

SKRIPSI

PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM LIMBAH SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO



Disusun oleh:

DWI NUGROHO ADI SAPUTRO

03.21.047

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2010**

1211412

JANETAM NATAANAMER KATLIEREN
KATLIER KALAB LADAGEN KALALI MAOTOMTE
KOTRE KALIBER KALIBER NATAANAMER KALAB
KATLIER KALIBER KALIBER KALIBER

1211412
KATLIER KALIBER KALIBER KALIBER
KATLIER KALIBER KALIBER KALIBER

1211412 KATLIER KALIBER KALIBER
KATLIER KALIBER KALIBER KALIBER
KATLIER KALIBER KALIBER KALIBER
KATLIER KALIBER KALIBER KALIBER

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM LIMBAH SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S – 1

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun Oleh :

**DWI NUGROHO ADI SAPUTRO
03.21.047**

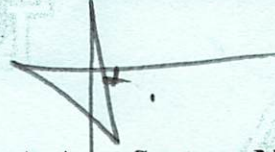
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

Dosen Pembimbing II



Ir. A. Agus Santosa, MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. H. Hirijanto, MT.

LEMBAR PENGESAHAN

PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM LIMBAH SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO

SKRIPSI

*Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada Hari : Selasa
Tanggal : 24 Agustus 2010
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

DWI NUGROHO ADI SAPUTRO
03.21.047

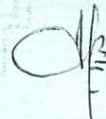
Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. H. Hirijanto, MT.)

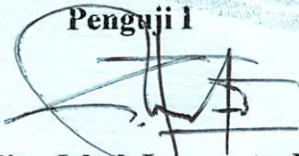
Sekretaris



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT.)

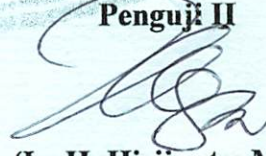
Anggota Penguji :

Penguji I



(Ir. Eding Iskak Imananto, MT.)

Penguji II



(Ir. H. Hirijanto, MT.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2010**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dwi Nugroho Adi Saputro
Nim : 03.21.047
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul :

PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM LIMBAH SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO

adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, September 2010

Yang Membuat Pernyataan



(Dwi Nugroho Adi Saputro)

ABSTRAKSI

“PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM LIMBAH SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO”, Dwi Nugroho Adi Saputro (0321047), Pembimbing I : Ir. Bambang Wdyantadji MT. Pembimbing II : Ir. A Agus Santosa, MT.

Kata-kata kunci: beton ringan, pulverized fly ash, styrofoam limbah, uji tekan, uji letur, uji tarik.

Penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan kembali limbah Styrofoam dan limbah pembakaran batu bara pada PLTU yaitu Pulverised Fly Ash (PFA) yang dicampur dengan semen untuk pembuatan beton ringan sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dinding partisi sebagai pengganti batako konvensional. Pemilihan bahan Styrofoam Limbah pada pembuatan beton ringan adalah karena berat jenis ringan.

Penelitian ini melakukan pencampuran material terdiri dari 3 jenis yang diantaranya : Semen, PFA, Styrofoam Limbah yang masing-masing komposisinya adalah : 45% ; 45% ; 10% ; 42.5% ; 42.5% ; 15% ; 40% ; 40% ; 20% dan 37.5% , 37.5% ; 25%. Jenis pengujian yang dilakukan diantaranya uji tekan, uji letur, uji mortar. Jenis pengujian tersebut dilakukan karena harus disesuaikan dengan fungsi dinding itu sendiri sebagai sekat non struktural yang tahan tekan, tahan tarik, tahan lentur yang ringan dan kuat.

Penelitian untuk beton ringan dengan Styrofoam Limbah komposisi 10%, 15% 20% dan 25% kuat tekan beton sebesar 43.83 MPa, 36.42 MPa, 30.86 MPa, dan 27.47 MPa, kuat lentur beton sebesar 2.20 MPa, 1.69 MPa, 1.51 MPa dan 1.21MPa. Berdasarkan hasil pengujian beton, maka beton ringan dengan menggunakan komposisi Styrofoam Limbah 10% sampai 40%. Semakin besar kadar styrofoam maka semakin kecil berat volume, kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur betonnya. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton , maka komposisi campuran beton dengan kadar styrofoam Limbah 10 % sampai 25 % yang dapat dikategorikan sebagai beton ringan non struktur untuk dimanfaatkan sebagai bahan dinding panel. Faktor utama perbedaan kuat tekan antara styrofoam pabrik dan limbah adalah faktor bentuk yang dapat mempengaruhi daya ikat.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dan atas berkat, rahmat dan hidayahNya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Proposal Tugas Akhir ini.

Skripsi ini disusun sebagai untuk memenuhi syarat menempuh jenjang Strata Satu (S-1) di Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan ini, yakni :

- 1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.**
- 2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.**
- 3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.**
- 4. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT, selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil S-1.**
- 5. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT , selaku Dosen Pembimbing I.**
- 6. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT, selaku Dosen Pembimbing II.**
- 7. Kedua Orang tua dan Keluargaku atas segala doa dan support yang telah diberikan.**

8. Teman-teman teknik sipil '03 yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyelesaian Skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Harapan penulis semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Malang, Juli 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
ABSTRAKSI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Kegunaan penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Klasifikasi Beton Berdasarkan Fungsi dan Penggunaannya	6
2.1.1 Semen Portland.....	10
2.1.2 air.....	11
2.1.3 Styrofoam	11
2.2. Pengujian benda uji	14

2.2.1 test slump.....	14
2.2.2 test kuat tekan mortar	14
2.2.3 Test kuat tarik mortar	14
2.2.4 Test kuat tekan elemen dinding beton ringan.....	15
2.2.5 Test kuat tarik lentur.....	15
2.3. Hasil Penelitian Beton Ringan Terdahulu	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2. Alat dan Bahan	26
3.2.1. Peralatan	21
3.2.2. Material	22
3.3. Standart Penelitian	24
3.4. Benda Uji.....	25
3.4.1. Perencanaan benda uji	29
3.4.2. Perencanaan campuran beton ringan.....	29
3.5. pelaksanaan Pengujian	29
3.5.1 Perawatan Benda Uji (Curing)	29
3.5.2 Test Slump.....	30
3.5.3 Test Kuat tekan mortar	32
3.5.4 Test kuat tarik mortar	33
3.5.5 Test kuat tekan elemen dinding beton ringan.....	35
3.5.6 Test kuat tarik lentur.....	38

BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
4.1.	Pemeriksaan Bahan Penyusun Elemen Dinding Beton	
	Ringan	40
4.2.	Pengujian Mortar	40
4.3.	Pengujian Kuat Tekan	50
4.4.	Pengujian Kuat Lentur	68
4.5.	Pembahasan Hasil Analisa	75
	4.5.1. Mortar	75
	4.5.2. Kuat Tekan	75
	4.5.3. Kuat Lentur	76
	4.5.4. Hipotesis	76
BAB V	KESIMPULAN	71
5.1.	Kesimpulan	81
5.2.	Saran	82
DAFTAR PUSTAKA		83
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya	9
Tabel 2.2.	Spesifikasi Weather Panel	20
Tabel 3.1.	Standar yang dipakai dalam penelitian material	24
Tabel 3.2.	Standar yang dipakai dalam penelitian mortar	25
Tabel 3.3.	Standar yang dipakai dalam penelitian elemen dinding beton ringan.....	25
Tabel 3.4.	Rencana pengujian, campuran, bentuk, dan ukuran benda uji .	26
Tabel 3.5.	Benda Uji I (perb. berat Semen, Air, PFA, Styrofoam limbah)	27
Tabel 3.6.	Benda Uji II (perb. berat Semen, Air, PFA, Styrofoam limbah)	27
Tabel 3.7.	Benda Uji III(perb. berat Semen, Air, PFA, Styrofoam limbah)	27
Tabel 3.8.	Benda Uji IV(perb. berat Semen, Air, PFA, Styrofoam limbah)	28
Tabel 4.1.	Hasil uji material pengisi beton ringan	40
Tabel 4.2.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	41
Tabel 4.3.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	43
Tabel 4.4.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	45
Tabel 4.5.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	47

Tabel 4.6.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Mortar.....	49
Tabel 4.7.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	50
Tabel 4.8.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	52
Tabel 4.9.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	54
Tabel 4.10.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	56
Tabel 4.11.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Silinder	58
Tabel 4.12.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	59
Tabel 4.13.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	61
Tabel 4.14.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	63
Tabel 4.15.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	65
Tabel 4.16.	Perbandingan nilai kuat tekan rata rata dan kuat tekan karakteristik beton untuk benda uji batako.....	67
Tabel 4.17.	Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	68

Tabel 4.18. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	68
Tabel 4.19. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	69
Tabel 4.20. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	69
Tabel 4.21. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Persentase campuran untuk Benda Uji Balok	70
Tabel 4.22. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	71
Tabel 4.23. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	72
Tabel 4.24. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	72
Tabel 4.25. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	73
Tabel 4.26. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Presentase campuran dengan Benda Uji Batako	74
Tabel 4.27. Perbandingan Mutu Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Benda Uji Batako	76
Tabel 4.28. Perbandingan Mutu Kuat tarik lentur Beton Ringan Dengan Benda Uji Batako	78
Tabel 4.29. Perbandingan Mutu Kuat Tekan silinder Beton ringan.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Formula Senyawa Kimia dan Tampak Styrofoam	13
Gambar 2.2. Hubungan antara berat jenis dan persentase penggunaan styrofoam	17
Gambar 2.3. Hubungan antara kuat tekan dan persentase penggunaan styrofoam	17
Gambar 2.4. Hubungan antara kuat lentur dan persentase penggunaan styrofoam	18
Gambar 3.1. Aparatus Pemeriksaan Slump.....	30
Gambar 3.2. Ilustrasi Pengujian Slump	31
Gambar 3.3. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar	33
Gambar 3.4. Sketsa Pembebanan Tes Tarik Mortar	35
Gambar 3.5. Sketsa Pembebanan Tes Tekan sampel	37
Gambar 3.6. Sketsa Pngujian kuat Tekan silinder	37
Gambar 3.7. Sketsa uji kuat lentur beton	38
Gambar 4.1. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar	40

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Mortar	49
Grafik 4.2. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Silinder	58
Grafik 4.3. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Batako	67
Grafik 4.4. Nilai kuat tariklentur untuk benda uji balok.....	70
Grafik 4.5. Kuat tarik lentur tertinggi antar prosentase campuran untuk bend uji batako	74
Grafik 4.6. Perbedaan Berat Jenis	77
Grafik 4.7. Perbedaan Kuat Tekan	78
Grafik 4.8. Perbedaan Kuat Lentur.....	79
Grafik 4.9. Perbedaan Kuat Tekan silinder	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia dalam arti fisik seperti perumahan dan sarana yang lain semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Berbagai peristiwa alam seperti gempa bumi dan tsunami yang sering terjadi belakangan ini juga menuntut kita untuk selalu berinovasi dalam desain rancang bangun. Fenomena alam sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan dari beton. Sebagai contoh adanya bencana gempa, banyak bangunan gedung yang diperkirakan bisa tahan lama malah runtuh. Hal ini menjadi salah satu sebab munculnya penelitian beton ringan yang diharapkan bisa digunakan di daerah yang sering terjadi gempa. Inovasi dan produksi terhadap panel dinding rumah yang tahan terhadap cuaca dan tidak membahayakan penghuninya akibat gangguan gempa pada saat ini sangat dibutuhkan.

