	279,2	619	339,8
0,6	417,5	425,2	7,7
0,3	292,6	716	423,4
0,15	286,1	416,7	130,6
PAN	262,7	298,3	35,6
<b>Jumlah</b>	<b>2172,6</b>	<b>3172,6</b>	<b>1000</b>

Semarang, Juli 2013

Ka Lab T.Sipil

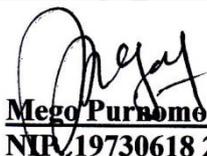
  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
**NIP. 19730618 200501 1 001**

### ANALISA BERAT JENIS PASIR

No	Uraian	Hasil	
		1	2
1	No cawan		
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD) ( A )      gram	500	500
3	Berat sampel kering ( B )      gram	496,8	497,4
4	Berat labu ukur + air ( C )      gram	669,1	669,4
5	Berat labu ukur + berat (SSD) + Air ( D )      gram	980,0	979,2
6	Berat jenis ( bulk) ( B / (C + A) - D)	2,63	2,62
7	Berat jenis (SSD) ( A / (C + A) - D)	2,64	2,63
8	Berat jenis semu ( B / (C + B - D)	2,67	2,65
9	Penyerapan ( ( A - B) / B ) x 100%	0,64	0,52
<b>Berat jenis rata-rata</b>		<b>2,62</b>	

Berat jenis pasir muntilan dipakai termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya antara 2,5 – 2,7), sehingga dapat dipakai untuk campuran normal (Tjokrodimulyo, 2007).

Semarang, Juli 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
**NIP. 19730618 200501 1 001**

Lampiran 4

**ANALISA BERAT SATUAN PASIR**

Proyek : Penelitian Skripsi

Dikerjakan : Wahyu Anggoro

Tanggal : 24 Juli 2013

Bahan : Pasir Muntilan

No	Keterangan	Sampel
1	Berat Bejana (W1)	1,72 kg
2	Berat Bejana + Pasir (W2)	15,5 kg
3	Volume Berat (V)	0,00823 m
	$\frac{W2-W1}{V}$	1,67 kg/m <sup>3</sup>

Berat jenis pasir muntilan dipakai termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya antara 2,5 – 2,7), sehingga dapat dipakai untuk campuran normal (Tjokrodimulyo, 2007).

Semarang, Juli 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
**NIP. 19730618 200501 1 001**



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

**DATA GRADASI PASIR**

Proyek : Penelitian Skripsi

Berat Sampel : 1000 gr

Dikerjakan : Wahyu Anggoro

Tanggal : 24 Juli 2013

Bahan : Pasir Muntilan

<b>Diameter Ayakan (mm)</b>	<b>Berat Saringan (gram)</b>	<b>Berat saringan + tertahan (gram)</b>	<b>Berat Tertahan (gram)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 (3-2)</b>
10	489,2	489,2	0
4,8	314,2	314,6	0,4
2,4	320,3	382,8	62,5
1,2	279,2	619	339,8
0,6	417,5	425,2	7,7
0,3	292,6	716	423,4
0,15	286,1	416,7	130,6
PAN	262,7	298,3	35,6
<b>Jumlah</b>	<b>2172,6</b>	<b>3172,6</b>	<b>1000</b>

## ANALISA GRADASI PASIR

Diameter Ayakan (mm)	Berat Saringan (gram)	Berat saringan + tertahan (gram)	Berat tertahaan (gram)	Persentase berat Tertahan (%)	Berat komulatif tertahan (%)	Berat komulatif lolos (%)
1	2	3	4 (3-2)	5 $((4) \times \frac{100}{1000})$	6 (6+5)	7 (7-6)
10	489,2	489,2	0	0	0	100
4,8	314,2	314,6	0,4	0,04	0,04	99,96
2,4	320,3	382,8	62,5	6,25	6,29	93,71
1,2	279,2	619	339,8	33,98	40,27	59,73
0,6	417,5	425,2	7,7	0,77	41,04	58,96
0,3	292,6	716	423,4	42,34	83,38	16,62
0,15	286,1	416,7	130,6	13,06	96,44	3,56
PAN	262,7	298,3	35,6	3,56	100	0
Jumlah	2172,6	3172,6	1000	100	367	

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{367}{100} = 3,67$$

Syarat MHB agregat halus adalah 1,50-3,80 (SK-SNI-T-15-1990-03)

Sesuai dengan ketentuan SK SNI-T-15-1990-03, untuk mengetahui kekasaran pasir yang diteliti maka berat komulatif lolos (%) dianalisis dengan syarat batas bawah dan batas atas pada 4 daerah (kelompok) pada tabel.

### Syarat Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen butiran yang lewat ayakan (%)								Berat komulatif Lolos (%)
	Daerah 1		Daerah 2		Daerah 3		Daerah 4		
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	(%)	Atas	Bawah	Atas	
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100	99,96
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100	93,71
1,2	30	70	55	100	75	100	90	100	59,73
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100	58,96
0,3	5	20	8	30	12	40	15	50	16,62
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15	3,56

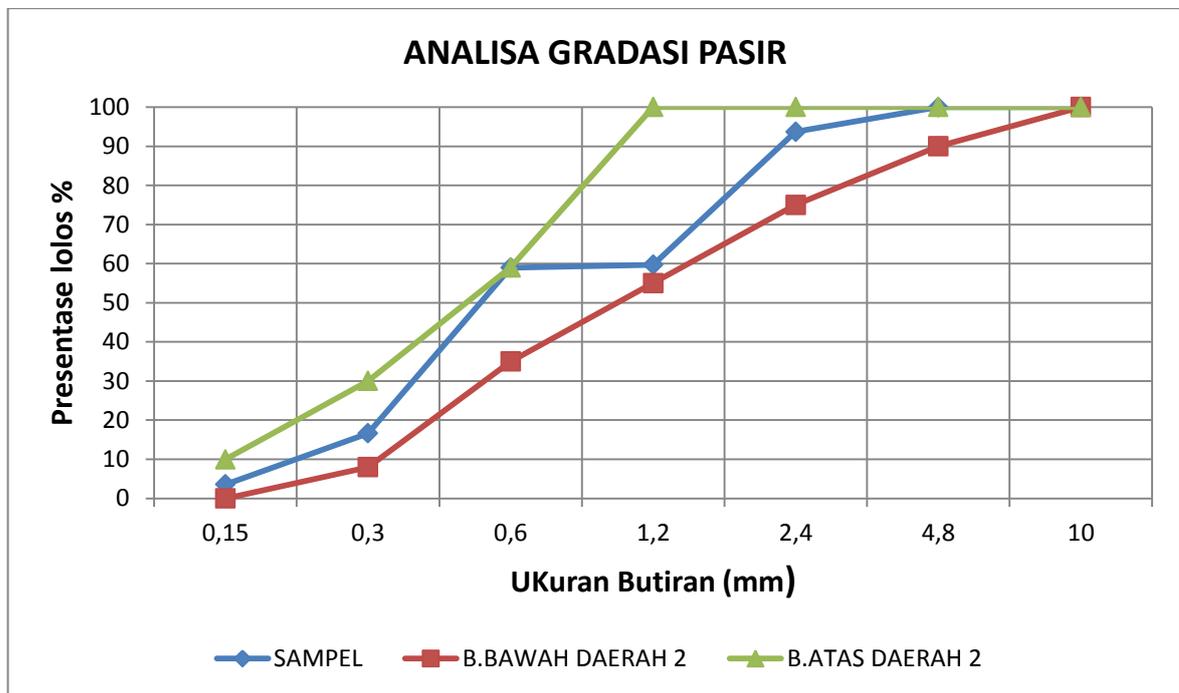
Ket : daerah 1 = pasir kasar

daerah 3 = pasir agak halus

daerah 2 = pasir agak kasar

daerah 4 = pasir halus

Dari hasil analisa syarat batas gradasi, maka pasir yang digunakan dalam penelitian ini masuk pada daerah 2, yaitu pasir agak kasar.



