

LAPORAN PENELITIAN
PENGEMBANGAN IPTEK
DANA PNPB TAHUN ANGGARAN 2012



**KARAKTERISTIK BATAKO *STYROFOAM*
SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI DINDING**

Peneliti:

Rahmani Kadarningsih, S.T., M.T.

Komang Arya Utama, S.T., M.Eng.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
OKTOBER 2012

HALAMAN PENGESAHAN

1. **Judul Penelitian** : **Karakteristik Batako Styrofoam Sebagai Bahan Konstruksi Dinding**
2. Bidang Ilmu : **Rekayasa**
3. Ketua Peneliti
a. **Nama Lengkap** : **Rahmani Kadarningsih, S.T., M.T.**
b. **NIP** : **19780430 200604 2 001**
c. **Pangkat/Golongan**: **III/c**
d. **Jabatan Fungsional** : **Lektor**
e. **Fakultas/Jurusan** : **Teknik/Sipil**
f. **Pusat Penelitian** : **Lemlit Universitas Negeri Gorontalo**
g. **Alamat Institusi** : **Jl.Sudirman No. 6 Kota Gorontalo 96128**
h. **Telepon/Faks** : **Telp. 0435-821183**
i. **E-mail** : **rahmanikadarningsih@rocketmail.com**
4. **Jumlah Tim Peneliti** : **2 (dua) orang**
5. **Lama Penelitian** : **6 (enam) bulan**
6. **Biaya** : **Rp. 9.500.000,-**
7. **Sumber Dana** : **PNBP**

Gorontalo, Oktober 2012

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Ketua Penulis

(Ir. Rawiyah Husnan, MT)
M.T.)
NIP. 19640427 199403 2 001
001

(Rahmani Kadarningsih, S.T.,
NIP. 19780430 200604 2

Menyetujui
Ketua Lemlit UNG

(Dr. Fitryane Lihawa, M.Si)
NIP. 19691209 199303 2 001

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala pujian bagi Allah, SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, kesehatan, kesabaran dan kekuatan lahir serta batin, sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini dengan baik.

Penelitian ini dengan judul **KARAKTERISTIK BATAKO STYROFOAMSEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI DINDING** diharapkan dapat memberikan sumbangan ilmu bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Terwujudnya penelitian ini tentunya tidak terlepas dari dukungan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam segala proses penelitian ini, semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda. Amin.

Penulis menyadari laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis, namun demikian penulis berharap semoga tulisan ini dapat dikoreksi oleh semua pihak untuk penyempurnaannya. Terimakasih..

Gorontalo, Oktober

2012

Penulis

Rahmani Kadarningsih,

S.T., M.T.

DAFTAR ISI

Halaman	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.	L
atar Belakang	1
1.2.	I
identifikasi Masalah	2
1.3.	P
embatasan Masalah	2
1.4.	R
umusan Masalah	3
1.5.	T
ujuan Penelitian	3
1.6.	M
manfaat Penelitian	4
BAB II	TINJAUAN
2.1.	L
andasan Teori	5
2.1.1. Limbah <i>Styrofoam</i>	5
2.1.2. Batako	6
2.1.2.1. Klasifikasi Batako	7
2.1.3. Syarat Fisis	8
2.1.4. Jenis dan Ukuran Batako	9
2.1.5. Bahan-bahan Pembuat Batako	10
2.1.7. Karakteristik Bahan	12
2.1.7.1. Densitas (<i>Density</i>)	12
2.1.7.2. Daya Serap Air (<i>Water Absorption</i>)	12
2.1.7.3. Kuat Tekan (<i>Compressive Strength</i>)	13
2.2. Kerangka Berpikir	13
2.3. Perumusan Hipotesis	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1.	W
aktu dan Obyek Penelitian	15

3.2.	B
ahan dan Alat.....	15
3.3.	P
rosedur Kerja.....	15
3.4.	A
nalisis Data	16
3.5.	B
agan Alir Penelitian.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1.	H
asil Pemeriksaan Benda Uji.....	18
4.1.1. Pemeriksaan berat batako	18
4.1.2. Pemeriksaan kuat tekan batako	19
4.2.	P
erbandingan Berat Volume dan Kuat Tekan Beberapa Penelitian.....	20
4.3.	P
erbandingan Nilai Ekonomis Batako <i>Styrofoam</i> Komposit Terhadap Batako Mortar	
Semen.....	20
BAB V PENUTUP	21
5.1.	K
esimpulan	21
5.2.	S
aran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	24

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar

Halaman

Gambar 3.1.	Bagan Alir Penelitian.....	17
Gambar 4.1.	Grafik Hubungan Volume styrofoam komposit dalam batako dan bentuk cetakan terhadap berat batako per biji.....	18
Gambar 4.2.	Grafik hubungan volume styrofoam komposit dalam batako dan bentuk cetakan terhadap kuat tekan batako per biji.....	19
Gambar 4.3.	Grafik perbandingan berat jenis dan kuat tekan antara beton Styrofoam komposit cetakan II dan III terhadap baberapa penelitian.....	20

DAFTAR TABEL

No. Tabel		
Halaman		
Tabel 2.1.	Persyaratan Fisis Batako	8
Tabel 2.2.	Persyaratan Fisis Batako Menurut SNI 03-0349-1989	9
Tabel 2.3.	Ukuran Standar dan Toleransi	10

DAFTAR SIMBOL

A	= Luas permukaan benda uji (m ²)
m_s	= massa sampel kering (gr)
m_b	= massa sampel setelah direndam (gr)
m_g	= massa sampel digantung didalam air (gr)
m_k	= massa kawat penggantung (gr)
ρ_{air}	= densitas air = 1 (gr/cm ³)
ρ_{pc}	= densitas (gr/cm ³)
M_j	= Massa benda dalam kondisi jenuh (gr)
M_k	= Massa benda kering (gr)
W_a	= <i>Water Absorption</i> (%)
P	= Kuat Tekan (N/m ²) = Gaya Maksimum (N)
F_{maks}	= Gaya maksimum (N)

ABSTRAK

Baru-baru ini limbah *styrofoam* bisa dimanfaatkan menjadi batako ataupun batu bata. Dengan proses sederhana, *styrofoam* dapat diubah menjadi produk yang lebih bermanfaat dengan harga bersaing dengan batako biasa. Namun pengujian sifat-sifat fisik batako Styrofoam sebagai bahan bangunan konstruksi masih belum banyak dilakukan. Melalui penelitian ini diharapkan kita dapat mengetahui keunggulan ataupun kelemahan karakteristik batako *styrofoam* sebagai bahan bangunan dibandingkan batako biasa.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan karakteristik kuat tekan batako styrofoam komposit pada beberapa variasi bentuk komposit. Campuran Styrofoam yang dikompositkan dalam batako adalah sebesar 20,26% volume. Styrofoam komposit dibuat dalam bentuk tabung diameter 50,8 mm sepanjang 400 mm sebanyak 2 buah (cetakan II) dan dalam bentuk tabung diameter 50,8 mm sepanjang 100 mm sebanyak 2 buah (cetakan III). Dan sebagai pembanding dibuat batako mortar semen non komposit.