Beton adalah suatu bahan dasar yang terdiri dari campuran agregat kasar dan halus yang secara bersama-sama diikat oleh suatu pasta hidrolis (air dan semen) dan kadang – kadang ditambah bahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia pada perbandingan tertentu. Campuran ini apabila dibuat dalam perbandingan yang tepat, akan didapat suatu campuran yang beberapa saat dapat dibentuk sesuai dengan keperluan (bersifat plastis), kemudian campuran tersebut akan mengeras.

Menurut ASTM C 330, agregat ringan ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Agregat yang dihasilkan dari pengembangan (*expanded*), kalsinasi (*calcining*) atau hasil pengendapan (*sintering*), misalnya dapur tanur tinggi, tanah liat, diatome, abu terbang (*fly ash*), lempung atau slate.
2. Agregat yang dihasilkan melalui pengolahan bahan alam, misalnya: scoria, batu apung (*purnice*).

Satyarno (2004) menyebutkan ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat jenis beton atau membuat beton lebih ringan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah bubuk alumunium kedalam campuran adukan beton.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan (misal: Styrofoam) sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan dari pada beton biasa.
3. Dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian elemen dinding beton ringan adalah penelitian yang belum terbiasa dilakukan oleh peneliti – peneliti kita, hal ini akan membawa

konsekuensi permasalahan yang harus terpecahkan dalam penelitian elemen dinding beton ringan, yang diantaranya :

1. Apakah ada pengaruh faktor bentuk styrofoam pabrik dengan styrofoam limbah pada campuran beton ringan sebagai bahan pengisi ?
2. Berapa besar selisih kekuatan beton antara benda uji yang menggunakan Styrofoam Pabrik dengan benda uji yang menggunakan Styrofoam Limbah pada benda uji batako antar variasi campuran ?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan disini tidak membahas elemen strukturnya seperti dinding panel tetapi dibatasi hanya pada pembahasan masalah pemanfaatan Styrofoam pada campuran beton ringan saja, yaitu :

1. Mengetahui besarnya kuat tekan, kuat lentur dari campuran semen, PFA, Styrofoam pada campuran beton ringan.
2. Mengetahui sifat – sifat terbaik dari beton ringan dengan pemanfaatan styrofoam dengan empat variasi yang berbeda dari hasil pengujian tersebut.

1.4. Kegunaan Penelitian

a. Bagi peneliti :

- Sebagai prasyarat penyusun untuk menempuh jenjang pendidikan strata 1 dan memperoleh kelulusan strata 1.

Dalam keadaan mengeras beton akan mempunyai kekuatan sehingga dapat dibuat berbagai tujuan.

Beton dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan beratnya yaitu beton berat, beton sedang dan beton ringan. Umumnya beton dibuat dengan menggunakan bahan agregat yang diinginkan.

Beton merupakan material yang sangat populer dan menjadi salah satu pilihan utama dalam pembuatan suatu struktur. Namun beton memiliki kelemahan mendasar yakni kuat tariknya rendah dan berat sendiri yang besar. Kuat tarik yang rendah bisa diatasi dengan serat, sedangkan berat sendiri beton normal yang tinggi bisa diatasi dengan agregat ringan.

Agregat ringan akan membentuk beton dengan berat volume ringan. Terminologi ASTM C 125 mendefinisikan bahwa agregat ringan adalah agregat yang digunakan untuk menghasilkan beton ringan, meliputi batu apung (pumice), scoria, vulkanik cinder, tuff, diatomite, hasil pembakaran lempung, residu batubara, dll. Agregat berat didefinisikan sebagai agregat yang mampu menghasilkan beton dengan kepadatan tinggi seperti barite, magnetite, limonite, besi atau biji besi. Agregat normal adalah agregat yang mampu menghasilkan beton normal.

Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi atau dengan kata lain memperringan beban struktur sehingga struktur akan lebih cocok untuk daerah rawan gempa.

- Merupakan kesempatan yang baik untuk menerapkan teori yang ada khususnya mengenai beton ringan, guna menambah wawasan dan pengetahuan.
- Dapat memahami proses pembuatan beton dengan benda uji sesuai ketentuan yang berlaku.
- Memberikan gambaran umum tentang perilaku beton di lapangan jika nantinya menggunakan metode yang diteliti.
- Memberikan pengetahuan tentang styrofoam sesuai dengan spesifikasi dalam pemakaian untuk bahan tambahan beton ringan.

b. Bagi lembaga pendidikan :

Laporan hasil penelitian ini dapat menambah perbendaharaan kepustakaan, khususnya mengenai masalah beton ringan, sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses akademik

c. Bagi perencana dan pelaksana proyek :

- Memberikan sumbangan informasi tentang pengaruh variasi beton ringan terhadap kekuatan beton, sehingga dapat membantu perencana dan pelaksana proyek untuk memperkirakan kekuatan struktur suatu bangunan.
- Diharapkan dari hasil penelitian ini akan didapatkan beton ringan yang kuat, murah (karena memanfaatkan limbah), awet, mudah dikerjakan, dan mempunyai kontribusi besar dalam menciptakan rumah yang bisa mengurangi kerusakan akibat gempa serta tidak membahayakan penghuninya jika terjadi gempa dan kebakaran.

1.5. Batasan Masalah

Karena sangat luasnya permasalahan diatas, maka supaya penelitian ini mengarah dan mendapatkan hasil yang diharapkan maka kami membatasi masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Gresik Jenis I, Pulverized Fly Ash (PFA) dari PLTU Paiton, Air PDAM Malang dan Styrofoam Pabrik yang ada dipasaran.
2. Sifat mekanis beton yang di bahas adalah kuat tekan dan kuat lentur.
3. Mengetahui mutu terbaik dari beton ringan pada pemanfaatan Styrofoam dengan empat variasi campuran yang berbeda dari hasil pengujian yang terdiri dari Semen : PFA : Styrofoam Pabrik dengan persentase :
 - 45 % : 45 % : 10 %
 - 42.5 % : 42.5 % : 15 %
 - 40 % : 40 % : 20 %
 - 37.5 % : 37.5 % : 25 %
4. Membandingkan kuat tekan dan kuat lentur dari empat variasi campuran antara benda uji yang menggunakan Styrofoam Pabrik dengan benda uji yang menggunakan Styrofoam Limbah.
5. Penelitian dan pengujian dilakukan di laboraturium ITN malang.
6. Reaksi kimia yang terjadi selama penelitian tidak di bahas.
7. Perawatan benda uji dilakukan dengan metode perendaman (moist curing)
8. Pengujian benda uji, semua dilakukan pada saat berumur 28 hari.
9. Bahan tambahan yang digunakan adalah styrofoam sebagai bahan pengisi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton adalah suatu bahan dasar yang terdiri dari campuran agregat kasar dan halus yang secara bersama-sama diikat oleh suatu pasta hidrolis (air dan semen) dan kadang-kadang ditambah bahan yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia pada perbandingan tertentu. Campuran ini apabila dibuat dalam perbandingan yang tepat, akan didapat suatu campuran yang beberapa saat dapat dibentuk sesuai dengan keperluan (bersifat plastis), kemudian campuran tersebut akan mengeras. Dalam keadaan mengeras beton akan mempunyai kekuatan sehingga dapat dibuat berbagai tujuan.

Secara umum pemilihan proporsi campuran beton yang memenuhi persyaratan adalah :

1. Proporsi material untuk campuran harus ditentukan menghasilkan sifat-sifat beton sebagai berikut :
 - Kelecekan dan konsistensi yang menjadikan beton mudah dicor ke dalam cetakan dan ke celah di sekeliling tulangan dengan berbagai kondisi pelaksanaan pengecoran yang harus dilakukan, tanpa terjadinya segregasi atau *bleeding* yang berlebih.
 - Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.
 - Sesuai dengan persyaratan uji kekuatan.

2. Untuk setiap campuran beton yang berbeda, baik dari aspek material yang digunakan ataupun proporsi campurannya, harus dilakukan pengujian.
3. Proporsi beton, termasuk rasio air semen dapat ditetapkan.

(SNI 03-2847-2002, hal 22)

2.2. Beton ringan

Beton ringan merupakan salah satu material ringan pembentuk struktur. Dalam hal penelitian ini salah satu bahan alternatif tambahan pembuatan beton ringan yang digunakan yaitu dengan memanfaatkan material Styrofoam Pabrik dan Pulverized Fly Ash (PFA) sebagai bahan pengisi pada pembuatan elemen dinding beton ringan.