Semarang, Juli 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001

**ANALISA KANDUNGAN LUMPUR PASIR**

No	Uraian	Hasil	
		1	2
1	No cawan	1	2
2	Berat kering sebelum dicuci ( $G_1$ )                      gram	100	100
3	Berat pasir kering setelah dicuci ( $G_2$ )                      gram	97,64	96,8
4	Kadar lumpur ( $(G_1) - (G_2) / G_1$ ) x 100 %	2,36%	3,2%
<b>Kadar lumpur Rata-rata</b>		<b>2,78%</b>	

kadar lumpur maksimum pasir < 5% (SK-SNI-S-04-1989-F)



Semarang, Juli 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001



### ANALISA BERAT JENIS STYROFOAM

Proyek : Penelitian Skripsi

Dikerjakan : Wahyu Anggoro

Tanggal : 28 Juli 2013

No	Berat Gabus (gram)	Volume Styrofoam + Air (gram)	Volume Air (ml)	Volume Styrofoam
1	3,4793	233	89	144
2	2,9856	206	77	129
3	1,3909	100	34	66
4	1,052	70	32	38
5	0,6939	48	18	30

1. Perhitungan rata-rata berat jenis

$$\rho_1 = \frac{m_1}{v_1} = \frac{3,4793 \text{ gr}}{144 \text{ ml}} = 0,024 \text{ gr/ml}$$

$$\rho_2 = \frac{m_2}{v_2} = \frac{2,9856 \text{ gr}}{129 \text{ ml}} = 0,023 \text{ gr/ml}$$

$$\rho_3 = \frac{m_3}{v_3} = \frac{1,3909 \text{ gr}}{66 \text{ ml}} = 0,021 \text{ gr/ml}$$

$$\rho_4 = \frac{m_4}{v_4} = \frac{1,0520 \text{ gr}}{38 \text{ ml}} = 0,027 \text{ gr/ml}$$

$$\rho_5 = \frac{m_5}{v_5} = \frac{0,6939 \text{ gr}}{30 \text{ ml}} = 0,023 \text{ gr/ml}$$

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5}{5} = \frac{0,118}{5} = 0,0236 \text{ gr/ml}$$

$$= \frac{(0,024 + 0,023 + 0,021 + 0,027 + 0,023)}{5}$$

$$= \frac{0,118}{5} = 0,0236 \text{ gr/ml}$$

2. Perhitungan  $\Delta\rho$

$$\Delta\rho = \sqrt{\left[\frac{\partial\rho}{\partial m}\right]^2 \Delta m^2 + \left[\frac{\partial\rho}{\partial V}\right]^2 \Delta V^2}$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial m} = \frac{1}{V} = \frac{1}{\left[\frac{144 + 129 + 66 + 38 + 30}{5}\right]} = \frac{1}{81,4} = 0,0123$$

$$\frac{\partial\rho}{\partial m} = \frac{1}{V^2} = \frac{3,4793 + 2,9856 + 1,3909 + 1,052 + 0,6939}{5} \times \frac{1}{(81,4)^2}$$

$$= \frac{1,9203}{6625,96} = 0,00029$$

No	Berat Gabus (gram)	m2 (gr2)
1	3,4793	12,1055
2	2,9856	8,9138
3	1,3909	1,9346
4	1,052	1,1067
5	0,6939	0,4815
Jumlah	9,6017	24,5421

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{1}{n} \sqrt{\frac{n(\sum m^2) - (\sum m)^2}{n-1}} \\
 &= \frac{1}{5} \sqrt{\frac{5(24,5421) - (9,6017)^2}{5-1}} \\
 &= 0,5524
 \end{aligned}$$

$$\Delta V = \frac{1}{2} \text{ nst buret}$$

$$= \frac{1}{2} \times 1 \text{ ml}$$

$$= 0,5 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta \rho &= \sqrt{\left[\frac{\partial \rho}{\partial m}\right]^2 \Delta m^2 + \left[\frac{\partial \rho}{\partial V}\right]^2 \Delta V^2} \\
 &= \sqrt{(0,0123^2 \times 0,5524^2) + (-0,00029^2 \times 0,5^2)} \\
 &= 0,0068
 \end{aligned}$$

3. Penetapan nilai berat jenis styrofoam

$$\rho = \rho + \Delta \rho$$

$$\rho = 0,0236 \pm 0,0068 \text{ gr/ml}$$

Semarang, Juli 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001



### **RENCANA ADUKAN BATAKO**

Proyek : Penelitian Skripsi  
Judul : Perencanaan Adukan Batako Styrofoam  
Dikerjakan oleh : Wahyu Anggoro

#### **Perencanaan Adukan Batako Dengan Cara Perencanaan Laboratorium**

1. Berdasarkan pemeriksaan bahan susun batako diperoleh :

- a. Berat jenis pasir 2,62
- b. Berat jenis styrofoam 0,0236
- c. Berat jenis semen 3,15

2. Data awal diketahui (dalam satuan berat) :

- a. Berat semen = 1,25 Kg/m<sup>3</sup>
- b. Berat pasir = 1,67 Kg/m<sup>3</sup>
- c. Berat styrofoam = 0,0236 Kg/m<sup>3</sup>
- d. Fas = 0,28 Kg/m<sup>3</sup>

3. Perbandingan volume bahan penyusun batako :

Dalam batako per kubik menggunakan variasi perbandingan dengan volume batako 1000 Kg/m<sup>3</sup>, diambil perbandingan agregat (pasir : styrofoam) adalah 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40, 50 : 50, 40 : 60, 30 : 70, 20 : 80, 10 : 90 dengan penjelasan sebagai berikut :

- a. 1 Semen : 12,0 Pasir : 0,00 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- b. 1 Semen : 10,8 Pasir : 1,20 styrofoam, jumlah perbandingan = 13

- c. 1 Semen : 9,60 Pasir : 2,40 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- d. 1 Semen : 8,40 Pasir : 3,60 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- e. 1 Semen : 7,20 Pasir : 4,80 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- f. 1 Semen : 6,00 Pasir : 6,00 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- g. 1 Semen : 4,80 Pasir : 7,20 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- h. 1 Semen : 3,60 Pasir : 8,40 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- i. 1 Semen : 2,40 Pasir : 9,60 styrofoam, jumlah perbandingan = 13
- j. 1 Semen : 1,20 Pasir : 10,8 styrofoam, jumlah perbandingan = 13

4. Perhitungan volume bahan penyusun batako :

a. Semen

$(1 : 13) \times 1000 = 76,92 \text{ kg}$ , untuk campuran berikutnya nilainya sama.