Hasil pemeriksaan kuat tekan juga memperlihatkan bahwa batako Styrofoam komposit cetakan II mengalami penurunan kuat tekan sebesar 44,33% dari kuat tekan batako Styrofoam komposit cetakan III. Hal ini disebabkan karena bentuk pengkompositan pada cetakan II memungkinkan terjadi patah/ tekuk pada arah lateral.

Kata kunci : batako, styrofoam komposit, kuat tekan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu permasalahan nasional yang dihadapi saat ini adalah masalah sampah plastik yang menumpuk akibat tidak terurai. Busa *polystyrene* (*styrofoam*) merupakan salah satu sampah plastik produk sampingan minyak bumi yang sering digunakan untuk keperluan kemasan makanan. Materi ini bersifat non-daur ulang dan non-*biodegradable* (tidak dapat membusuk menjadi zat konstituen). Produk *polystyrene* dirancang untuk sekali pakai, dan karenanya, memiliki umur hanya menit atau jam. Namun, dibutuhkan beberapa dekade alias ratusan tahun untuk *polystyrene* membusuk di lingkungan atau TPA. Sebaliknya *polystyrene*, hanya terurai menjadi potongan-potongan kecil yang menjadi sampah di laut, taman, ruang terbuka, dan anak sungai.

Polystyrene lebih lanjut memberikan kontribusi besar sebagai sampah di perkotaan, terutama karena sifatnya yang ringan seperti mengapung di atas air dan atau mudah ditiup angin dari satu tempat ke tempat lain bahkan ketika dibuang dengan benar. Limbah *polystyrene*, dapat mencemari sumber air baik secara langsung maupun tidak langsung, Dan memberikan dampak negatif secara keseluruhan kualitas perairan laut dan daerah pantai yang berdekatan. Banyaknya puing-puing limbah *polystyrene* di pantai dan laut, adalah bentuk nyata polusi. Selain itu, binatang dan mikro organisme laut dan tanah sering mati akibat keliru menelan produk polistiren sebagai makanan. Ini disebabkan karena sifat fisik *polystyrene* yaitu, *floatability*, *breakability*, dan area permukaan besar. Para ilmuwan mulai berspekulasi mengenai peran limbah *polystyrene* untuk berkontribusi dalam masalah air dan persisten lainnya sebagai polusi non-terlihat, dengan melihat indikator bakteri. Penurunan kualitas sungai Kota dan sampah di ruang terbuka mengancam kesehatan masyarakat.

Namun, baru-baru ini limbah *styrofoam* bisa dimanfaatkan menjadi batako ataupun batu bata. Dengan proses sederhana, *styrofoam* dapat diubah menjadi produk yang lebih bermanfaat dengan harga bersaing dengan batako biasa. Dalam pengolahannya pun akan dapat lebih menghemat bahan baku untuk membuat batako yang biasa. Disamping itu batako *styrofoam* juga memiliki massa yang lebih ringan, sehingga mengakibatkan massa struktur bangunan menjadi ringan, sehingga baik dalam segi ketahanan terhadap gempa. Batako *styrofoam* memiliki sifat kedap suara, sehingga sangat baik menjadi elemen partisi

atau dinding. Untuk itu, melalui penelitian ini diharapkan kita dapat mengetahui keunggulan ataupun kelemahan karakteristik batako *styrofoam* sebagai bahan bangunan dibandingkan batako biasa.

1.2. Identifikasi Masalah

Limbah *styrofoam* telah banyak diteliti dan dimanfaatkan menjadi batako ataupun batu bata. Dengan proses sederhana, *styrofoam* dapat diubah menjadi produk yang lebih bermanfaat dengan harga bersaing dengan batako biasa. Dalam pengolahannya pun akan dapat lebih menghemat bahan baku untuk membuat batako yang biasa. Disamping itu batako *styrofoam* juga memiliki massa yang lebih ringan, sehingga mengakibatkan massa struktur bangunan menjadi ringan, sehingga baik dalam segi ketahanan terhadap gempa. Batako *styrofoam* memiliki sifat kedap suara, sehingga sangat baik menjadi elemen partisi atau dinding.

Pada beberapa penelitian, batako *styrofoam* dibuat dengan cara mengurangi sebagian pasir pada campuran batako dan kemudian menggantikannya dengan *styrofoam* yang telah dihancurkan. Batako *styrofoam* tersebut dibuat dengan perbandingan volume semen, pasir dan *styrofoam* dalam jumlah tertentu. Semakin banyak jumlah *styrofoam* yang digunakan maka kekuatan batako juga semakin menurun. Tetapi dari penelitian tersebut dapat diketahui kekuatan masing-masing variasi campuran.

Selanjutnya dalam penelitian ini dicoba membuat campuran *styrofoam* semen dan mortar semen secara terpisah dan kemudian kedua campuran tersebut dikompositkan sehingga membentuk satu biji batako. Dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kekuatan batako *styrofoam*.

1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai tujuan yang diharapkan, dipakai anggapan dasar dan batasan bahan penelitian sebagai berikut :

- a. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Sungai Bone yang lolos saringan No. dan termasuk jenis pasir agak kasar.
- b. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah batako panjang 400 mm, lebar 200 mm dan tebal 100 mm
- c. *Styrofoam* yang digunakan dari limbah *styrofoam* berasal dari kemasan elektronik, di Jalan S. Parman, Gorontalo dengan ukuran butiran yang tidak beraturan ada yang kasar dan ada yang halus.