Tabel 2.1 Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya

Pustaka	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis (kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)
1	2	3	4
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah (<i>Low-Density Concrete</i>)	240 – 800	0.35 - 6.9
	Beton ringan dengan kekuatan menengah (<i>Moderate-Strength Lightweight Concrete</i>)	800 – 1440	6.9 - 17.3
1	2	3	4
	Beton ringan struktur (<i>Structural Lightweight Concrete</i>)	1440 – 1900	> 17.3
Neville and Brooks (1987)	Beton ringan struktur (<i>Structural Lightweight Concrete</i>)	1400 – 1800	> 17
	Beton ringan untuk pasangan batu (<i>Masonry Concrete</i>)	500 – 800	7 - 14
	Beton ringan penahan panas (<i>Insulating Concrete</i>)	< 800	0.7 - 7

Pada Tabel 2.1, Satyarno (2004) memperlihatkan pembagian penggunaan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan minimum yang harus dipenuhi.

Kesimpulannya, Satyarno (2004) menyebutkan bahwa secara garis besar kalau diringkas pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga yaitu:

1. Untuk nonstruktur dengan berat jenis antara 240 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan kuat tekan antara 0.35 MPa sampai 7 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
2. Untuk struktur ringan dengan berat jenis antara 800 kg/m³ sampai 1400 kg/m³ dan kuat tekan antara 7 MPa sampai 17 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding yang juga memikul beban.
3. Untuk struktur dengan berat jenis antara 1400 kg/m³ sampai 1800 kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 17 MPa yang dapat digunakan sebagaimana beton normal.

2.3. Styrofoam

Penggunaan Styrofoam dalam beton dapat dianggap sebagai udara yang terjebak. Namun keuntungan menggunakan Styrofoam dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah Styrofoam mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian selain akan membuat beton menjadi ringan, dapat juga bekerja sebagai serat yang meningkatkan kemampuan kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan beton atau berat jenis beton dengan campuran Styrofoam dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran Styrofoam dalam beton. Semakin banyak Styrofoam yang digunakan dalam beton maka akan dihasilkan beton dengan berat jenis yang lebih kecil. Namun kuat

tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah dan hal tersebut harus disesuaikan dengan kegunaannya (Satyarno 2004).

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH=CH_2$), yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu, namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah $100^{\circ}C$. *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m^3 , kuat tarik sampai 40 MN/m^2 , modulus lentur sampai 3 GN/m^2 , modulus geser sampai 0.99 GN/m^2 , angka poisson 0.33 (Satyarno, 2004). Jika dibentuk *granular Styrofoam* atau *expanded polystyrene* maka berat satuannya menjadi sangat kecil yaitu hanya berkisar antara 13 - 16 kg/m^3 .

Selain bahannya yang ringan, beton dengan menggunakan Styrofoam sebagai bahan pengganti agregat ini mempunyai keuntungan yang lain yaitu:

1. Tahan terhadap cuaca
2. Mempunyai berat yang ringan tapi kuat
3. Tahan terhadap bahan – bahan kimia
4. Karena berat struktur berkurang, maka beban gempa yang bekerja juga akan lebih kecil sehingga struktur akan lebih aman dan sangat cocok untuk perumahan di daerah rawan gempa.

Satyarno dkk (2004) telah melakukan penelitian yaitu penggunaan Styrofoam untuk membuat beton ringan dengan menggunakan semen biasa atau semen Portland Tipe I. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan campuran Styrofoam ini dapat mempunyai berat jenis yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan beton normal. Jika beton normal mempunyai berat jenis sekitar 2400 kg/m^3 , maka beton dengan campuran Styrofoam dapat mempunyai berat jenis hanya sekitar 600 kg/m^3 . Namun kuat tekan yang diperoleh juga lebih kecil yaitu sekitar 1.5 Mpa sampai 2 MPa yang mana cukup kecil jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal yang sekitar 20 MPa.

2.4. Pulverized fly ash (PFA)

PFA berfungsi sebagai bahan tambah mineral (*additive*) yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kuat tekan beton, sehingga bahan tambah mineral ini cenderung bersifat penyemenan (*cementitious*).

Keuntungan menggunakan PFA pada beton:

1. Dapat menggantikan semen karena bersifat pozzolanic.

Menurut ASTM C 618-96 (Tjokrodinuljo, 2002) pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika dan alumina, dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa membentuk

senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti semen (kalsium silikat dan kalsium aluminat hidrat).

2. Meningkatkan workability.
3. Mengisi rongga-rongga dengan material cementitious dan berfungsi sebagai pengisi (*filler*), sehingga dapat mengurangi total area permukaan yang harus ditutup oleh semen.
4. Memperlambat timbulnya panas hidrasi.
5. Meningkatkan kekuatan (*strength*).

Menurut Triwulan, dkk (2002), nilai kuat tekan beton yang menggunakan fly ash dapat naik sampai 125 %.

Dengan meninjau keuntungan – keuntungan yang terdapat pada Styrofoam dan PFA, maka dilakukan rekayasa bahan material beton dengan menggunakan campuran semen, PFA dan Styrofoam Pabrik tanpa agregat kasar. Dengan prosentase campuran styrofoam tertinggi 37,5% : 37,5% : 25%, dan dengan bentuk benda uji batako. Dalam campuran beton ini, tidak digunakan pasir sebagai gantinya digunakan Styrofoam Pabrik. PFA selain sebagai material cementitious juga berfungsi sebagai pengisi beton (*filler*). Diharapkan dengan menggunakan bahan campuran tersebut, akan dihasilkan beton ringan yang lebih kuat, awet, mudah dikerjakan, dan dapat dibuat menjadi bahan pengisi elemen dinding beton ringan.

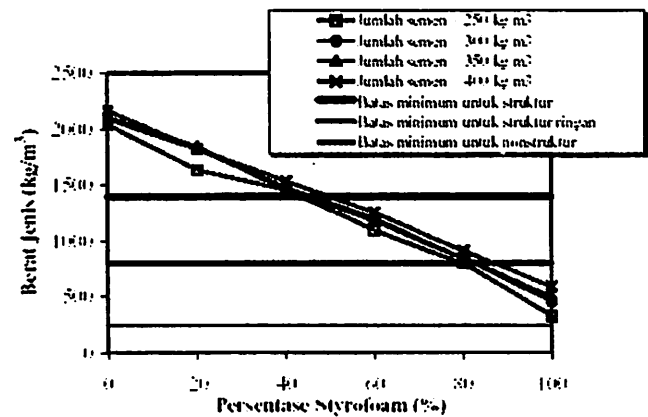
Setelah didapat informasi awal dari material tersebut, maka dilakukan perencanaan campuran semen dan PFA agar diketahui perbandingan yang optimum antara semen dan PFA. Setelah mendapatkan komposisi campuran

semen dan PFA yang tepat, baru membuat campuran percobaan dengan beberapa variasi, yaitu : Campuran semen, PFA dan Styrofoam Pabrik.

Tiga komposisi campuran percobaan tersebut diatas diambil yang kuat tekannya mencukupi untuk elemen dinding dan masih relatif mudah untuk dikerjakan. Setelah komposisi didapat kemudian dibuat elemen dinding yang kemudian perilaku benda uji diuji layaknya untuk material dinding yang mengalami tekan dan lentur.

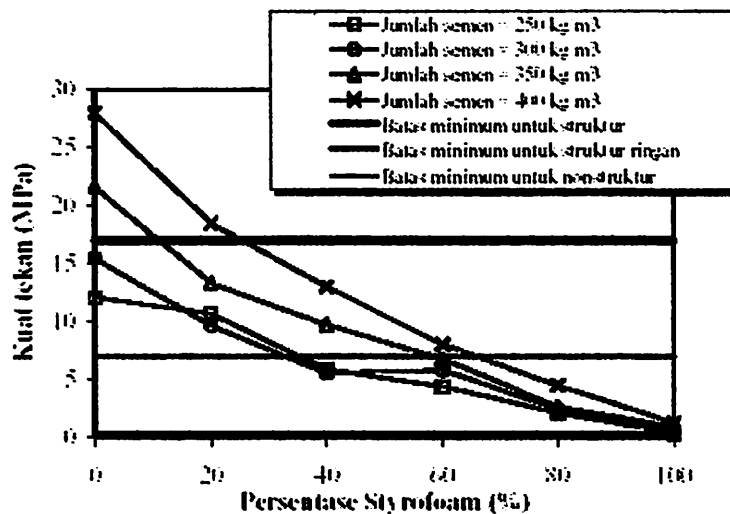
2.5. Hasil Penelitian Beton Ringan Terdahulu

Pengujian kuat tekan beton ringan telah dilakukan oleh Iman Satyarno, 2004 dengan menggunakan komposisi Styrofoam yang bervariasi yaitu dari 0% sampai dengan 100% dari volume pasir pada benda uji BATAFOAM. Dari hasil penelitian yang ada bisa disimpulkan, semakin tinggi prosentase Styrofoam akan semakin rendah nilai berat jenis BATAFOAM, sehingga bila disekat nilai berat jenis untuk struktur, struktur ringan dan non structural bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Hubungan antara berat jenis dan persentase penggunaan styrofoam

Sedangkan hasil penelitian tekan dengan variasi komposisi Styrofoam antara 0% sampai dengan 100% hasilnya ada pada gambar dibawah ini :

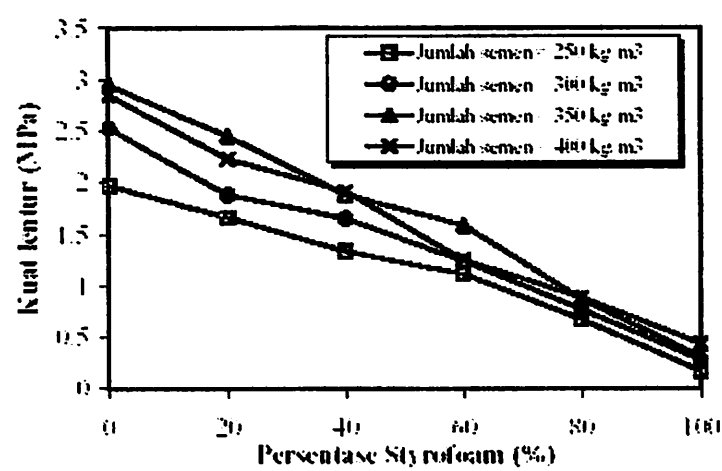


Gambar 2.2 Hubungan antara kuat tekan dan persentase penggunaan styrofoam

Dari hasil pengujian tekan pada gambar 2.2 diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk penggunaan nonstruktural dengan persyaratan kuat tekan 0.35 Mpa sampai 7 Mpa, maka jumlah persentasi Styrofoam adalah antara 60% sampai dengan 100%.
2. Untuk penggunaan struktur ringan dengan persyaratan kuat tekan antara 7 Mpa maka jumlah persentase Styrofoam yang dipakai antara 0% sampai 60% untuk kandungan semen 250 kg/m³ sampai 300 kg/m³ dan antara 20% sampai 60% untuk kandungan semen 350 kg/m³ sampai 400 kg/m³.