b. Pasir

1)  $(12,0 : 13) \times 1000 = 923,08 \text{ kg}$

2)  $(10,8 : 13) \times 1000 = 830,77 \text{ kg}$

3)  $(9,60 : 13) \times 1000 = 738,46 \text{ kg}$

4)  $(8,40 : 13) \times 1000 = 646,15 \text{ kg}$

5)  $(7,20 : 13) \times 1000 = 553,85 \text{ kg}$

6)  $(6,00 : 13) \times 1000 = 461,54 \text{ kg}$

7)  $(4,80 : 13) \times 1000 = 369,23 \text{ kg}$

8)  $(3,60 : 13) \times 1000 = 276,92 \text{ kg}$

9)  $(2,40 : 13) \times 1000 = 184,61 \text{ kg}$

10)  $(1,20 : 13) \times 1000 = 92,31 \text{ kg}$

c. Styrofoam

1)  $(0,00 : 13) \times 1000 = 0 \text{ kg}$

2)  $(1,20 : 13) \times 1000 = 92,31 \text{ kg}$

- 3)  $(2,40 : 13) \times 1000 = 184,61 \text{ kg}$
- 4)  $(3,60 : 13) \times 1000 = 276,92 \text{ kg}$
- 5)  $(4,80 : 13) \times 1000 = 369,23 \text{ kg}$
- 6)  $(6,00 : 13) \times 1000 = 461,54 \text{ kg}$
- 7)  $(7,20 : 13) \times 1000 = 553,85 \text{ kg}$
- 8)  $(8,40 : 13) \times 1000 = 646,15 \text{ kg}$
- 9)  $(9,60 : 13) \times 1000 = 738,46 \text{ kg}$
- 10)  $(10,8 : 13) \times 1000 = 830,77 \text{ kg}$

5. Rencana campuran adukan batako per kubik dalam berat satuan dengan menggunakan variasi perbandingan diatas :

a. Semen

$$1,25 \times 76,92 = 96,15 \text{ kg}$$

b. Pasir

$$1) \quad 1,67 \times 923,08 = 1541,54 \text{ kg}$$

$$2) \quad 1,67 \times 830,77 = 1387,39 \text{ kg}$$

$$3) \quad 1,67 \times 738,46 = 1233,23 \text{ kg}$$

$$4) \quad 1,67 \times 646,15 = 1079,07 \text{ kg}$$

$$5) \quad 1,67 \times 553,85 = 924,93 \text{ kg}$$

$$6) \quad 1,67 \times 461,54 = 770,77 \text{ kg}$$

$$7) \quad 1,67 \times 369,23 = 616,61 \text{ kg}$$

$$8) \quad 1,67 \times 276,92 = 462,46 \text{ kg}$$

$$9) \quad 1,67 \times 184,61 = 308,30 \text{ kg}$$

$$10) \quad 1,67 \times 92,31 = 154,16 \text{ kg}$$

c. Styrofoam

$$1) \quad 0,0236 \times 0,00 = 0 \text{ kg}$$

$$2) \quad 0,0236 \times 92,31 = 2,18 \text{ kg}$$

- 3)  $0,0236 \times 184,61 = 4,36 \text{ kg}$
- 4)  $0,0236 \times 276,92 = 6,54 \text{ kg}$
- 5)  $0,0236 \times 369,23 = 8,71 \text{ kg}$
- 6)  $0,0236 \times 461,54 = 10,89 \text{ kg}$
- 7)  $0,0236 \times 553,85 = 13,07 \text{ kg}$
- 8)  $0,0236 \times 646,15 = 15,25 \text{ kg}$
- 9)  $0,0236 \times 738,46 = 17,43 \text{ kg}$
- 10)  $0,0236 \times 830,77 = 19,61 \text{ kg}$

d. Air

$$0,28 \times 76,92 = 21,54 \text{ ltr}$$

6. Berat batako untuk masing-masing campuran

- a. Berat Batako A = 1659,23 kg
- b. Berat Batako B = 1507,25 kg
- c. Berat Batako C = 1355,27 kg
- d. Berat Batako D = 1203,30 kg
- e. Berat Batako E = 1051,33 kg
- f. Berat Batako F = 899,35 kg
- g. Berat Batako G = 747,37 kg
- h. Berat Batako H = 595,40 kg
- i. Berat Batako I = 443,42 kg
- j. Berat Batako J = 291,45 kg

Semarang, Juli 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
**NIP. 19730618 200501 1 001**

## REKAPITULASI RENCANA ADUKAN BATAKO

Volume	Perbandingan Campuran (semen : pasir : styrofoam)	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Air (ltr)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Styrofoam (kg)
1 m <sup>3</sup>	1 pc : 12,0 ps : 0,00 sty	1659,23	21,54	96,15	1541,54	0,00
	1 pc : 10,8 ps : 1,20 sty	1507,25	21,54	96,15	1387,39	2,18
	1 pc : 9,60 ps : 2,40 sty	1355,27	21,54	96,15	1233,23	4,36
	1 pc : 8,40 ps : 3,60 sty	1203,30	21,54	96,15	1079,07	6,54
	1 pc : 7,20 ps : 4,80 sty	1051,33	21,54	96,15	924,93	8,71
	1 pc : 6,00 ps : 6,00 sty	899,35	21,54	96,15	770,77	10,89
	1 pc : 4,80 ps : 7,20 sty	747,37	21,54	96,15	616,61	13,07
	1 pc : 3,60 ps : 8,40 sty	595,40	21,54	96,15	462,46	15,25
	1 pc : 2,40 ps : 9,60 sty	443,42	21,54	96,15	308,30	17,43
	1 pc : 1,20 ps : 10,8 sty	291,45	21,54	96,15	154,16	19,61
1 Batako (0,0057 m <sup>3</sup> )	1 pc : 12,0 ps : 0,00 sty	9,39	0,12	0,54	8,73	0,00
	1 pc : 10,8 ps : 1,20 sty	8,53	0,12	0,54	7,85	0,01
	1 pc : 9,60 ps : 2,40 sty	7,67	0,12	0,54	6,98	0,02
	1 pc : 8,40 ps : 3,60 sty	6,81	0,12	0,54	6,11	0,04
	1 pc : 7,20 ps : 4,80 sty	5,95	0,12	0,54	5,24	0,05
	1 pc : 6,00 ps : 6,00 sty	5,09	0,12	0,54	4,36	0,06
	1 pc : 4,80 ps : 7,20 sty	4,23	0,12	0,54	3,49	0,07
	1 pc : 3,60 ps : 8,40 sty	3,37	0,12	0,54	2,62	0,09
	1 pc : 2,40 ps : 9,60 sty	2,51	0,12	0,54	1,75	0,10
	1 pc : 1,20 ps : 10,8 sty	1,65	0,12	0,54	0,87	0,11
13 Batako (0,736 m <sup>3</sup> )	1 pc : 12,0 ps : 0,00 sty	122,11	1,59	7,08	113,45	0,00
	1 pc : 10,8 ps : 1,20 sty	110,92	1,59	7,08	102,10	0,16
	1 pc : 9,60 ps : 2,40 sty	99,74	1,59	7,08	90,76	0,32
	1 pc : 8,40 ps : 3,60 sty	88,55	1,59	7,08	79,41	0,48
	1 pc : 7,20 ps : 4,80 sty	77,37	1,59	7,08	68,07	0,64
	1 pc : 6,00 ps : 6,00 sty	66,19	1,59	7,08	56,72	0,80
	1 pc : 4,80 ps : 7,20 sty	55,00	1,59	7,08	45,38	0,96
	1 pc : 3,60 ps : 8,40 sty	43,82	1,59	7,08	34,03	1,12
	1 pc : 2,40 ps : 9,60 sty	32,63	1,59	7,08	22,69	1,28
	1 pc : 1,20 ps : 10,8 sty	21,45	1,59	7,08	11,34	1,44