- d. Campuran mortar semen yang digunakan terdiri dari semen dan pasir dengan perbandingan volume 1 : 2 dan nilai FAS sebesar 0,4
- e. Campuran *styrofoam* semen yang digunakan terdiri dari semen dan *styrofoam* dengan perbandingan volume 1 : 2 dan nilai FAS sebesar 0,4
- f. Campuran *styrofoam* semen dicetak berbentuk tabung diameter 50,8 mm dengan panjang divariasikan
- g. Campuran *styrofoam* semen dicetak berbentuk tabung diameter 50,8 mm dengan 2 (dua) cara pengkompositan terhadap campuran mortar semen
- h. Parameter pengujian pada kuat tekan dan berat volume.
- i. Kuat tekan beton diuji pada umur 28 hari.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana memanfaatkan sampah *styrofoam* sebagai sampah yang tidak ramah lingkungan, untuk dijadikan salah satu bahan campuran batako?
2. Bagaimana karakteristik kuat tekan batako *styrofoam* komposit sebagai bahan bangunan dibandingkan batako biasa/ normal ?
3. Bagaimana karakteristik kuat tekan batako *styrofoam* komposit pada beberapa variasi bentuk komposit ?
4. Bagaimana tinjauan ekonomis batako *styrofoam* dibandingkan batako normal ?

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik kuat tekan batako *styrofoam* komposit sebagai bahan bangunan dibandingkan batako biasa/ normal ?
2. Mengetahui dan membandingkan karakteristik kuat tekan batako *styrofoam* komposit pada beberapa variasi bentuk komposit
3. Mengetahui perbandingan nilai ekonomis batako *styrofoam* komposit terhadap batako normal.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat :

1. Menghasilkan campuran batako yang memenuhi syarat-syarat sifat-sifat dan karakteristik fisik bahan bangunan
2. Data penelitian ini diharapkan menjadi dasar acuan dalam pengembangan material alternatif
3. Menjaga kelestarian lingkungan , dalam hal pemanfaatan limbah *styrofoam* yang merupakan bagian dari pencemaran lingkungan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Limbah Styrofoam

Styrofoam berasal dari kata *styrene* (zat kimia bahan dasar), dan *foam* (busa/buih). Bentuknya sangat ringan, karena kandungan di dalamnya 95% udara dan 5% *styrene*. Cara pembuatan *styrofoam* yaitu dari mulai pembentukan *polystyrene* dari *styrene* kemudian dihembuskan udara ke dalam *polystyrene* dengan menggunakan CFC (*Cloro Fluro Carbon*) sebagai *blowing agent*.

Polystyrene adalah monomer, sebuah hidrokarbon cair yang dibuat secara komersial dari minyak bumi. Pada suhu ruangan, polistirena biasanya bersifat padat, dan mencair pada suhu yang lebih tinggi. Polistirena pertamakali dibuat pada 1839 oleh Eduard Simon, seorang apoteker Jerman. Ketika mengisolasi zat tersebut dari resin alami, dia tidak menyadari apa yang dia telah temukan. Seorang kimiawan organik Jerman lainnya, Hermann Staudinger, menyadari bahwa penemuan Simon terdiri dari rantai panjang molekul stirena, yang adalah sebuah polimer plastik.

Polistirena padat murni adalah sebuah plastik tak berwarna, keras dengan fleksibilitas yang terbatas yang dapat dibentuk menjadi berbagai macam produk dengan detail yang bagus. Penambahan karet pada saat polimerisasi dapat meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan kejut. Polistirena jenis ini dikenal dengan nama *High Impact Polystyrene* (HIPS). Polistirena murni yang transpa

ran bisa dibuat menjadi beraneka warna melalui proses .

Styrofoam atau *Foamed Polysterene* (FPS) yang ringan dan praktis ini masuk dalam kategori jenis plastik. *Sytrofoam* dibuat dari monomer stirena melalui suspensi polimerisasi pada tekanan dan suhu tertentu, Selanjutnya dilakukan pemanasan untuk melunakkan resin dan menguapkan sisa *blowing agent*. *Polysterene* yang berciri khas ringan, kaku,tembus cahaya, rapuh dan murah.Karena sifatnya yang rapuh maka *polysterene* dicampur seng dan senyawa butadien.Kemudian untuk kelenturannya ditambahkan zat plasticier seperti dioktilptalat (DOP), *butil hidroksi toluene* (BHT),atau *n-butyl stearat*.

2.1.2. Batako

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 Koesmartadi (1999: 96) berpendapat bahwa: ” Batu-batuan yang tidak dibakar, dikenal dengan nama batako (bata yang dibuat secara pemadatan dari trass, kapur, air)”.

Dari beberapa pengertian diatas dapat ditarik kesimpulan tentang pengertian batako adalah 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 jerami 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.

Batako terdiri dari dua jenis, yaitu batako jenis berlubang (*hallow*) dan batako yang padat (*solid*). Dari hasil pengetasan terlihat bahwa batako yang jenis solid lebih padat dan mempunyai kekuatan yang lebih baik. Batako berlubang mempunyai luas penampang lubang dan isi lubang masing-masing tidak melebihi 5 % dari seluruh luas permukaannya. Berdasarkan bahan pembuatannya batako dapat dikelompokkan ke dalam 3 jenis, yaitu :

1. Batako putih (*tras*)

Batako putih dibuat dari campuran tras, batu kapur, dan air. Campuran tersebut dicetak. Tras merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan batu-batu gunung berapi., warnanya ada yang putih dan ada juga yang putih kecoklatan. Umumnya memiliki ukuran panjang 25-3-cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 14-18 cm.

2. Batako semen/ batako *press*

Batako pres dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Ada yang dibuat secara manual (menggunakan tangan), ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat dilihat pada kepadatan permukaan batakonya. Umumnya memiliki ukuran panjang 36-40 cm, tebal 8-10 cm, dan tinggi 18-20 cm.