Kuat lentur dari BATAFOAM yang didapat dari penelitian untuk berbagai variasi campuran dapat lihat pada gambar 2.3. sebagaimana kuat tekan, kuat lentur BATAFOAM juga menurun sehubungan dengan penambahan Styrofoam yang dipakai. Namun berbeda dengan kuat tekan dan berat jenis, batasan kuat lentur untuk beton ringan belum ada ketentuannya. Untuk itu batasan persentase Styrofoam yang akan digunakan harus ditentukan saja dengan besarnya minimum minimum kuat lentur yang diperlukan.



Gambar 2.3 Hubungan antara kuat lentur dan persentase penggunaan styrofoam

Disamping hasil penelitian diatas, juga ada salah satu perusahaan yang memproduksi dinding panel beton pracetak PT. SARANA UTAMA SUKSES yang berkantor pusat di Jl. Muara Karang Blok B8 Timur no. 106, Jakarta utara menampilkan spesifikasi produksi panel dinding sebagaimana tertera pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Spesifikasi Weather Panel

Jenis ukuran	Spesifikasi
Weight	50 mm thick 40 kg/m ² 75 mm thick 58 kg/m ² 100 mm thick 70 kg/m ² 150 mm thick 100 kg/m ²
Thermal Conductivity(BS 874:part 2:1986)	0.221 W/mK
Large Soft Body Impact Test	No Collapse or dislocation after impact from 15 kg sand bag.
Anchorage Load	45 kg
Flexural Stength(longitudinal)	4.27 Mpa
Flexural Stength(tranverse)	4118 N
Moisture movement	0.06%
Moisture content	9%
Resistance to continous heating	80°C
Surface alkalinity	BS 476 : Part 4 ISO 1182:1990 GB8624-1977, Grade A
Water tightness to BS 4315: Part 2: 1970	No Water leakage after 6 hours continous water spray
Acoustic Perfomance	50 mm thick 37 dB 75mm thick 40 dB 100mm thick 43 dB 150mm thick 46 dB

Menurut perusahaan ini pula, Ada banyak keuntungan jika menggunakan sandwich panel dalam pembangunan rumah yang diantaranya:

1. Mempunyai berat dinding hanya $\frac{1}{5}$ sampai $\frac{1}{7}$ dari dinding bata yang tebalnya 120mm
2. Pemasangan lebih mudah dan tidak membutuhkan keterampilan khusus dalam instalasinya.
3. Rata-rata buruh yang berpengalaman mampu memasang 25 m² perhari, dimana hal ini berarti 15 x lebih cepat dari pada pemasangan dinding tradisional(lihat gambar 2.4)
4. Dan lain-lain

2.6. Mortar

Mortar adalah bahan bangunan berbahan dasar semen yang digunakan sebagai "perekat" untuk membuat struktur bangunan. Mortar terdiri dari agregat halus, bahan pengikat dan air dengan cara diaduk sampai homogen. Mortar sering digunakan sebagai bahan plesteran, pekerjaan pasangan dan banyak pekerjaan lainnya.

Menurut Tjokrodimuljo (1996) mortar sering kali disebut sebagai mortel atau spesi, yaitu adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat dan air. Bahan perekat dapat berupa tanah liat, kapur maupun semen portland.

2.6.1. Jenis Mortar

Tjokrodimulyo (1996) membagi mortar berdasarkan jenis bahan ikatnya menjadi empat jenis, yaitu :

- **Mortar lumpur**

Mortar lumpur dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air. Mortar ini biasanya dipakai sebagai bahan tembok atau bahan tungku api didesa.

- **Mortar kapur**

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Mortar ini biasa dipakai untuk pembuatan tembok bata.

- **Mortar Semen**

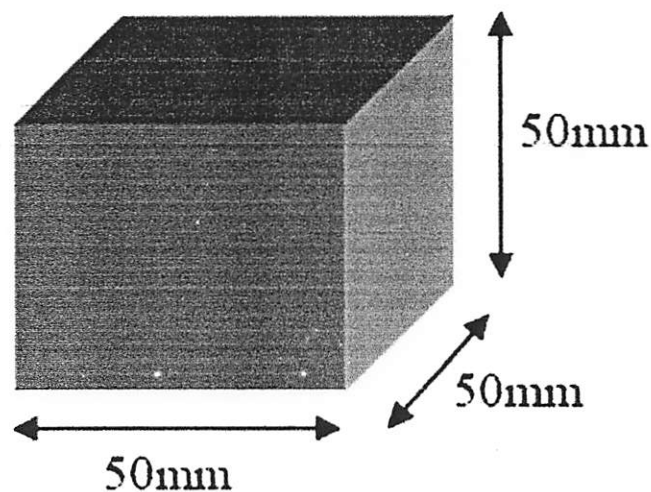
Mortar semen dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada kedua mortar sebelumnya, oleh karena itu biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air maka dipakai juga untuk bagian luar dan yang berada dibawah tanah.

- **Mortar Khusus**

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur dan mortar semen dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan *asbestos fibers*, *jute fibers* (serat rami), butir kayu, serbuk gergajian kayu dan sebagainya. Mortar ini digunakan untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Selain itu juga ada mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata-api dengan *aluminous cement*, dengan perbandingan satu *aluminous cement* dan dua bubuk bata-api. Mortar ini biasanya dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

2.6.2. Benda Uji

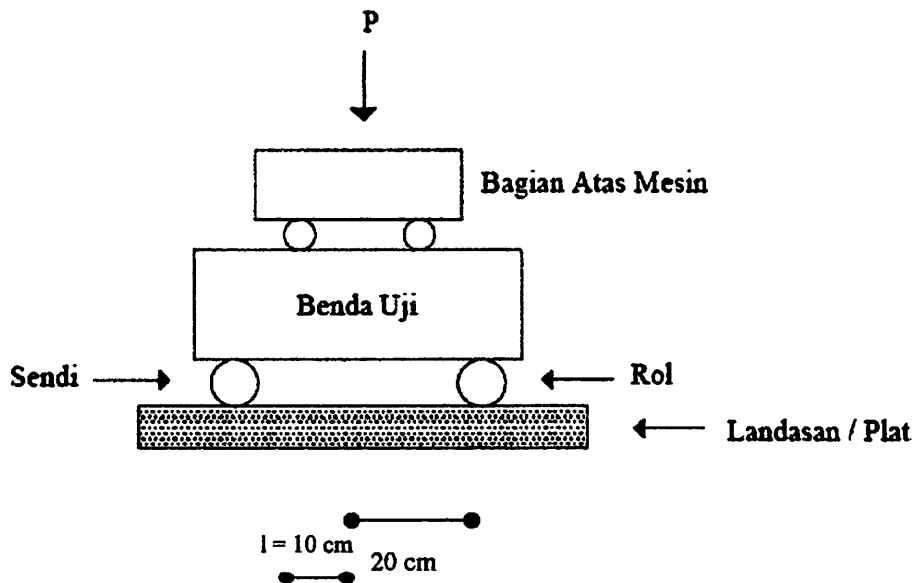
Pada penelitian ini dibuat satu macam bentuk benda uji mortar, yaitu berbentuk kubus dengan ukuran : 50 x 50 x 50 mm seperti dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Benda uji kuat tekan mortar

2.7. Kuat Lentur

Kuat tarik lentur merupakan bagian penting didalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air maupun suhu. Cara lain menaksir kekuatan tarik beton yang menyebar adalah dengan cara terlentur. Pada penelitian ini digunakan benda uji untuk kuat lentur berupa batako berukuran 11 x 21 x 40 cm dan balok beton berukuran 15 x 15 x 60 cm. Balok beton dirawat sesuai dengan pedoman dan uji kelenturannya pada sepertiga ($1/3$) muatan, seperti pada gambar berikut ini :
(Aman subakti hal 181)



Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Pada Balok

Benda uji harus memiliki permukaan yang halus, datar dan sejajar bagi beban muatan. Kekuatan tarik maksimum secara teoritis atau modulus Rupture (R) diuji dengan balok terlentur dengan beban tiga muatan seperti rumus berikut :

$$\text{Tarik Lentur } (fr) = \frac{P.L}{b.d^2}$$

Dimana : P = Beban Maksimum (Kg)

L = Panjang Efektif Bentang (cm)

b = Lebar benda uji (cm)

d = Tinggi benda uji (cm)

Rumus diatas dengan $l = 10 \text{ cm}$ atau $1/6L$ seperti terlihat pada gambar diatas didapat dari perhitungan dibawah ini :

- Momen di tengah-tengah bentang :

$$\begin{aligned}
 M &= 1/2P \times 1/2L - 1/2 P \times 1/6 L \\
 &= 1/4 PL - 1/12 PL \\
 &= \frac{3PL - PL}{12} \\
 &= \frac{2}{12} PL = \frac{1}{6} PL
 \end{aligned}$$

- Momen tahanan :

$$W = \frac{1}{6} b.d^2$$

- Kuat lentur :

$$f_r = \frac{M}{W} = \frac{1/6 PL}{1/6 b.d^2} = \frac{PL}{b.d^2}$$

Sedangkan untuk $l = 10,5$ cm dengan benda uji Balok berukuran $15 \times 15 \times 60$ cm, maka rumus bisa didapat dengan perhitungan seperti dibawah ini :

- Momen di tengah-tengah bentang :

$$\begin{aligned}
 M &= 1/2P \times 1/2L - 1/2 P \times \frac{10,5}{58} L \\
 &= 1/4 PL - \frac{10,5}{58} PL \\
 &= \frac{29 - 10,5}{116} PL \\
 &= \frac{18,5}{116} PL = 0,16 PL
 \end{aligned}$$