**DATA PENGUJIAN DENSITAS BATAKO STYROFOAM**

**Umur 7 Hari**

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Kering (gr)	Massa Sampel Setelah direndam air (gr)	Massa Tali Penggantung (gr)	Massa Sampel + Tali Penggantung di dalam air (gr)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	ms	mb	mk	mg	$\rho_{pc} = \frac{ms}{mb - (mg - mk)} \times \rho_{air}$	$\rho_{pc}$ rata-rata
0	123,87	127,42	2,46	74,62	2,242	2,23
	124,66	127,95	2,46	74,33	2,223	
10	110,04	126,36	2,46	72,97	1,970	1,97
	109,86	126,14	2,46	72,76	1,967	
20	98,45	126,77	2,46	72,25	1,728	1,73
	98,21	126,56	2,46	72,31	1,732	
30	86,29	124,04	2,46	71,89	1,580	1,58
	87,23	124,86	2,46	71,96	1,576	
40	76,98	122,76	2,46	71,54	1,434	1,44
	77,27	122,51	2,46	71,62	1,448	

50	65,88	121,88	2,46	71,29	1,242	1,24
	66,35	122,00	2,46	71,23	1,246	
60	53,44	117,66	2,46	71,02	1,088	1,09
	53,90	118,12	2,46	70,94	1,086	
70	43,66	113,38	2,46	70,45	0,962	0,96
	43,85	113,82	2,46	70,49	0,958	
80	32,33	109,00	2,46	70,02	0,780	0,78
	32,79	109,77	2,46	69,97	0,776	
90	22,04	104,42	2,46	69,50	0,590	0,59
	21,82	104,64	2,46	69,54	0,581	

#### Umur 14 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Kering (gr)	Massa Sampel Setelah direndam air (gr)	Massa Tali Penggantung (gr)	Massa Sampel + Tali Penggantung di dalam air (gr)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	ms	mb	mk	mg	$\rho_{pc} = \frac{ms}{mb - (mg - mk)} \times \rho_{air}$	$\rho_{pc}$ rata-rata
0	122,65	125,67	2,46	74,49	2,287	2,29
	122,23	125,01	2,46	74,04	2,288	
10	108,77	123,46	2,46	72,86	2,050	2,05
	109,14	123,32	2,46	72,72	2,057	
20	98,08	124,76	2,46	72,19	1,782	1,78
	97,82	124,62	2,46	72,23	1,783	
30	86,21	122,39	2,46	71,80	1,625	1,62
	86,49	122,66	2,46	71,76	1,621	
40	76,24	120,00	2,46	71,43	1,494	1,50
	76,63	119,88	2,46	71,48	1,507	

50	66,02	119,98	2,46	71,19	1,288	1,29
	66,11	119,92	2,46	71,21	1,292	
60	52,89	115,05	2,46	70,97	1,136	1,13
	53,05	115,38	2,46	70,90	1,130	
70	43,13	110,56	2,46	70,42	1,012	1,01
	43,54	111,00	2,46	70,39	1,011	
80	32,01	105,37	2,46	69,95	0,845	0,84
	32,12	105,65	2,46	69,88	0,840	
90	21,88	101,46	2,46	69,43	0,634	0,63
	21,74	101,65	2,46	69,47	0,628	

### Umur 21 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Kering (gr)	Massa Sampel Setelah direndam air (gr)	Massa Tali Penggantung (gr)	Massa Sampel + Tali Penggantung di dalam air (gr)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	ms	mb	mk	mg	$\rho_{pc} = \frac{ms}{mb - (mg - mk)} \times \rho_{air}$	$\rho_{pc}$ rata-rata
0	121,43	124,00	2,46	74,33	2,329	2,33
	121,20	123,58	2,46	73,98	2,328	
10	107,78	121,25	2,46	72,62	2,110	2,11
	108,02	121,09	2,46	72,54	2,118	
20	97,93	123,68	2,46	72,07	1,811	1,81
	97,80	123,59	2,46	72,13	1,814	
30	86,18	121,86	2,46	71,73	1,639	1,64
	86,09	121,67	2,46	71,68	1,641	
40	75,87	118,45	2,46	71,31	1,530	1,53
	75,94	118,27	2,46	71,27	1,535	

50	65,84	117,05	2,46	71,06	1,359	1,36
	65,78	117,13	2,46	71,11	1,357	
60	52,33	113,46	2,46	70,73	1,158	1,16
	52,44	113,40	2,46	70,80	1,164	
70	43,01	110,45	2,46	70,28	1,009	1,01
	42,89	110,16	2,46	70,31	1,014	
80	31,82	103,63	2,46	69,84	0,878	0,88
	31,89	103,44	2,46	69,75	0,882	
90	21,42	99,02	2,46	69,32	0,666	0,67
	21,56	98,95	2,46	69,35	0,672	

### Umur 28 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Kering (gr)	Massa Sampel Setelah direndam air (gr)	Massa Tali Penggantung (gr)	Massa Sampel + Tali Penggantung di dalam air (gr)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )
	ms	mb	mk	mg	$\rho_{pc} = \frac{ms}{mb - (mg - mk)} \times \rho_{air}$	$\rho_{pc}$ rata-rata
0	120,82	122,57	2,46	74,18	2,376	2,38
	121,03	122,22	2,46	73,90	2,383	
10	107,39	119,69	2,46	72,51	2,163	2,16
	107,57	119,88	2,46	72,44	2,156	
20	97,03	121,02	2,46	71,92	1,882	1,88
	96,97	121,40	2,46	72,08	1,873	
30	85,86	119,83	2,46	71,53	1,691	1,70
	85,79	119,36	2,46	71,57	1,707	
40	75,51	116,91	2,46	71,19	1,567	1,56
	75,44	117,07	2,46	71,12	1,558	

50	65,18	114,82	2,46	70,84	1,404	1,40
	65,21	114,96	2,46	70,91	1,402	
60	51,93	110,98	2,46	70,41	1,207	1,20
	52,02	111,26	2,46	70,44	1,202	
70	42,77	107,34	2,46	70,06	1,076	1,07
	42,61	107,42	2,46	70,11	1,071	
80	31,53	101,79	2,46	69,62	0,910	0,91
	31,65	101,82	2,46	69,68	0,915	
90	21,17	97,48	2,46	69,18	0,688	0,69
	21,24	97,51	2,46	69,24	0,691	