3. Bata ringan

Bata ringan dibuat dari bahan baku pasir kuarsa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Berat jenis sebesar 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi. (Murdock, L., 1991). Dimensinya yang lebih besar dari bata konvensional yaitu 60cm x 20cm dengan ketebalan 7 hingga 10 cm menjadikan pekerjaan dinding lebih cepat selesai dibandingkan bata konvensional. (Susanta, G., 2007)

Batako diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu batako normal dan batako ringan. Batako normal tergolong batako yang memiliki densitas sekitar 2200-2400 kg/m³ dan kekuatannya tergantung komposisi campuran beton (*mix design*). Sedangkan untuk beton ringan adalah suatu batako yang memiliki densitas < 1800 kg/m³, begitu juga kekuatannya biasanya disesuaikan pada penggunaan dan pencampuran bahan bakunya (*mix design*). Jenis batako ringan ada dua golongan yaitu : batako ringan berpori (*aerated concrete*) dan batako ringan non aerated. (Wisnu wijanarko. 2008)

Batako ringan berpori adalah beton yang dibuat sehingga strukturnya banyak terdapat pori-pori, beton semacam ini diproduksi dengan bahan batu dari campuran semen, pasir, *gypsum*, CaCO₃ dan katalis aluminium. Dengan adanya katalis Al selama menjadi reaksi hidrasi semen akan menimbulkan panas sehingga timbul gelembung-gelembung yang menghasilkan gas yang menghasilkan pori-pori yang membuat batako semakin ringan. Berbeda dengan batako *non aerated*, pada beton ini akan menjadi ringan dalam pembuatannya ditambahkan agregat ringan. Banyak kemungkinan agregat ringan yang digunakan antara lain batu apung (*pumice*), perlit, serat sintesis, slag baja dan lain-lain. Pembuatan batako ringan berpori tentunya jauh lebih mahal karena menggunakan bahan-bahan kimia tambahan dan mekanisme pengontrolan reaksi cukup sulit.

2.1.2.1. Klasifikasi Batako

Berdasarkan PUBI 1982, sesuai dengan pemakaiannya batako diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut :

1. Batako dengan mutu A1, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindungi dari cuaca luar.
2. Batako dengan mutu A2, adalah batako yang hanya digunakan untuk hal-hal seperti dalam jenis A1, tetapi hanya permukaan konstruksi dari batako tersebut boleh tidak diplester.
3. Batako dengan mutu B1, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindungi dari cuaca luar (untuk konstruksi di bawah atap).
4. Batako dengan mutu B2, adalah batako untuk konstruksi yang memikul beban dan dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindungi (Darmono, 2009)

2.1.3. Syarat Fisis

Secara fisis batako harus memenuhi syarat sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 2.1. berikut ini.

Tabel 2.1. Persyaratan Fisis Batako

Batako Mutu	Kekuatan Tekan Bruto Minimum*) (Kgf/cm ²)		Penyerapan Maksimum (% Berat)
	Rata-rata dari benda uji	Masing-masing benda uji	
A1	20	17	-
A2	35	30	-
B1	50	45	35
B2	70	65	25

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 1982: 27.

*) Kuat tekan *brutto* adalah baban keseluruhan pada waktu benda uji pecah dibagi dengan luas ukuran nominal batako, termasuk luas lubang serta cekung tepi.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 bahwa syarat fisis batako terlihat pada tabel 2.2 di bawah ini:

Tabel 2.2. Persyaratan Fisis Batako Menurut SNI 03-0349-1989

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata minimum.	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 1989

Syarat untuk pandangan luar dan kesikuan rusuk, meliputi:

1. Bidang permukaannya harus tidak cacat,
2. Bentuk permukaan lain yang didesain diperbolehkan,
3. Rusuk-rusuknya siku satu sama lain, dan
4. Sudut rusuknya tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari tangan.

2.1.4. Jenis dan Ukuran Batako

Ukuran dan jenis batako/bata cetak bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan. Ukuran batako yang standar adalah sebagai berikut Supribadi (1986: 58):

1. Type A Ukuran 20 x 20 x 40 cm³ berlobang untuk tembok/dinding pemikul beban dengan tebal 20 cm.
2. Type B Ukuran 20 x 20 x 40 cm³ berlobang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup atap pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
3. Type C Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.

4. Type D Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi/pemisah dengan tebal 20 cm.
5. Type E Ukuran 10 x 20 x 40 cm³ tidak berlobang untuk tembok-tembok setebal 10 cm, juga dipergunakan sebagai dinding pengisi atau pemikul sebagai hubungan sudut-sudut dan pertemuan.
6. Type F Ukuran 8 x 20 x 40 cm³ tidak berlobang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.

2.1.5. Syarat Ukuran Standar dan Toleransi

Ukuran batako sebagaimana yang disyaratkan dalam Standard Industri Indonesia (1982) yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.3. Ukuran Standar dan Toleransi

Jenis	Ukuran Nominal *) (mm)			Tebal Kelopak (Dinding Rongga) Minimum Jenis (mm)	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
Tipis	400 ± 3	200 ± 3.	100 ± 2	20	15
Sedang	400 ± 3	200 ± 3	150 ± 2	20	15
Tebal	400 ± 3	200 ± 3	200 ± 2	25	20

2.1.6. Bahan-bahan Pembuat Batako

Dalam pembuatan batako pada umumnya bahan yang digunakan adalah pasir, semen dan air. Berikut ini akan dijelaskan sekilas mengenai bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan batako.

1. *Portland Cement* (PC)

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan sifat kohesif yang digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*) yang dipakai bersama dengan batu kerikil, pasir dan air. Portland semen merupakan bahan utama atau komponen beton terpenting yang berfungsi sebagai bahan pengikat anorganik dengan bantuan air dan mengeras secara hidrolis.

Sifat kimia yang perlu mendapat perhatian adalah kesegaran semen itu sendiri. Semakin sedikit kehilangan berat berarti semakin baik kesegaran semen. Dalam keadaan normal kehilangan berat sekitar 2% dan maksimum kehilangan yang diijinkan 3%.

Kehilangan berat terjadi karena adanya kelembaban dan karbondioksida dalam bentuk kapur bebas atau magnesium yang menguap.

2. Pasir (*Fine Sand*)

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. Pada pembuatan batako ringan ini digunakan pasir yang lolos ayakan kurang dari 5 mm (ASTM E 11-70) dan 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 agregat halus sebagai campuran untuk pembuatan beton bertulang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (Wijanarko, W.2008) :

- a. Pasir harus terdiri dari butir-butir kasar, tajam dan keras.
- b. Pasir harus mempunyai kekerasan yang sama.
- c. 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.
- d. Pasir harus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
- e. Pasir harus tidak mudah terpengaruh oleh perubahan cuaca.
- f. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat untuk beton.

3. Air (*Water*)

Pada dasarnya semen memerlukan jumlah air sebesar 32% berat semen untuk bereaksi secara sempurna, akan tetapi apabila kurang dari 40 % berat semen maka reaksi kimia tidak selesai dengan sempurna. Apabila kondisi seperti ini dipaksakan akan mengakibatkan kekuatan batako berkurang. Jadi air yang dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen dan untuk memudahkan pembuatan batako, maka nilai f.a.s. pada pembuatan dibuat pada batas kondisi adukan lengas tanah, karena dalam kondisi ini adukan dapat dipadatkan secara optimal. Disini tidak dipakai patokan angka sebab nilai f.a.s. sangat tergantung dengan campuran penyusunnya. Nilai f.a.s. diasumsikan berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah dikerjakan. Mutu batako (kuat tekan) bertambah tinggi dengan bertambahnya umur batako. Oleh karena itu sebagai standard kekuatan batako dipakai kekuatan pada umur.