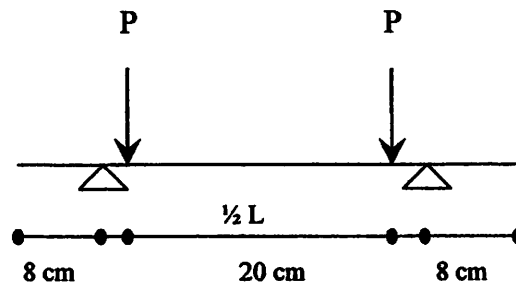
- Momen tahanan :

$$W = \frac{1}{6} b.d^2$$

- Kuat lentur :

$$f_r = \frac{M}{W} = \frac{0,16PL}{1/6b.d^2} = 0,96 \frac{PL}{b.d^2}$$

Sedangkan untuk benda uji Batako berukuran 11 x 21 x 40 cm, maka rumus bisa didapat dengan perhitungan seperti dibawah ini :



- Momen di tengah-tengah bentang :

$$M = 1/2 P \cdot 1/2 L$$

$$= 1/4 PL$$

- Momen tahanan :

$$W = \frac{1}{6} b.d^2$$

- Kuat lentur :

$$f_r = \frac{M}{W} = \frac{1/4 PL}{1/6b.d^2} = \frac{3}{2} \frac{PL}{b.d^2} = 1,5 \frac{PL}{b.d^2}$$

Rumus tersebut diatas berlaku bila balok retak diantara titik muatan (pada sepertiga bagian tengah balok). Bila balok beton pecah diluar titik tersebut, ujung-ujungnya dihitung dengan jarak tak lebih dari 5% bentangan, maka perhitungan memakai rumus :

$$\text{Tarik Lentur } (f_r) = \frac{3P.a}{b.d}$$

Dimana : a = Jarak tumpuan antara titik retak dan tumpuan terdekat

2.8. Kuat Tekan

Beton memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dari bahan lain, hal ini dikarenakan beton terdiri dari dua lapisan, yaitu adonan semen, koral, pasir menjadikan beton tahan terhadap tekanan.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan salah satu dari sifat fisik yang terpenting dari beton, karena nilai kuat tekan beton sangat identik dengan mutu beton yang diinginkan. Disamping itu pula banyak faktor lain yang harus dipertimbangkan, misalnya faktor durabilitas, impermeabilitas dan lain sebagainya. Yang dimaksud dengan nilai kuat tekan beton berdasarkan ASTM, PBI 1991 adalah kuat tekan beton benda uji yang dicapai pada umur 28 hari. Alasan ini diambil dengan dasar pertimbangan bahwa kuat tekan beton setelah umur 28 hari tidak mengalami perubahan nilai kuat tekan yang berarti. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap nilai kuat tekan diantaranya adalah pemilihan agregat, tipe semen yang dipakai, umur beton, nilai faktor air semen (FAS), proses curing, penggunaan admixture dan sebagainya. Perkembangan nilai kuat tekan beton pada umur sebelum 28 hari banyak dipengaruhi oleh jalannya proses reaksi C_3S dan C_2S yang merupakan komponen karakteristik dari semen yang berlangsung di dalam beton. Semakin cepat jalannya reaksi semakin tinggi pula nilai kuat tekan beton yang dicapai, sebaliknya semakin lambat jalannya reaksi semakin rendah pula nilai kuat tekan yang dicapai.

Untuk mengetahui kekuatan tekan beton, maka perhitungan kekuatan tekan beton dipakai rumus sebagai berikut :

a. Tegangan Hancur (f'_c) :

Kuat tekan beton :

$$f'_c = \frac{P}{A \times Fu}$$

Dimana : P = Beban Maksimum (kg)

A = Luas Penampang benda uji (cm^2)

Fu = Faktor umur

b. Kuat Tekan Rata – Rata (f'_{cr}) :

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_c}{n}$$

Dimana : f'_c = Jumlah kuat tekan beton antara benda uji

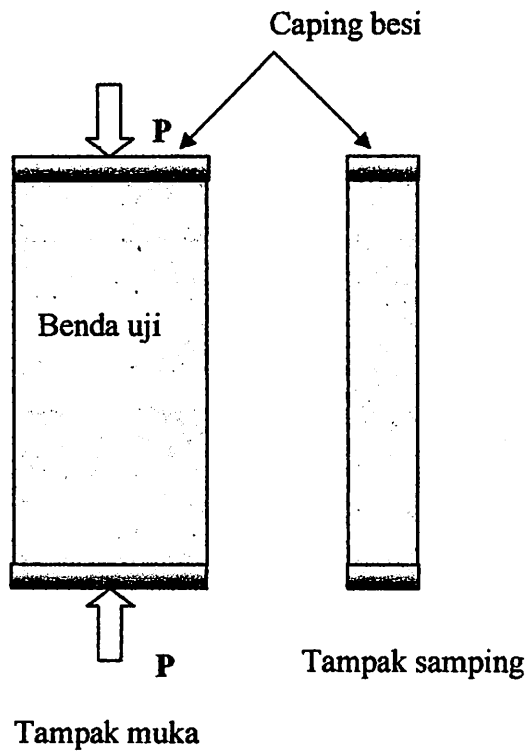
n = Jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan

c. Simpangan Baku (S)

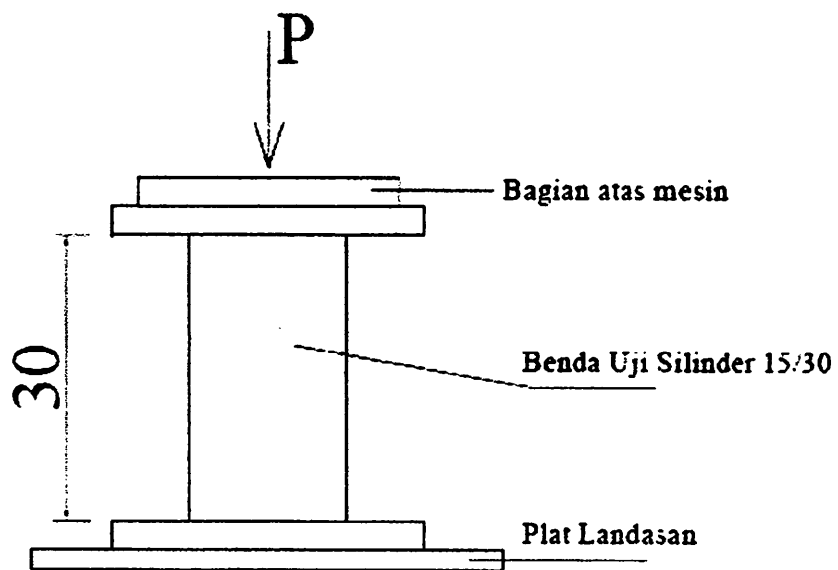
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

Dimana : S = Standar Deviasi

f'_{cr} = Kekuatan tekan beton rata – rata (Kg/cm^2)



Gambar 2.6 Sketsa Pembebanan Tes Tekan Sampel



Gambar 2.7 Pengujian Kuat tekan Silinder

Kuat tekan mortar adalah kemampuan mortar untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar serat yang menekan mortar. Pasangan dinding menerima beban tekan yang diakibatkan oleh pengaruh dari atas, angin atau gaya samping lainnya. Kuat tekan mortar dihitung berdasarkan besarnya tekanan dibagi dengan luas permukaan tekan, yang dirumuskan dengan :

$$f'c = \frac{P_{\max}}{A}$$

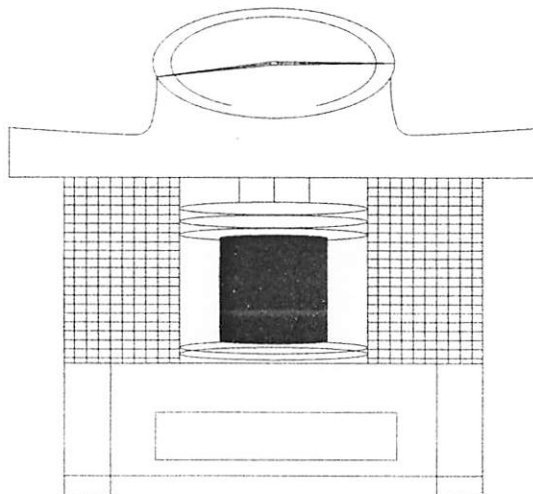
Dimana : $f'c$ = Kuat tekan mortar (Kg/cm²)

$P_{\max}$ = Beban maksimum yang diterima mortar (Kg)

A = Luas permukaan benda uji (cm²)

2.8.2. Mesin uji kuat tekan

Mesin uji kuat tekan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* merk **Indotest** berkapasitas 60 ton.



Gambar 2.8 Mesin Uji Kuat Tekan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dan pengujian seluruhnya dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Kampus I Institut Teknologi Nasional Malang mulai pada bulan november 2009 pada waktu jam perkuliahan dan berakhir pada bulan Desember 2009.