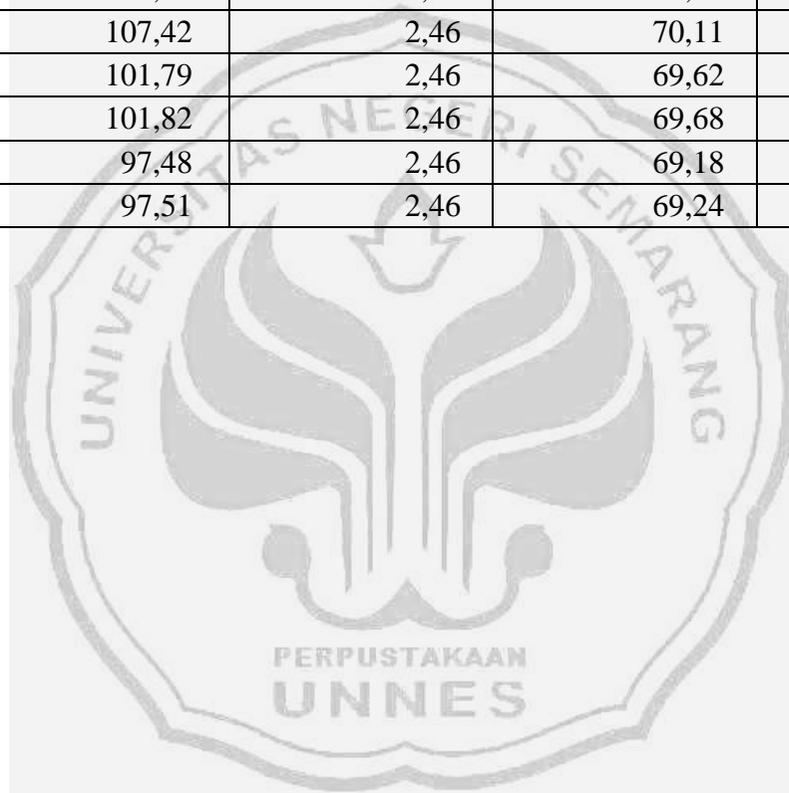
Rumus Perhitungan Densitas :

$$\rho_{pc} = \frac{ms}{mb - (mg - mk)} \times \rho_{air}$$

Contoh :

$$\rho_{pc} = \frac{123,87}{127,42 - (74,62 - 2,46)} \times 1$$

$$\rho_{pc} = 2,242 \text{ gr/cm}^3$$



## REKAPITULASI DATA PENGUJIAN DENSITAS

No	Penambahan Styrofoam (% Volume)	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	2,23	2,29	2,33	2,38
2	10	1,97	2,05	2,11	2,16
3	20	1,73	1,78	1,81	1,88
4	30	1,58	1,62	1,64	1,70
5	40	1,44	1,50	1,53	1,56
6	50	1,24	1,29	1,36	1,40
7	60	1,09	1,13	1,16	1,20
8	70	0,96	1,01	1,05	1,07
9	80	0,78	0,84	0,88	0,91
10	90	0,59	0,63	0,67	0,69

Semarang, November 2013  
Ka Lab T.Sipil



**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001



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

**DATA PENGUJIAN DAYA SERAP AIR BATAKO STYROFOAM**

**Umur 7 Hari**

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Jenuh (gr)	Massa Sampel di Udara (gr)	Massa Sampel (Jenuh - Udara)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)
	Mj	Mk	Mj-Mk	WA = $Mj-Mk/Mk \cdot 100\%$	Rata-Rata WA
0	13.021	9.763	3.258	33,37	33,99
	12.966	9.632	3.334	34,61	
10	11.899	9.137	2.762	30,23	29,64
	11.885	9.210	2.675	29,04	
20	10.649	8.437	2.212	26,22	26,22
	10.782	8.542	2.240	26,22	
30	9.404	7.734	1.670	21,59	22,77
	9.523	7.683	1.840	23,95	
40	7.405	6.159	1.246	20,23	20,52
	7.449	6.166	1.283	20,81	
50	6.285	5.282	1.003	18,99	18,95

	6.274	5.276	998	18,92	
60	5.267	4.474	793	17,72	17,87
	5.273	4.468	805	18,02	
70	4.208	3.604	604	16,76	16,48
	4.205	3.619	586	16,19	
80	3.083	2.696	387	14,35	14,63
	3.107	2.704	403	14,90	
90	2.069	1.830	239	13,06	12,82
	2.040	1.812	228	12,58	

#### Umur 14 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Jenuh (gr)	Massa Sampel di Udara (gr)	Massa Sampel (Jenuh - Udara)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)
	Mj	Mk	Mj-Mk	WA = $Mj-Mk/Mk*100\%$	Rata-Rata WA
0	12.370	9.540	2.830	29,66	28,68
	12.354	9.674	2.680	27,70	
10	11.574	9.228	2.346	25,42	25,87
	11.520	9.120	2.400	26,32	
20	10.325	8.450	1.875	22,19	22,69
	10.396	8.439	1.957	23,19	
30	9.302	7.640	1.662	21,75	20,42
	9.144	7.678	1.466	19,09	
40	7.364	6.170	1.194	19,35	18,66
	7.273	6.165	1.108	17,97	

50	6.182	5.258	924	17,57	17,33
	6.165	5.265	900	17,09	
60	5.186	4.465	721	16,15	16,30
	5.205	4.470	735	16,44	
70	4.172	3.610	562	15,57	14,90
	4.107	3.595	512	14,24	
80	3.032	2.695	337	12,50	12,85
	3.054	2.698	356	13,19	
90	2.019	1.805	214	11,86	10,79
	1.996	1.819	177	9,73	

### Umur 21 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Jenuh (gr)	Massa Sampel di Udara (gr)	Massa Sampel (Jenuh - Udara)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)
	Mj	Mk	Mj-Mk	WA = $Mj-Mk/Mk*100\%$	Rata-Rata WA
0	11.982	9.680	2.302	23,78	25,25
	12.102	9.550	2.552	26,72	
10	11.229	9.095	2.134	23,46	22,67
	11.194	9.184	2.010	21,89	
20	10.102	8.388	1.714	20,43	19,63
	9.982	8.400	1.582	18,83	
30	8.998	7.665	1.333	17,39	17,98
	9.070	7.650	1.420	18,56	
40	7.192	6.150	1.042	16,94	16,33

	7.104	6.139	965	15,72	
50	6.098	5.260	838	15,93	15,67
	6.057	5.248	809	15,42	
60	5.083	4.460	623	13,97	14,38
	5.099	4.442	657	14,79	
70	4.009	3.593	416	11,58	12,64
	4.082	3.590	492	13,70	
80	2.984	2.700	284	10,52	11,06
	3.000	2.688	312	11,61	
90	1.969	1.786	183	10,25	9,42
	1.946	1.792	154	8,59	

### Umur 28 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Massa Sampel Jenuh (gr)	Massa Sampel di Udara (gr)	Massa Sampel (Jenuh - Udara)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-Rata (%)
	Mj	Mk	Mj-Mk	WA = $Mj-Mk/Mk*100\%$	Rata-Rata WA
0	11.978	9.665	2.313	23,93	22,95
	11.669	9.567	2.102	21,97	
10	10.802	9.005	1.797	19,96	19,62
	10.862	9.106	1.756	19,28	
20	9.834	8.405	1.429	17,00	17,43
	9.892	8.393	1.499	17,86	
30	8.862	7.648	1.214	15,87	15,76
	8.828	7.634	1.194	15,64	

40	7.051	6.146	905	14,73	14,42
	6.963	6.102	861	14,11	
50	5.988	5.202	786	15,11	13,71
	5.851	5.210	641	12,30	
60	4.962	4.432	530	11,96	12,07
	5.002	4.459	543	12,18	
70	4.003	3.594	409	11,38	11,10
	3.975	3.587	388	10,82	
80	2.939	2.690	249	9,26	9,64
	2.954	2.685	269	10,02	
90	1.931	1.802	129	7,16	7,61
	1.918	1.775	143	8,06	