2.1.7. Karakteristik Bahan

2.1.7.1. Densitas (*Density*)

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah.

Untuk pengukuran densitas batako menggunakan metode Archimedes mengacu pada standard ASTM C 134-95 dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$\rho_{pc} = \frac{m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times \rho_{air} \quad (2.1)$$

dengan :

ρ_{pc} = densitas (gr/cm³)

m_s = massa sampel kering (gr)

m_b = massa sampel setelah direndam (gr)

m_g = massa sampel digantung didalam air (gr)

m_k = massa kawat penggantung (gr)

ρ_{air} = densitas air = 1 (gr/cm³)

2.1.7.2. Daya Serap Air (*Water Absorption*)

Persentase berat air yang mampu diserap agregat di dalam air disebut serapan air, sedangkan banyaknya air yang terkandung dalam agregat disebut kadar air. Besar kecilnya penyerapan air sangat dipengaruhi pori atau rongga yang terdapat pada beton. Semakin banyak pori yang terkandung dalam beton maka akan semakin besar pula penyerapan sehingga ketahanannya akan berkurang. Rongga (pori) yang terdapat pada beton terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi material penyusunannya. Pengaruh rasio yang terlalu besar dapat menyebabkan rongga, karena terdapat air yang tidak bereaksi dan kemudian menguap dan meninggalkan rongga. Untuk pengukuran penyerapan air batako

menggunakan mengacu pada standar ASTM C 20-93 dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$W_a = \frac{(M_j - M_k)}{M_k} \times 100\% \quad (2.2)$$

dengan:

W_a = Water Absorption (%)

M_k = Massa benda kering (gr)

M_j = Massa benda dalam kondisi jenuh (gr)

2.1.7.3. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan suatu bahan merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan beban dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut. Untuk pengukuran kuat tekan batako mengacu pada standar ASTM C -133-97 dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_{maks} = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

dengan :

P = Kuat Tekan (N/m²) = Gaya Maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (m²)

F_{maks} = Gaya maksimum (N)

2.2. Kerangka Berpikir

Batako Styrofoam adalah batako yang dibuat dengan menggunakan campuran semen, pasir dan Styrofoam dengan perbandingan tertentu sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dinding panel dan termasuk beton ringan non struktur.

Pembuatan batako Styrofoam adalah untuk untuk memanfaatkan kembali limbah Styrofoam yang banyak terdapat di lapangan yang selama ini tidak bisa dimusnahkan ataupun didaur ulang. Pemanfaatan ini dimaksudkan agar tidak mengotori lingkungan dan bahkan bisa bernilai komersial. Selain itu pemakaian Styrofoam dapat menjadi alternative untuk mengurangi penggunaan pasir dalam pembuatan batako.

Pada pengujian beton ringan dengan menggunakan 40% pasir silica dan 60% semen dan kadar Styrofoam 3%, 3,5% dan 4% dari berat pasir silica dan semen dihasilkan

berat volume masing-masing campuran 819 kg/m³, 746 kg/m³, 707kg/m³ dan kuat tekan masing-masing 1,982 MPa, 1,367 MPa dan 1,218 MPa (Rahman, 2009).

Selanjutnya pada pengujian beton ringan tanpa perendaman dengan menggunakan kadar Styrofoam 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dihasilkan berat volume untuk masing-masing campuran 1951 kg/m³, 1726kg/m³, 1450kg/m³, 1150 kg/m³, 750 kg/m³, 330kg/m³ dan kuat tekan masing-masing 6 MPa, 5 MPa, 4,1 MPa, 2,52 MPa, 0,9 Mpa dan 0,25 MPa (Wijaya, 2005)

Pada pengujian batako *styrofoam* komposit mortar semen tidak memakai kawat dengan ketebalan mortar semen 0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm dihasilkan berat volume 667,5 kg/m³, 950 kg/m³, 1132,5 kg/m³, 1278,75 kg/m³ dan kuat tekan masing-masing 0,69 MPa, 2,52 MPa, 5,44 MPa dan 7,49 MPa (Wancik, 2008).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan tersebut, perlu dilakukan perubahan pada metode pembuatan benda uji. Perubahan tersebut adalah dengan mengkompositkan campuran Styrofoam yang dicetak dalam bentuk tabung dan dilapisi mortar semen sehingga membentuk suatu batako kubus. Tujuannya adalah untuk mendapatkan lapisan mortar semen yang lebih tebal dan kuat tekan yang lebih besar.

2.3. Perumusan Hipotesis

Dengan mengkompositkan campuran Styrofoam yang dicetak dalam bentuk tabung dan dilapisi mortar semen sehingga membentuk suatu batako kubus diharapkan kuat tekan batako akan meningkat. Hipotesis ini dilandasi pemikiran bahwa :

1. Mortar yang digunakan untuk melapisi campuran Styrofoam berbentuk tabung memiliki ketebalan lebih optimum dibandingkan lapisan mortas semen yang melapisi campuran Styrofoam berbentuk kubus (penelitian wancik, 2008).
2. Metode komposit yang digunakan akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan pencampuran Styrofoam langsung ke dalam pasir dan semen pada pembuatan batako.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Obyek penelitian

Pengambilan bahan limbah styrofoam dilakukan di gudang perlengkapan Fakultas Teknik UNG dan Toko Elektronik di jalan S. Parman Gorontalo. Waktu penelitian berlangsung selama 5 bulan, proses pembuatan batako Styrofoam dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo

3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah styrofoam, pasir, semen dan air. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tabung penakar, peralatan pencampur (loyang , cetok), pencetak batako, timbangan digital (digital balance), alat kuat tekan beton (compression test machine).