3.2. Standar Penelitian

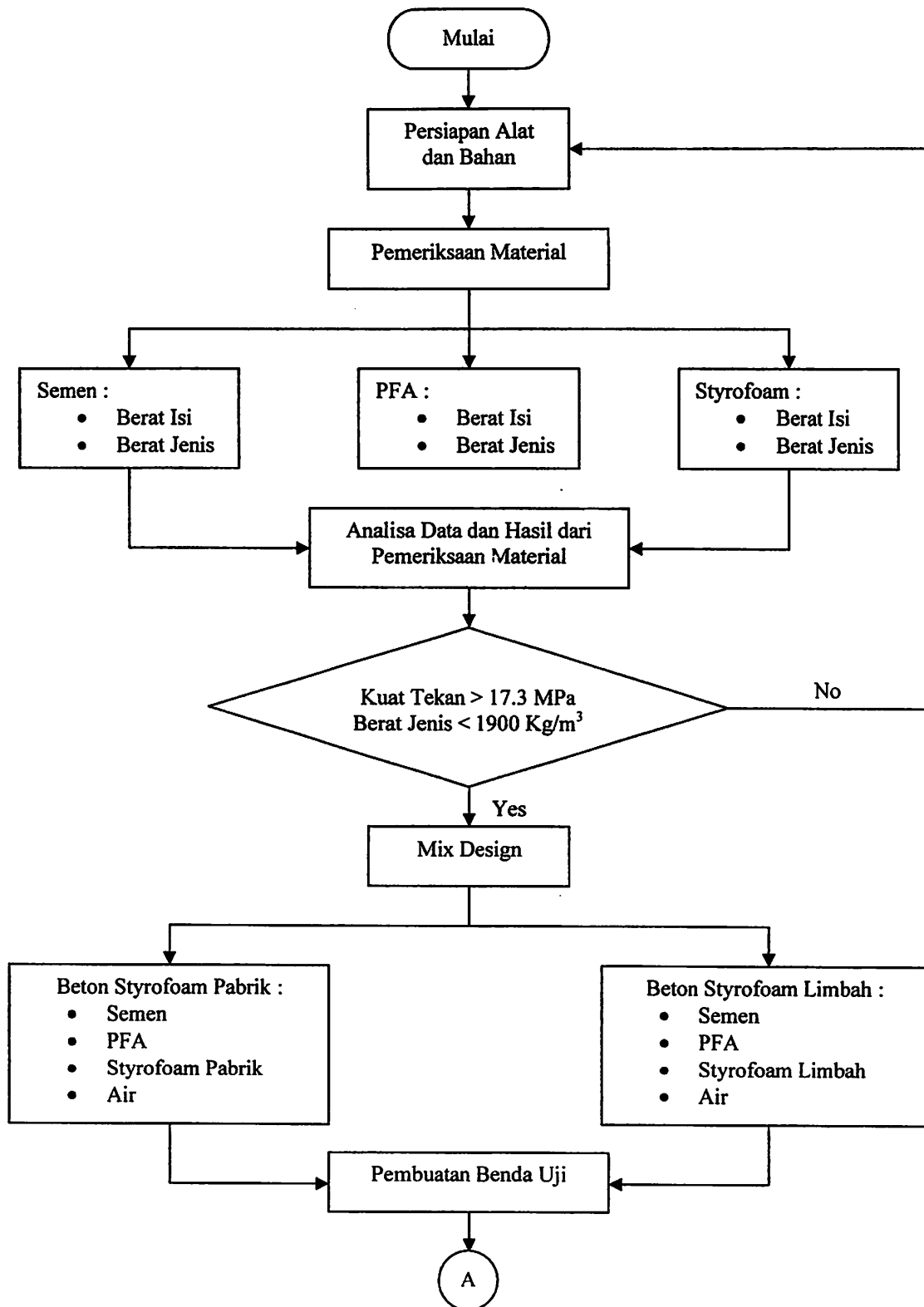
Untuk melaksanakan penelitian ini, standar yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Standar yang dipakai dalam penelitian material

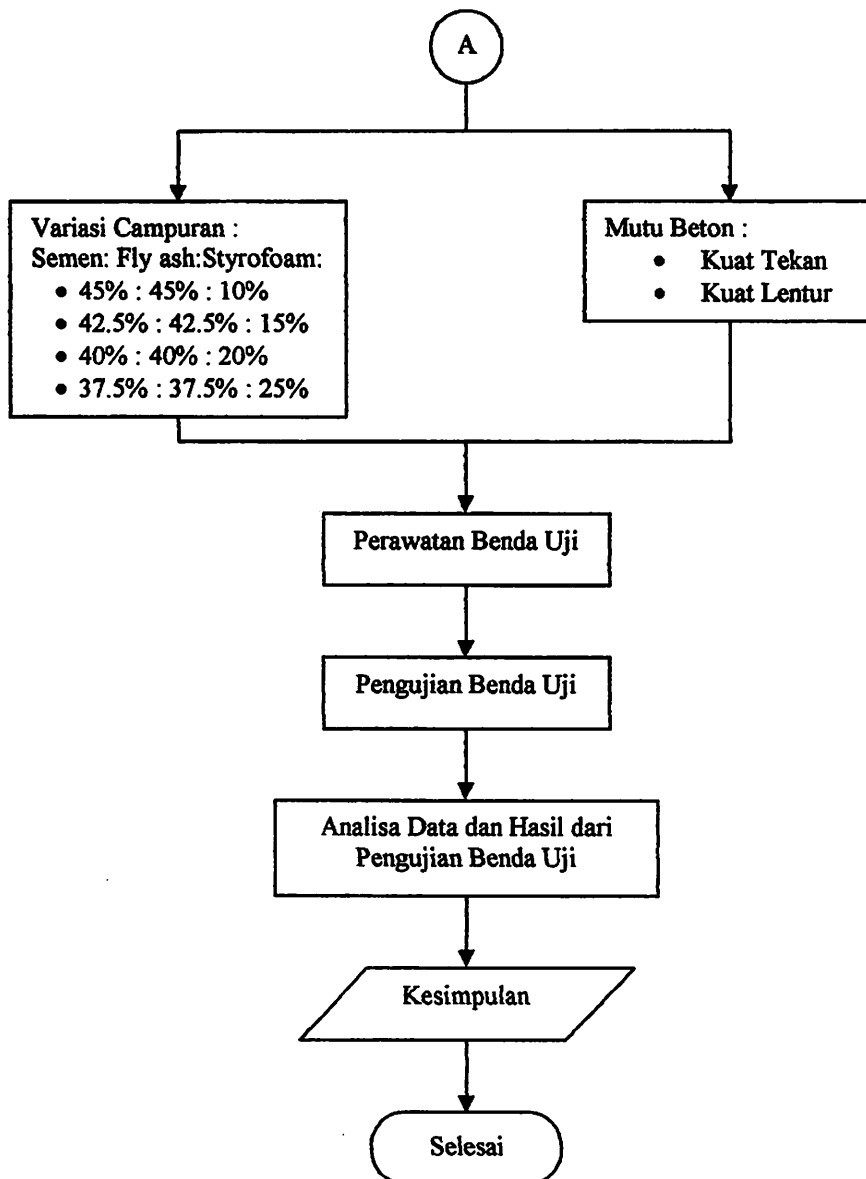
Penelitian Material		
Material	Sifat-Sifat Fisika	
Styrofoam	Styrofoam yang digunakan dalam bentuk butiran-butiran kecil.	ASTM C578-03a
Semen	Hal yang disyaratkan ASTM C150 tabel 3 & 4 (Air content of mortar, fineness, spesific surface dan lain-lain).	ASTM C150-02a Tabel 3 & 4
Air	Beberapa jenis garam (chlorida, sulfat, anorganik), karbonat & bikarbonat, kotoran dan bahan (limbah) industri.	Air dari PDAM Malang

3.3. Kerangka Penelitian

Tahap kegiatan yang dilaksanakan dalam penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bagan alir langkah – langkah penelitian



3.3. Alat Dan Bahan Penelitian

Untuk keperluan penelitian baik analisa pendahuluan maupun pengujian secara keseluruhan diperlukan peralatan dan bahan.

a. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

i. Semen : Semen Gresik Jenis I

Jenis I (*Ordinat Portland Cement*)

Semen portland untuk penggunaan umum, yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

Produksi PT. Semen Gresik, dengan standar mutu mengacu pada ASTM C 150 dan SNI 0013-81. Semen berfungsi sebagai pengikat (*binder*).

ii. PFA : PFA yang akan digunakan berasal dari PLTU Paiton Probolinggo.

PFA berfungsi sebagai pengisi beton (*filler*) dan material cementitious yang bisa menggantikan fungsi semen.

iii. Air : Air yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari instalasi air bersih Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Kampus I ITN Malang

iv. Styrofoam : Styrofoam berfungsi sebagai agregat ringan. Styrofoam yang digunakan adalah Styrofoam Toko (Pabrik) dan Styrofoam Limbah. Styrofoam Toko dibeli sudah dalam bentuk butiran jadi dengan diameter butir rata – rata 3 mm. Sedangkan pembentukan styrofoam dari limbah pembungkus barang elektronik menjadi bentuk butiran-butiran kecil dilakukan dengan menggunakan sikat baja atau dengan cara diparut. Diameter styrofoam yang terbentuk maksimum 10 mm.

b. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- i. Peralatan Slump Test
- ii. Timbangan
- iii. Cetakan Mortar yang berukuran 5 x 5 x 5 cm
- iv. Cetakan Balok yang berukuran 15 x 15 x 60 cm
- v. Cetakan Silinder 15/30
- vi. Cetakan Bata
- vii. Talam, ember plastic, gayung
- viii. Palu Karet, kapi, tang, centong, sutil, tongkat pemadat
- ix. Gelas ukur 1000 mm
- x. Mesin pencampur beton (Concrete Mixer), dengan kapasitas 0,15 m³
- xi. Alat Uji Tekan Beton
- xii. Alat Uji Tarik Lentur
- xiii. Mistar perata (straight edge)
- xiv. Bak air untuk perendaman perawatan beton (moist curing)
- xv. Sikat baja halus
- xvi. Termometer

3.4. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melihat kualitas material semen, PFA, dan Styrofoam untuk mendapatkan informasi awal tentang sifat-sifat fisik dari material tersebut. Dengan menggunakan standar yang ada (ASTM) akan diketahui kelayakan material tersebut untuk dijadikan bahan campuran beton.

Setelah didapat informasi awal dari material tersebut, maka dilakukan perencanaan campuran semen dan PFA agar diketahui perbandingan yang optimum antara semen dan PFA. Dengan menggunakan perbandingan antara semen dan PFA yang optimum dilakukan pengujian dan analisa hasil campuran beton ringan dengan menambahkan Styrofoam sebagai bahan pengganti agregat untuk mendapatkan perbandingan jenis campuran terbaik sebagai elemen dinding beton ringan.

Untuk mencapai tujuan penelitian yang diharapkan, maka pada penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan penelitian, yaitu :

3.4.1. Perencanaan Campuran Beton Ringan

Perencanaan campuran yang digunakan dalam penelitian beton ringan ini disesuaikan dengan berpedoman pada ACI 212.2-98 tentang *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete*. Pedoman ini memungkinkan nilai slump sebesar 60 – 180 mm dan faktor air semen (f.a.s) sebesar 0,50. Adapun beton ringan yang terbentuk ditargetkan mempunyai berat jenis 240 kg/m^3 sampai 950 kg/m^3 dengan kuat tekan antara 0.35 MPa sampai 7 MPa sesuai fungsinya sebagai dinding pemisah atau nonstruktural. Setelah dilakukan pengujian percobaan berkali kali, maka didapatkan komposisi campuran yang memenuhi kriteria seperti yang dimaksudkan di atas.