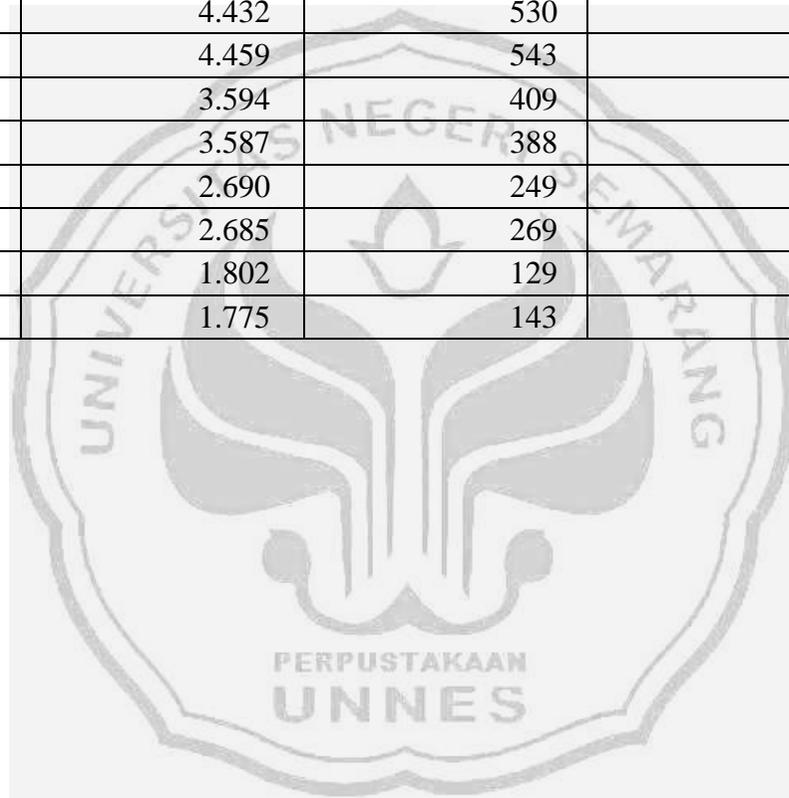
Rumus Perhitungan Daya Serap Air :

$$WA = \frac{Mj - Mk}{Mk} \times 100\%$$

Contoh :

$$WA = \frac{13021 - 9763}{9763} \times 100\%$$

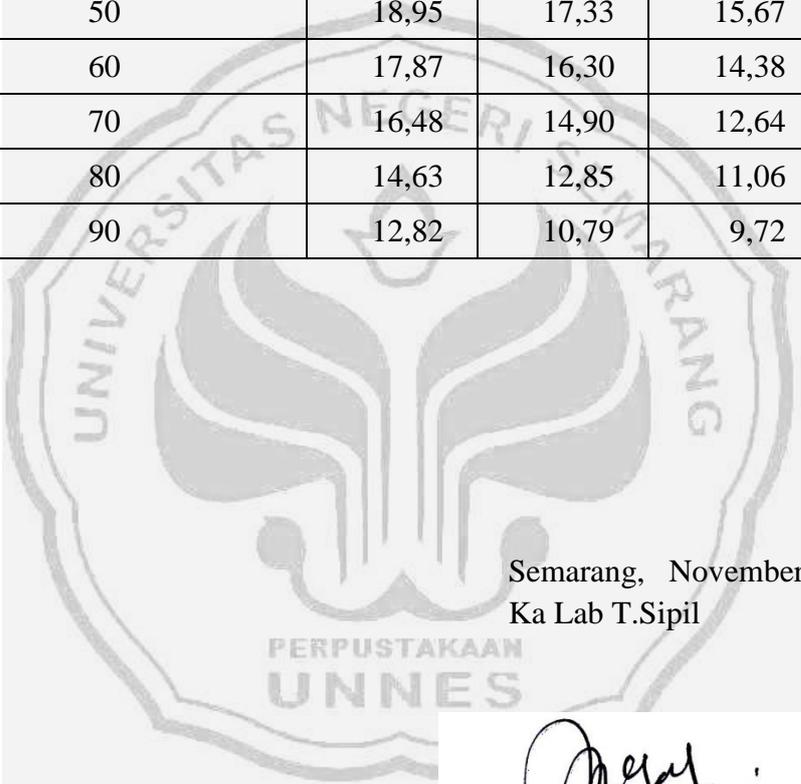
$$WA = 33,37 \%$$

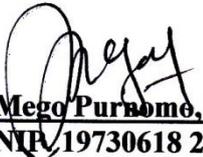


## REKAPITULASI DATA PENGUJIAN DAYA SERAP AIR

No	Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume)	Daya Serap air (%)			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	33,99	28,68	25,25	22,95
2	10	29,64	25,87	22,67	19,62
3	20	26,22	22,69	19,63	17,43
4	30	22,77	20,42	17,98	15,76
5	40	20,52	18,66	16,33	14,42
6	50	18,95	17,33	15,67	13,71
7	60	17,87	16,30	14,38	12,07
8	70	16,48	14,90	12,64	11,10
9	80	14,63	12,85	11,06	9,64
10	90	12,82	10,79	9,72	7,61

Semarang, November 2013  
Ka Lab T.Sipil



  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001



**DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO STYROFOAM**

**Umur 7 Hari**

Penambahan Styrofoam (%)	Dimensi			Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Beban Maxs. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata - Rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A = p x l	P	$\sigma = P/A$	Rata-Rata $\sigma$
0	8	8	8	64	6900	107,81	108,85
	8	8	8	64	7000	109,38	
	8	8	8	64	7000	109,38	
10	8	8	8	64	6200	96,88	96,88
	8	8	8	64	6300	98,44	
	8	8	8	64	6100	95,31	
20	8	8	8	64	5500	85,94	85,94
	8	8	8	64	5500	85,94	
	8	8	8	64	5500	85,94	
30	8	8	8	64	4700	73,44	73,96
	8	8	8	64	4700	73,44	
	8	8	8	64	4800	75,00	

40	8	8	8	64	4000	62,50	63,54
	8	8	8	64	4200	65,63	
	8	8	8	64	4000	62,50	
50	8	8	8	64	3400	53,13	53,13
	8	8	8	64	3400	53,13	
	8	8	8	64	3400	53,13	
60	8	8	8	64	2700	42,19	41,15
	8	8	8	64	2500	39,06	
	8	8	8	64	2700	42,19	
70	8	8	8	64	2000	31,25	32,81
	8	8	8	64	2300	35,94	
	8	8	8	64	2000	31,25	
80	8	8	8	64	1300	20,31	20,31
	8	8	8	64	1300	20,31	
	8	8	8	64	1300	20,31	
90	8	8	8	64	700	10,94	11,98
	8	8	8	64	800	12,50	
	8	8	8	64	800	12,50	

### Umur 14 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Dimensi			Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Beban Maxs. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata - Rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A = p $\times$ l	P	$\sigma = P/A$	Rata-Rata $\sigma$
0	8	8	8	64	7200	112,50	113,54
	8	8	8	64	7300	114,06	
	8	8	8	64	7300	114,06	

10	8	8	8	64	6400	100,00	100,00
	8	8	8	64	6400	100,00	
	8	8	8	64	6400	100,00	
20	8	8	8	64	5500	85,94	87,50
	8	8	8	64	5600	87,50	
	8	8	8	64	5700	89,06	
30	8	8	8	64	4900	76,56	76,04
	8	8	8	64	4800	75,00	
	8	8	8	64	4900	76,56	
40	8	8	8	64	4200	65,63	68,23
	8	8	8	64	4400	68,75	
	8	8	8	64	4500	70,31	
50	8	8	8	64	3500	54,69	55,73
	8	8	8	64	3700	57,81	
	8	8	8	64	3500	54,69	
60	8	8	8	64	2800	43,75	44,27
	8	8	8	64	2800	43,75	
	8	8	8	64	2900	45,31	
70	8	8	8	64	2400	37,50	35,94
	8	8	8	64	2300	35,94	
	8	8	8	64	2200	34,38	
80	8	8	8	64	1400	21,88	23,96
	8	8	8	64	1500	23,44	
	8	8	8	64	1700	26,56	
90	8	8	8	64	800	12,50	13,02
	8	8	8	64	900	14,06	
	8	8	8	64	800	12,50	