3.3. Proesdur kerja

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan pembuatan benda uji batako styrofoam, pemeliharaan dan pengujian, yang terdiri dari :

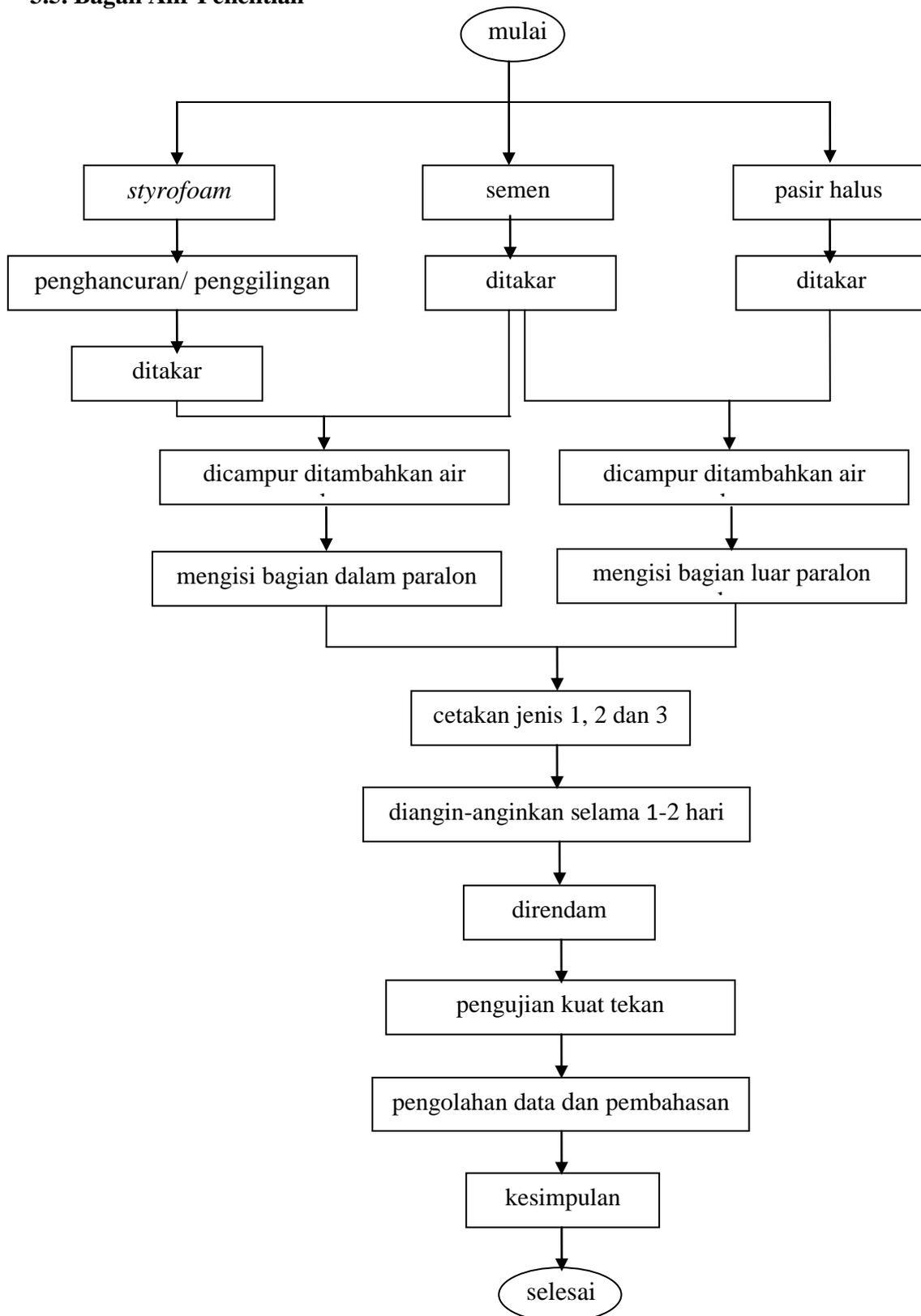
1. Styrofoam dihancurkan dengan alat penghancur
2. Pasir diayak untuk mendapatkan pasir yang halus dengan menggunakan saringan.
3. Pasir dan semen ditakar sesuai dengan perbandingan yang direncanakan dengan perbandingan semen dan pasir adalah 1,0:2,0 dari volume total.
4. Styrofoam dan semen ditakar sesuai dengan perbandingan yang direncanakan dengan perbandingan semen dan styrofoam adalah 1,0:2,0 dari volume total.
5. Air ditakar sesuai FAS yang direncanakan, yaitu 0,4 untuk masing-masing campuran.
6. Adukan semen dan pasir terlebih dahulu dibuat. Setelah adukan tercampur rata dimasukkan kedalam cetakan batako yang jumlahnya sebanyak 3 macam/ jenis cetakan.
7. Cetakan jenis pertama adalah cetakan mortar non komposit. Cetakan jenis kedua adalah cetakan styrofoam komposit dengan penampang berbentuk angka 8. Cetakan jenis ketiga adalah cetakan styrofoam komposit dengan tampak berbentuk triple hollow.

8. Adukan semen dan pasir (mortar) diisikan kedalam cetakan dan mengisi bagian cetakan di luar paralon (pipa).
9. Berikutnya adukan styrofoam dan semen dibuat. Setelah adukan tercampur rata dimasukkan kedalam cetakan dan mengisi bagian cetakan di dalam paralon (pipa).
10. Proses berikutnya adalah mengeringkan batako mentah dengan cara diangin-anginkan. Setelah cukup keras batako direndam dalam bak perendaman.
11. Setelah umur 28 hari dilakukan pengujian kuat tekan.

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian selanjutnya diolah secara grafik/regresi, kemudian dilakukan interpretasi terhadap hasil percobaan yang dilakukan untuk mengetahui sifat- sifat fisik dan karakteristik batako Styrofoam yang baik.