Tabel 3.2 Benda Uji (perb. berat Semen, Air, PFA, Styrofoam Limbah)

No	Jenis Pengujian	Rencana Benda Uji				Jumlah Sampel	Bentuk benda uji Bata
		Fas	Semen	PFA	Sty Limbah		
1	Tes Tekan	0.5	45%	45%	10%	2	(6x12x27)
2	Tes Lentur	0.5	45%	45%	10%	2	(6x12x27)

3.4.2. Pembuatan Benda Uji

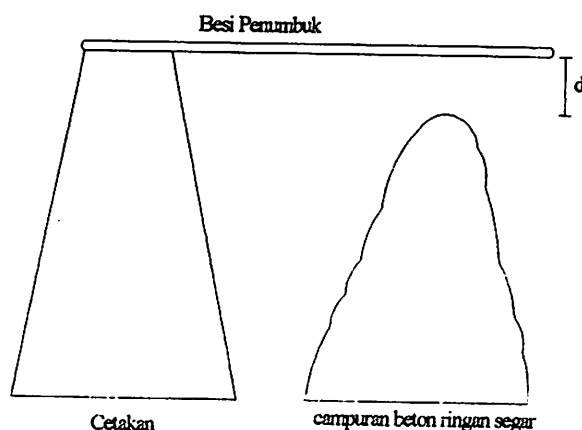
3.4.2.1. Persiapan Material

Persiapan yang dilakukan adalah mengumpulkan material Semen, PFA, Styrofoam. Semen yang dipakai adalah semen Gresik Jenis I yang dibeli dari toko bahan bangunan yang ada di sekitar laboratorim Bahan Konstruksi. Styrofoam yang dipakai dalam penelitian ini ada dua macam, yaitu Styrofoam Toko (buatan Pabrik) yang dibeli dari toko dalam bentuk butiran-butiran kecil dan Styrofoam Limbah (yang biasa digunakan dalam pembungkusan barang elektronik) yang diambil dari limbah dilingkungan ITN (Institut Teknologi Nasional Malang), kemudian diparut sampai lolos saringan 10 mm. PFA yang digunakan adalah PFA yang dibeli dari sisa pembakaran Batubara PLTU Paiton Probolinggo. Dan material lain yang digunakan adalah air yang diambil dari keran Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang.

Bahan – bahan atau material yang ada kemudian ditimbang sesuai perbandingan dan kapasitas cetakan benda uji yang digunakan.

dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai bagian bawah tiap tiap lapisan. Pada lapisan pertama, penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.

- Setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat, tunggu selama setengah menit, dan dalam jangka waktu itu semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan harus dibersihkan.
- Cetakan diangkat perlahan lahan tegak lurus ke atas.
- Letakkan cetakan disamping benda uji.
- Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata rata dari benda uji.
- Laporkan hasil pengukuran slump dalam satuan cm.
- Dimana d = penurunan sampel



Gambar 3.4 Ilustrasi Pengujian Slump

3.4.2.4. Pelaksanaan Pengecoran

Pelaksanaan pengecoran dilakukan setelah semua perhitungan mix design telah dihitung, lalu dilanjutkan dengan persiapan dan pembuatan benda uji. Adapun pengecoran dapat ditabelkan dalam tabel 3.4, 3.5, 3.6, dan 3.7 berikut :

Tabel 3.4 Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Mortar

Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm3)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
17/11/09	45	45	10	4	500	S	348.233	-
						PFA	519.750	
						Sty	0.880	
3/11/09	42.5	42.5	15	4	500	S	328.886	-
						PFA	490.875	
						Sty	1.320	
19/11/09	40	40	20	4	500	S	309.540	-
						PFA	462.000	
						Sty	1.760	
29/10/09	37.5	37.5	25	4	500	S	290.194	-
						PFA	433.125	
						Sty	2.200	

Tabel 3.5 Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Silinder

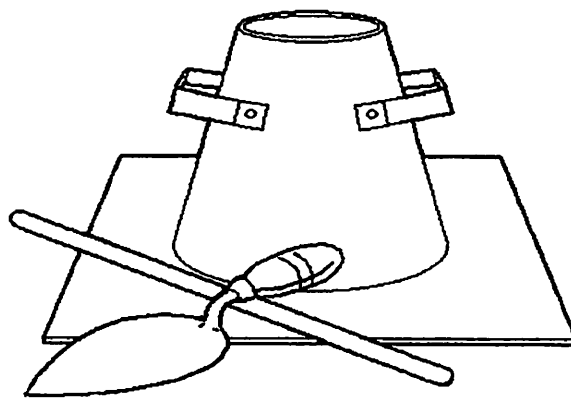
Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm3)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
8/12/09	45	45	10	2	10607.14	S	7387.50	83
						PFA	11026.13	
						Sty	18.67	
8/12/09	42.5	42.5	15	2	10607.14	S	6977.09	93
						PFA	10413.56	
						Sty	28.00	
10/12/09	40	40	20	2	10607.14	S	6566.67	80
						PFA	9801.00	
						Sty	37.34	
10/12/09	37.5	37.5	25	2	10607.14	S	6156.25	86
						PFA	9188.44	
						Sty	46.67	

3.4.2.2. Pembuatan Benda Uji Coba – Coba

Pembuatan benda uji ini adalah dalam rangka menciptakan komposisi elemen dinding beton ringan yang ideal yang layak diteliti guna mencapai kategori patokan sebagaimana tertera dalam diagram penelitian. Pengujian ini hanya terbatas pada kuat tekan dan berat jenis karena sifat ini yang paling utama sebagai penentu ciri khas beton ringan.

3.4.2.3. Tes Slump

Slump dilakukan sesuai yang disyaratkan ASTM C143/C143M-00. Tes ini adalah untuk menentukan konsistensi adukan (kekentalan mortar) dengan cara mengukur besarnya diameter setelah dilakukan ketukan hingga 25 x.



Gambar 3.3 Peralatan Slump Test

Prosedur Pelaksanaan:

- cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah
- letakkan cetakan diatas pelat
- isilah cetakan sampai penuh dengan campuran beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis kira kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan

3.4.2.4. Pelaksanaan Pengecoran

Pelaksanaan pengecoran dilakukan setelah semua perhitungan mix design telah dihitung, lalu dilanjutkan dengan persiapan dan pembuatan benda uji. Adapun pengecoran dapat ditabelkan dalam tabel 3.4, 3.5, 3.6, dan 3.7 berikut :

Tabel 3.4 Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Mortar

Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm3)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
17/11/09	45	45	10	4	500	S	348.233	-
						PFA	519.750	
						Sty	0.880	
3/11/09	42.5	42.5	15	4	500	S	328.886	-
						PFA	490.875	
						Sty	1.320	
19/11/09	40	40	20	4	500	S	309.540	-
						PFA	462.000	
						Sty	1.760	
29/10/09	37.5	37.5	25	4	500	S	290.194	-
						PFA	433.125	
						Sty	2.200	

Tabel 3.5 Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Silinder

Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm3)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
8/12/09	45	45	10	2	10607.14	S	7387.50	83
						PFA	11026.13	
						Sty	18.67	
8/12/09	42.5	42.5	15	2	10607.14	S	6977.09	93
						PFA	10413.56	
						Sty	28.00	
10/12/09	40	40	20	2	10607.14	S	6566.67	80
						PFA	9801.00	
						Sty	37.34	
10/12/09	37.5	37.5	25	2	10607.14	S	6156.25	86
						PFA	9188.44	
						Sty	46.67	

Tabel 3.6 Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Balok

Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm3)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
6/12/09	45	45	10	3	40500	S	28206.833	91
						PFA	42099.750	
						Sty	71.280	
3/11/09	42.5	42.5	15	3	40500	S	26639.786	88
						PFA	39760.875	
						Sty	106.920	
5/11/09	40	30	20	3	40500	S	25072.740	85
						PFA	28066.500	
						Sty	142.560	
19/11/09	37.5	37.5	25	3	40500	S	23505.694	90
						PFA	35083.125	
						Sty	178.200	

Tabel 3.7 Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Batako

Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm3)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
5/12/09	45	45	10	3	7776	S	5415.712	93
						PFA	8083.152	
						Sty	13.686	
5/12/09	40	40	20	3	7776	S	4813.966	85
						PFA	7185.024	
						Sty	27.372	
7/12/09	37.5	37.5	25	3	7776	S	4513.093	87
						PFA	6735.960	
						Sty	34.214	
7/12/09	42.5	42.5	15	3	7776	S	5114.839	82
						PFA	7634.088	
						Sty	20.529	

Setiap kejadian dalam penelitian ini harus diikuti pengamatan, semakin detil pengamatan akan semakin besar manfaat dari penelitian ini. Sehingga dari pengamatan tersebut bisa mengambil suatu kesimpulan yang merupakan akhir dari penelitian ini.

3.4.3. Perawatan Benda Uji (Curing)

Benda uji dirawat setelah pengecoran selesai dan dituang kedalam cetakan, perawatan awal yang dilakukan adalah menjaga agar air semen yang dituang kedalam cetakan tidak keluar terlalu banyak yaitu dengan cara mengencangkan sela-sela yang terdapat pada cetakan, dan setelah selesai mengecor benda uji ditaruh ditempat yang aman dari getaran selama 24 jam sebelum cetakan dibuka. Terhadap semua benda uji akan dilakukan perawatan dengan cara perendaman. Perendaman sesuai dengan standar ASTM C192/C192M-02 yaitu dengan air yang dapat digunakan untuk pekerjaan beton.