### Umur 21 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Dimensi			Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Beban Maxs. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata - Rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A = p x l	P	$\sigma = P/A$	Rata-Rata $\sigma$
0	8	8	8	64	7400	115,63	116,15
	8	8	8	64	7400	115,63	
	8	8	8	64	7500	117,19	
10	8	8	8	64	6700	104,69	104,17
	8	8	8	64	6600	103,13	
	8	8	8	64	6700	104,69	
20	8	8	8	64	5700	89,06	89,58
	8	8	8	64	5800	90,63	
	8	8	8	64	5700	89,06	
30	8	8	8	64	5000	78,13	78,13
	8	8	8	64	5000	78,13	
	8	8	8	64	5000	78,13	
40	8	8	8	64	4500	70,31	70,31
	8	8	8	64	4400	68,75	
	8	8	8	64	4600	71,88	
50	8	8	8	64	3500	54,69	56,77
	8	8	8	64	3700	57,81	
	8	8	8	64	3700	57,81	
60	8	8	8	64	3000	46,88	46,88
	8	8	8	64	3000	46,88	
	8	8	8	64	3000	46,88	

70	8	8	8	64	2300	35,94	38,02
	8	8	8	64	2600	40,63	
	8	8	8	64	2400	37,50	
80	8	8	8	64	1700	26,56	27,08
	8	8	8	64	1800	28,13	
	8	8	8	64	1700	26,56	
90	8	8	8	64	1000	15,63	14,58
	8	8	8	64	900	14,06	
	8	8	8	64	900	14,06	

### Umur 28 Hari

Penambahan Styrofoam (%)	Dimensi			Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Beban Maxs. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata - Rata (kg/cm <sup>2</sup> )
	p (cm)	l (cm)	t (cm)	A = p x l	P	$\sigma = P/A$	Rata-Rata $\sigma$
0	8	8	8	64	7800	121,88	120,83
	8	8	8	64	7700	120,31	
	8	8	8	64	7700	120,31	
10	8	8	8	64	6800	106,25	107,81
	8	8	8	64	6900	107,81	
	8	8	8	64	7000	109,38	
20	8	8	8	64	6000	93,75	92,71
	8	8	8	64	5800	90,63	
	8	8	8	64	6000	93,75	
30	8	8	8	64	5200	81,25	80,21
	8	8	8	64	5100	79,69	
	8	8	8	64	5100	79,69	

40	8	8	8	64	4700	73,44	72,92
	8	8	8	64	4700	73,44	
	8	8	8	64	4600	71,88	
50	8	8	8	64	3900	60,94	59,90
	8	8	8	64	3900	60,94	
	8	8	8	64	3700	57,81	
60	8	8	8	64	3200	50,00	50,00
	8	8	8	64	3300	51,56	
	8	8	8	64	3100	48,44	
70	8	8	8	64	2500	39,06	40,10
	8	8	8	64	2500	39,06	
	8	8	8	64	2700	42,19	
80	8	8	8	64	1700	26,56	29,17
	8	8	8	64	2000	31,25	
	8	8	8	64	1900	29,69	
90	8	8	8	64	900	14,06	15,63
	8	8	8	64	1200	18,75	
	8	8	8	64	900	14,06	

Rumus Perhitungan Kuat Tekan :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

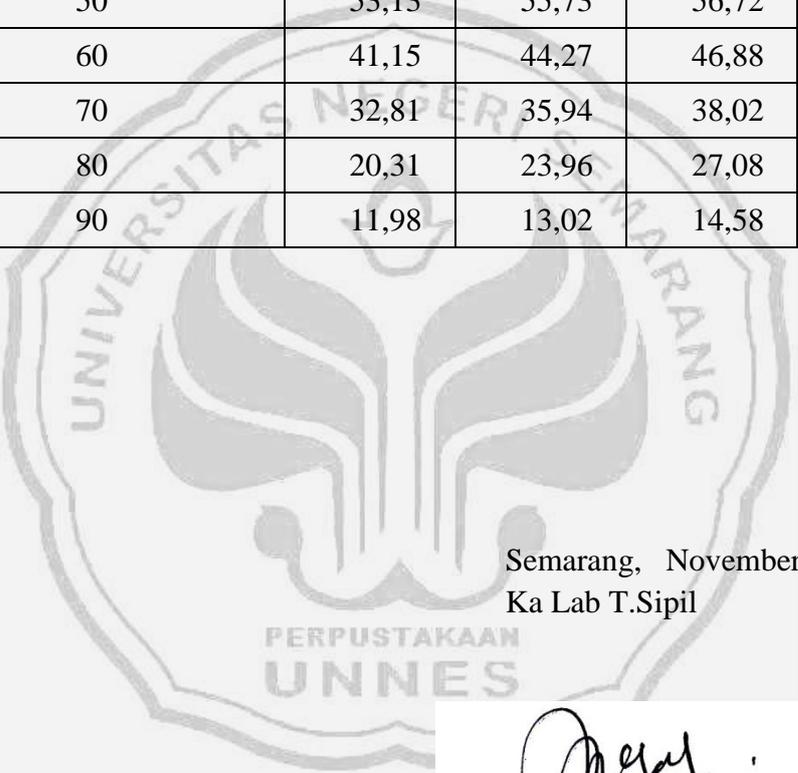
Contoh :

$$\sigma = \frac{6900}{64} = 108,85 \text{ kg/cm}^2$$

## REKAPITULASI DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN

No	Penambahan <i>Styrofoam</i> (% Volume)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	108,85	113,54	116,15	120,83
2	10	96,88	100,00	104,17	107,81
3	20	85,94	87,50	89,58	92,71
4	30	73,96	76,04	78,13	80,21
5	40	63,54	68,23	70,31	72,92
6	50	53,13	55,73	56,72	59,90
7	60	41,15	44,27	46,88	50,00
8	70	32,81	35,94	38,02	40,10
9	80	20,31	23,96	27,08	29,17
10	90	11,98	13,02	14,58	15,63

Semarang, November 2013  
Ka Lab T.Sipil



  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001



**DATA PENGUJIAN BOBOT ISI BATAKO STYROFOAM**

**Umur 7 Hari**

Penambahan Styrofoam (% Volume)	Berat (kg)	Dimensi			Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata Per Batako (Kg)
		p (m)	l (m)	t (m)			
0	0.991	0.08	0.08	0.08	1935.547	1931.64	10.05
	0.987	0.08	0.08	0.08	1927.734		
10	0.875	0.08	0.08	0.08	1708.984	1707.03	8.88
	0.873	0.08	0.08	0.08	1705.078		
20	0.787	0.08	0.08	0.08	1537.109	1540.04	8.01
	0.790	0.08	0.08	0.08	1542.969		
30	0.698	0.08	0.08	0.08	1363.281	1356.45	7.06
	0.691	0.08	0.08	0.08	1349.609		
40	0.612	0.08	0.08	0.08	1195.313	1199.22	6.24