3.5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

BAB IV

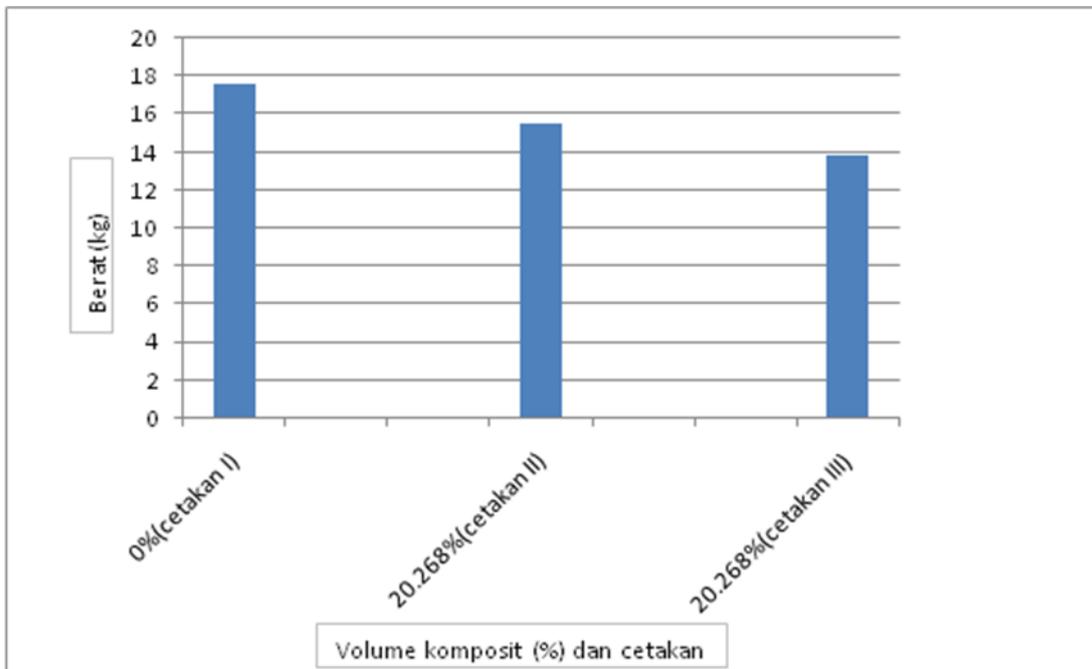
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil pemeriksaan benda uji

Dalam penelitian ini dilakukan pemeriksaan berat, berat jenis dan kuat tekan pada batako Styrofoam komposit. Campuran Styrofoam yang dikompositkan dalam batako adalah sebesar 20,26% volume. Styrofoam komposit dibuat dalam bentuk tabung diameter 50,8 mm sepanjang 400 mm sebanyak 2 buah (cetakan II) dan dalam bentuk tabung diameter 50,8 mm sepanjang 100 mm sebanyak 2 buah (cetakan III).

4.1.1. Pemeriksaan berat batako

Hasil pemeriksaan berat memperlihatkan bahwa berat batako Styrofoam komposit lebih ringan 21,13% dari berat batako mortar semen (Gambar 4.1). Bila dibandingkan berat batako Styrofoam komposit cetakan III lebih ringan dari cetakan II meskipun volume komposit pada masing-masing cetakan tersebut sama. Hal ini disebabkan karena campuran Styrofoam pada cetakan II lebih padat daripada campuran Styrofoam pada cetakan III.



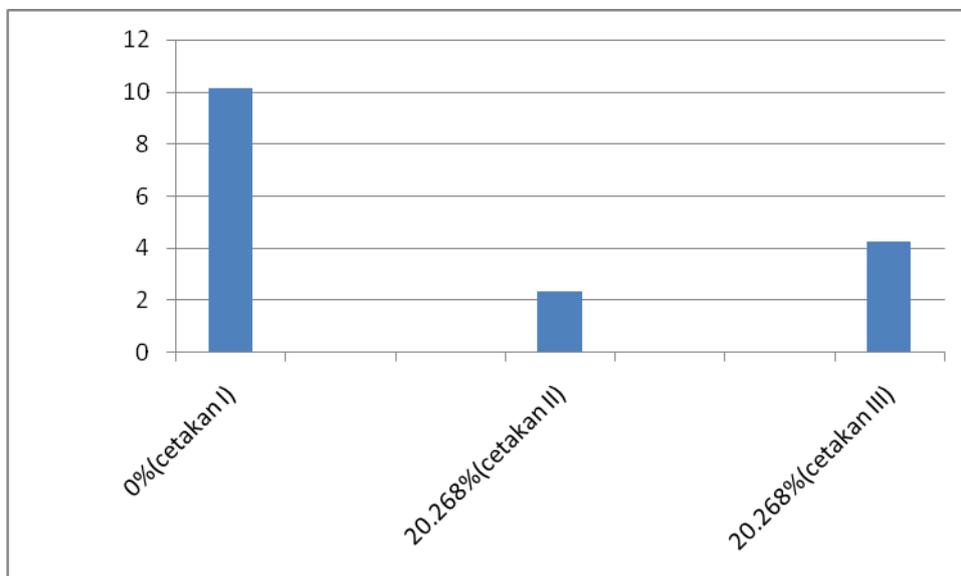
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Volume styrofoam komposit dalam batako dan bentuk cetakan terhadap berat batako per biji

4.1.2. Pemeriksaan kuat tekan batako

Dari hasil pemeriksaan kuat tekan, pada batako Styrofoam komposit cetakan III mengalami penurunan kuat tekan sebesar 58% dari kuat tekan batako mortar semen. Sedangkan pada batako Styrofoam komposit cetakan II mengalami penurunan kuat tekan sebesar 76,62% dari kuat tekan kuat tekan batako mortar semen.

Hasil pemeriksaan kuat tekan juga memperlihatkan bahwa batako Styrofoam komposit cetakan II mengalami penurunan kuat tekan sebesar 44,33% dari kuat tekan batako Styrofoam komposit cetakan III. Hal ini disebabkan karena bentuk pengkompositan pada cetakan II memungkinkan terjadi patah/ tekuk pada arah lateral.

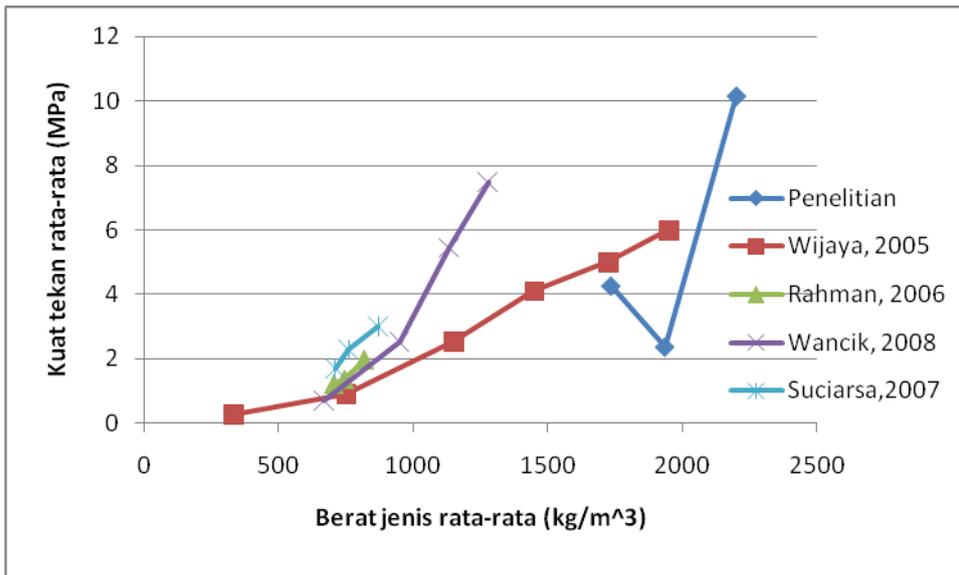
Batako Styrofoam komposit cetakan III memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 42,54 kg/ cm². Sehingga batako Styrofoam komposit cetakan III termasuk mutu III bata beton pejal adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindungi dari cuaca luar dan permukaan konstruksi dari batako tersebut boleh tidak diplester.



Gambar 4.2. Grafik hubungan volume styrofoam komposit dalam batako dan bentuk cetakan terhadap kuat tekan batako per biji

4.2. Perbandingan berat volume dan kuat tekan beberapa penelitian

Dari perbandingan beberapa grafik berat volume vs kuat tekan batako, menunjukkan bahwa batako Styrofoam komposit cetakan III memiliki kuat tekan 43,19% lebih rendah dan berat volume 26,33% lebih tinggi dibandingkan batako Styrofoam komposit mortar semen 15 mm (Wancik, 2008).



Gambar 4. Grafik perbandingan berat jenis dan kuat tekan antara beton *Styrofoam* komposit cetakan II dan III terhadap beberapa penelitian

4.3. Perbandingan nilai ekonomis batako Styrofoam komposit terhadap batako mortar semen

Pada batako Styrofoam komposit, campuran Styrofoam dikompositkan dalam 4 buah bentuk tabung dengan diameter 50,8 mm dan panjang 200 mm. Campuran Styrofoam tersebut dilapisi dengan campuran mortar semen sehingga membentuk batako dengan ukuran 40 cm x 20 cm x 10 cm. Sehingga jumlah pasir yang dikurangi dalam pembuatan batako ini adalah sebesar 20,26%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Batako Styrofoam komposit cetakan III memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 40,42 kg/ cm². Sehingga batako Styrofoam komposit cetakan III termasuk mutu III bata beton pejal.
2. Dari hasil pemeriksaan kuat tekan, pada batako Styrofoam komposit cetakan III mengalami penurunan kuat tekan sebesar 58% dari kuat tekan batako mortar semen.
3. Batako Styrofoam komposit cetakan III memiliki kuat tekan 43,19% lebih rendah dan berat volume 26,33% lebih tinggi dibandingkan batako Styrofoam komposit mortar semen 15 mm (Wancik, 2008).
4. Hasil pemeriksaan kuat tekan memperlihatkan bahwa batako Styrofoam komposit cetakan II mengalami penurunan kuat tekan sebesar 44,33% dari kuat tekan batako Styrofoam komposit cetakan III. Hal ini disebabkan karena bentuk pengkompositan pada cetakan II memungkinkan terjadi patah/ tekuk pada arah lateral.
5. Jumlah volume pasir yang dikurangi dalam pembuatan batako ini adalah sebesar 20,26% dan digantikan dengan styrofoam.

5.2. Saran

1. Permukaan benda uji tekan harus memiliki ketinggian yang seragam/ rata agar nilai kuat tekan yang didapat benar-benar akurat.
2. Hasil pengujian perlu dibandingkan dengan batako Styrofoam komposit dengan proses perawatan tanpa perendaman.
3. Volume Styrofoam komposit perlu ditambah untuk mengetahui pengaruh penambahan volume Styrofoam komposit terhadap kuat tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. Standart Nasional Indonesia 03-0349-1989.
- Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982). Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia. Bandung.
- Fauzi Rahman. 2006. *Sifat Fisik dan Mekanik Beton Ringan (Light Weight Concrete) yang Memakai Styrofoam dan Pasir Silika*. Tesis. ITS Surabaya. <http://digilib.its.ac.id/detil.php?id=5853&q=Beton%20ringan>. Diakses tanggal 1 Maret 2012.
- Frick, Heinz dan Koesmartadi, 1999, *Ilmu Bahan Bangunan Eksploitasi, Pembuatan, Penggunaan dan Pembuangan*, Kanisius, Yogyakarta
- Iptekda – Lipi, 2004, *Pembuatan Batako dan Paving Block secara Maksimal* (<Http://www.iptekda.lipi.go.id/.../buletin>) Diakses 1 Maret 2012.
- Mulyono, Tri, 2005, *Teknologi Beton*, Edisi 2, Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L. J., L. M. Brock 1991, *Bahan dan Praktek Beton*. Terjemahan oleh Stephanus Hendarko, Erlangga, Jakarta.
- Nawy, Edward. G., *Reinforce Concrete a Fundamental Approach*, Terjemahan, cetakan pertama, Bandung : PT. Eresco, 1990
- R. Buyung Anugraha A, 2010, *Beton Ringan dari Campuran Styrofoam dan Serbuk Gergaji dengan Semen Portland 250, 300 dan 350 Kg/m³*. Diakses tanggal 1 Maret 2012. <http://digilib.its.ac.id/ITS-Article-31105120000168/20900/beton-styrofoam>
- Samekto, 2001, *Teknologi Beton*, Bandung.
- Susanta,G. 2007. *Dinding*. Cetakan pertama. Jakarta. Penebar swadaya.
- Suciarsa, 2007, *Sifat Fisik dan Mekanik Beton Ringan (Light Weight Concrete) Memakai Styrofoam dan Pul Verised Fly Ash*. Diakses tanggal 1 Maret 2012. <http://digilib.its.ac.id/ITS-Master-Lightweight-Concrete/7948/beton-styrofoam>
- Supribadi, 1986, *Ilmu Bangunan Gedung*, Armicho, Bandung
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta
- Wancik, A., Satyarno, I., Tjokrodimulyo, T., 2008, *Batako Styrofoam Komposit Mortar Semen*. Diakses 1 Maret 2012. <http://mtbb.tsipil.ugm.ac.id/tesis/01/Ahmad%20Wancik.pdf>

Wisnuwijanarko, 2008, Konstruksi Bangunan, diakses tanggal 1 Maret 2012
<http://konstruksi-wisnuwijanarko.blogspot.com/2008/07/inovasi-beton-ringan10.html>

\

LAMPIRAN
Foto- foto penelitian

1. Persiapan Alat dan Bahan





1. Pembuatan Benda Uji

















1. Pengujian Sampel (1A s.d 3C)