	0.616	0.08	0.08	0.08	1203.125		
50	0.524	0.08	0.08	0.08	1023.438	1019.53	5.30
	0.520	0.08	0.08	0.08	1015.625		
60	0.432	0.08	0.08	0.08	843.750	840.82	4.37
	0.429	0.08	0.08	0.08	837.891		
70	0.347	0.08	0.08	0.08	677.734	680.66	3.54
	0.350	0.08	0.08	0.08	683.594		
80	0.258	0.08	0.08	0.08	503.906	499.02	2.60
	0.253	0.08	0.08	0.08	494.141		
90	0.176	0.08	0.08	0.08	343.750	337.89	1.76
	0.170	0.08	0.08	0.08	332.031		

### Umur 14 Hari

Penambahan Styrofoam (% Volume)	Berat (kg)	Dimensi			Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata Per Batako (Kg)
		p (m)	l (m)	t (m)			
0	0.975	0.08	0.08	0.08	1904.297	1909.18	9.93
	0.980	0.08	0.08	0.08	1914.063		
10	0.864	0.08	0.08	0.08	1687.500	1684.57	8.76
	0.861	0.08	0.08	0.08	1681.641		
20	0.776	0.08	0.08	0.08	1515.625	1519.53	7.90

	0.780	0.08	0.08	0.08	1523.438		
30	0.681	0.08	0.08	0.08	1330.078	1326.17	6.90
	0.677	0.08	0.08	0.08	1322.266		
40	0.600	0.08	0.08	0.08	1171.875	1176.76	6.12
	0.605	0.08	0.08	0.08	1181.641		
50	0.512	0.08	0.08	0.08	1000.000	1003.91	5.22
	0.516	0.08	0.08	0.08	1007.813		
60	0.419	0.08	0.08	0.08	818.359	820.31	4.27
	0.421	0.08	0.08	0.08	822.266		
70	0.332	0.08	0.08	0.08	648.438	653.32	3.40
	0.337	0.08	0.08	0.08	658.203		
80	0.243	0.08	0.08	0.08	474.609	471.68	2.45
	0.240	0.08	0.08	0.08	468.750		
90	0.165	0.08	0.08	0.08	322.266	318.36	1.66
	0.161	0.08	0.08	0.08	314.453		

### Umur 21 Hari

Penambahan Styrofoam (% Volume)	Berat (kg)	Dimensi			Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata Per Batako (Kg)
		p (m)	l (m)	t (m)			
0	0.963	0.08	0.08	0.08	1880.859	1876.95	9.76
	0.959	0.08	0.08	0.08	1873.047		
10	0.852	0.08	0.08	0.08	1664.063	1665.04	8.66
	0.853	0.08	0.08	0.08	1666.016		
20	0.763	0.08	0.08	0.08	1490.234	1495.12	7.78
	0.768	0.08	0.08	0.08	1500.000		
30	0.671	0.08	0.08	0.08	1310.547	1307.62	6.80
	0.668	0.08	0.08	0.08	1304.688		
40	0.596	0.08	0.08	0.08	1164.063	1166.02	6.07
	0.598	0.08	0.08	0.08	1167.969		
50	0.500	0.08	0.08	0.08	976.563	979.49	5.10
	0.503	0.08	0.08	0.08	982.422		
60	0.407	0.08	0.08	0.08	794.922	799.80	4.16
	0.412	0.08	0.08	0.08	804.688		
70	0.322	0.08	0.08	0.08	628.906	630.86	3.28
	0.324	0.08	0.08	0.08	632.813		
80	0.231	0.08	0.08	0.08	451.172	447.27	2.33

	0.227	0.08	0.08	0.08	443.359		
90	0.151	0.08	0.08	0.08	294.922	298.83	1.55
	0.155	0.08	0.08	0.08	302.734		

### Umur 28 Hari

Penambahan Styrofoam (% Volume)	Berat (kg)	Dimensi			Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Bobot Isi Rata-rata Per Batako (Kg)
		p (m)	l (m)	t (m)			
0	0.950	0.08	0.08	0.08	1855.469	1851.56	9.63
	0.946	0.08	0.08	0.08	1847.656		
10	0.838	0.08	0.08	0.08	1636.719	1640.63	8.53
	0.842	0.08	0.08	0.08	1644.531		
20	0.758	0.08	0.08	0.08	1480.469	1485.35	7.73
	0.763	0.08	0.08	0.08	1490.234		
30	0.656	0.08	0.08	0.08	1281.250	1285.16	6.69
	0.660	0.08	0.08	0.08	1289.063		
40	0.588	0.08	0.08	0.08	1148.438	1145.51	5.96
	0.585	0.08	0.08	0.08	1142.578		
50	0.489	0.08	0.08	0.08	955.078	958.98	4.99
	0.493	0.08	0.08	0.08	962.891		
60	0.395	0.08	0.08	0.08	771.484	776.37	4.04
	0.400	0.08	0.08	0.08	781.250		
70	0.309	0.08	0.08	0.08	603.516	606.45	3.15
	0.312	0.08	0.08	0.08	609.375		
80	0.220	0.08	0.08	0.08	429.688	430.66	2.24

	0.221	0.08	0.08	0.08	431.641		
90	0.147	0.08	0.08	0.08	287.109	288.09	1.50
	0.148	0.08	0.08	0.08	289.063		

Rumus Perhitungan Bobot Isi :

$$B = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}}$$

Contoh :

$$B1 = \frac{0,991}{(0,08)^3}$$

$$B1 = 1935,547 \text{ kg/m}^3$$

$$B2 = \frac{0,987}{(0,08)^3}$$

$$B2 = 1927,734 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} B \text{ rata - rata} &= (1935,547 + 1927,734)/2 \\ &= 1931,64 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$



Rumus Perhitungan Bobot Isi Per Batako :

*Volume 1 Buah Batako = Volume Air yang Keluar dari Ember*

$$= 5202 \text{ mL}$$

$$= 5,202 \text{ L}$$

1 L = 1 dm<sup>3</sup>, sehingga :

$$\text{Volume 1 Buah Batako} = 5,202 \text{ L}$$

$$= 5,202 \text{ dm}^3$$

$$= 0,005202 \text{ m}^3$$

Bobot Isi Per Batako :

$$B = \text{Bobot Isi Batako Per Kubik} \times \text{Volume 1 Buah Batako}$$

$$B = 1931,64 \times 0,005202$$

$$B = 10,05 \text{ kg}$$





## REKAPITULASI DATA PENGUJIAN BOBOT ISI

No	Penambahan Styrofoam (% Volume)	Bobot Isi (kg/m <sup>3</sup> )			
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0	1931,64	1909,18	1876,95	1851,56
2	10	1707,03	1684,57	1665,04	1640,63
3	20	1540,04	1519,53	1495,12	1485,35
4	30	1356,45	1326,17	1307,62	1285,16
5	40	1199,22	1176,76	1166,02	1145,51
6	50	1019,53	1003,91	979,49	958,98
7	60	840,82	820,31	799,49	776,37
8	70	680,66	653,32	630,86	606,45
9	80	499,02	471,68	447,27	430,66
10	90	337,89	318,36	298,83	288,09

Semarang, November 2013  
Ka Lab T.Sipil

  
**Mego Purnomo, ST. MT**  
NIP. 19730618 200501 1 001

## DOKUMENTASI



Persiapan Bahan



Pencampuran Bahan



Adukan Siap Cetak



Pengepresan Batako



Hasil Batako Press



Perawatan Batako



Pengovenan Batako



Penimbangan Batako



Perendaman Batako



Pengujian Kuat Tekan Batako