Untuk pengujian mutu dirawat dengan perendaman dalam bak perendaman selama 28 hari dan direndam langsung setelah cetakan dilepas. Sedangkan untuk benda uji yang hendak diteliti perawatan dilakukan dengan menyiram-nyiram beton selama 7 hari setelah dilepas dari cetakan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Bahan Penyusun Elemen Dinding Beton Ringan

Tes fisik bahan-bahan penyusun elemen dinding beton ringan diantaranya :

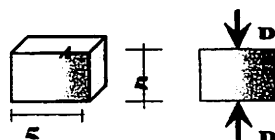
Tabel 4.1 Hasil uji material pengisi beton ringan

No.	Jenis Material	Jenis Pengujian	Nilai	Keterangan
1.	Semen	Berat volume	1.407 (gr/cm ³)	Kondisi kering
2.	PFA	Berat volume	2.1 (gr/cm ³)	Kondisi kering
3.	Styrofoam Toko	Unit weight	0.016 (gr/cm ³)	Kondisi kering

4.2 Pengujian Mortar

Tes Kuat Tekan Mortar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menerima beban tekan. Sampel berukuran 5x5x5 cm³ , masing-masing 4 buah pada setiap macam komposisi PFA dan semen. Sebelum melakukan pengujian, sampel direndam dalam air (*curing*) untuk menjaga agar selama berlangsung proses pengerasan mortar tidak kekurangan air. Setelah umur 28 hari sampel dites tekan dengan alat tekan Torsee's Universal Testing Machine. Untuk mengevaluasi kuat tekan hancur adalah sesuai yang disyaratkan oleh ASTM C109/C109M-02.



Gambar 4.1 Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar

Tabel 4.2 Pengujian kuat tekan mortar

Perihal : 10 %Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (gr)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	45	45	10	17/11/09	17/12/09	28	264,7	6100	244	244
2				17/11/09	17/12/09	28	235,6	4600	184	184
3				17/11/09	17/12/09	28	257,7	5500	220	220
4				17/11/09	17/12/09	28	264,5	6000	240	240

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil : } &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{6100}{25} \\
 &= 244 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P.}{A.Fu} \\
 &= \frac{6100}{25.1} \\
 &= 244 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'c}{n} \\
 &= \frac{888}{4} \\
 &= 222 \text{ Kg/cm}^2 = 22.2 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(244 - 222)^2 + (184 - 222)^2 + (220 - 222)^2 + (240 - 222)^2}{4-1}}$$

$$= 27.423 \text{ Kg/cm}^2 = 2.74 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S)$$

$$= f_{cr} - (1.64 \times (2.74))$$

$$= 22.2 - 4.494$$

$$= 17.706 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.3 Pengujian kuat tekan mortar

Perihal : 15 %Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (gr)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm2)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty							
1	42,5	42,5	15	3/11/09	3/12/09	28	247,2	5200	208	208
2				3/11/09	3/12/09	28	242,1	5100	204	204
3				3/11/09	3/12/09	28	241	5000	200	200
4				3/11/09	3/12/09	28	235	3800	152	152

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

Tegangan hancur riil :

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

$$= \frac{5200}{25} = 208 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan hancur 28 hari : $f'_{ci} = \frac{P.}{A.Fu}$

$$= \frac{5200}{25.1}$$

$$= 208 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$f_{cr} = \frac{\sum_1^4 f'c}{n}$$

$$= \frac{764}{4}$$

$$= 191 \text{ Kg/cm}^2 = 19.1 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(208-191)^2 + (204-191)^2 + (200-191)^2 + (152-191)^2}{4-1}}$$

$$= 26.204 \text{ Kg/cm}^2 = 2.62 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1.64 \times S)$$

$$= f_{cr} - (1.64 \times (2.62))$$

$$= 19.1 - 4.297$$

$$= 14.803 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.4 Pengujian kuat tekan mortar

Perihal : 20 %Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (gr)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm2)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty							
1	40	40	20	19/11/09	12/12/09	28	246,1	4800	192	192
2				19/11/09	12/12/09	28	242,6	4200	168	168
3				19/11/09	12/12/09	28	241,6	4000	160	160
4				19/11/09	12/12/09	28	237	3800	152	152

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil : } &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{4800}{25} \\
 &= 192 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P.}{A.Fu} \\
 &= \frac{4800}{25.1} \\
 &= 192 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'c}{n} \\
 &= \frac{672}{4} \\
 &= 168 \text{ Kg/cm}^2 = 16.8 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(192-168)^2 + (168-168)^2 + (160-168)^2 + (152-168)^2}{4-1}} \\
 &= 17.282 \text{ Kg/cm}^2 = 1.73 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times (1.73)) \\
 &= 16.8 - 2.837 \\
 &= 13.963 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 Pengujian kuat tekan mortar

Perihal : 25 %Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (gr)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm2)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty							
1	37,5	37,5	25	29/10/09	28/11/09	28	251	3500	140	140
2				29/10/09	28/11/09	28	230,5	3200	128	128
3				29/10/09	28/11/09	28	244,9	3400	136	136
4				29/10/09	28/11/09	28	229	2900	116	116

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{3500}{25} \\ &= 140 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A.F_u} \\ &= \frac{3500}{25.1} \\ &= 140 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'_c}{n} \\ &= \frac{520}{4} \\ &= 130 \text{ Kg/cm}^2 = 13 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(140-130)^2 + (128-130)^2 + (136-130)^2 + (116-130)^2}{4-1}} \\ &= 10.583 \text{ Kg/cm}^2 = 1.058 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S)$$

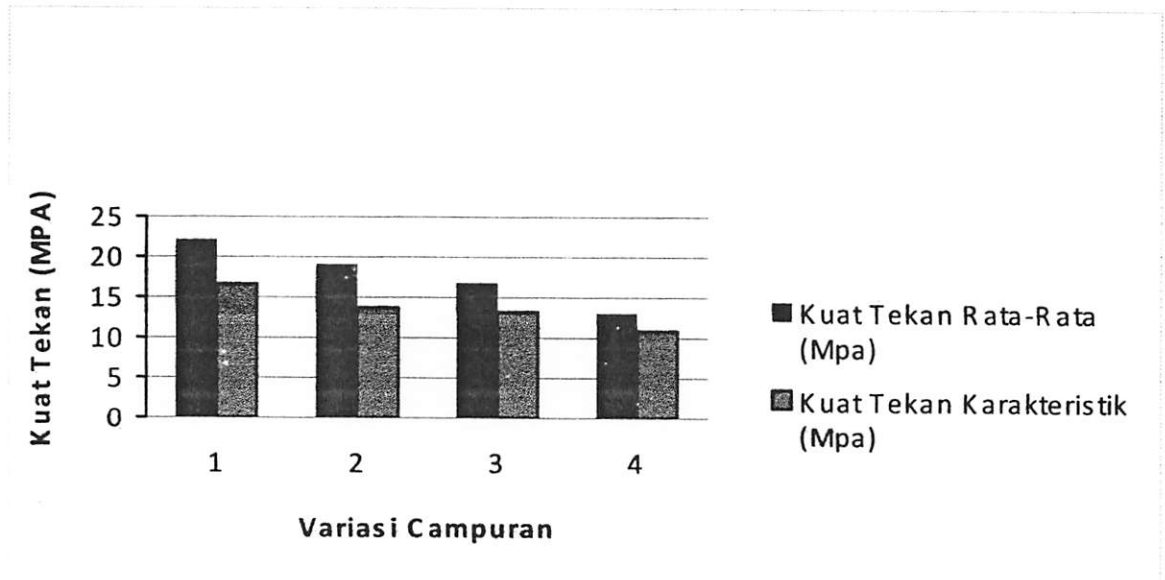
$$= f_{cr} - (1,64 \times (1,058))$$

$$= 13 - 1,735$$

$$= 11,265 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Mortar

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tekan Karakteristik (Mpa)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	22,2	17,706
2	42,5	42,5	15	19,1	14,803
3	40	40	20	16,8	13,963
4	37,5	37,5	25	13	11,265



Grafik 4.1 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Mortar(5x5x5)

4.3 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada saat umur beton mencapai 28 hari

adapun hasil pengujiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7 Nilai Kuat Tekan untuk Benda Silinder

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	45	45	10	28-11-09	7/1/10	28	10,18	48000	271,515	271,515
2				28-11-09	7/1/10	28	10,19	40000	226,263	226,263

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{48000}{(3.14 \times 7.5^2)} \\
 &= 271.515 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A.Fu} \\
 &= \frac{48000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1} \\
 &= 271.515 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'_c}{n} \\
 &= \frac{497.778}{2} \\
 &= 248.889 \text{ Kg/cm}^2 = 24.889 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(271.515 - 248.889)^2 + (226.263 - 248.889)^2}{2-1}} \\
 &= 31.998 \text{ Kg/cm}^2 = 3.20 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1.64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times 3.2) \\
 &= 24.889 - 5.248 \\
 &= 19.641 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Nilai Kuat Tekan untuk Benda Silinder

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	42.5	42.5	15	28-11-09	7/1/10	28	9,72	23500	132.929	132.929
2				28-11-09	7/1/10	28	9,94	36000	203.636	203.636

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{36000}{(3.14 \times 7.5^2)} \\
 &= 203.636 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A.Fu} \\
 &= \frac{36000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1} \\
 &= 203.636 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_{i=1}^2 f'_c}{n} \\
 &= \frac{336.566}{2} \\
 &= 168.283 \text{ Kg/cm}^2 = 16.828 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(132.929 - 168.283)^2 + (203.636 - 168.283)^2}{2-1}} \\
 &= 49.997 \text{ Kg/cm}^2 = 5.0 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times (5.0)) \\
 &= 16.828 - 8.2 \\
 &= 8.628 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Nilai Kuat Tekan untuk Benda Silinder

Perihal : 20 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm2)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty							
1	40	40	20	28-11-09	7/1/10	28	9,47	30000	169,697	169,697
2				28-11-09	7/1/10	28	9,59	24000	181,010	181,010

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{30000}{(3.14 \times 7.5^2)} \\ &= 169.697 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A.Fu} \\ &= \frac{30000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1} \\ &= 169.697 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \frac{\sum_{i=1}^n f'_i c}{n} \\ &= \frac{305.455}{2} \\ &= 152.727 \text{ Kg/cm}^2 = 15.273 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_i c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(169.697 - 152.727)^2 + (135.758 - 152.727)^2}{2-1}} \\ &= 23.999 \text{ Kg/cm}^2 = 2.40 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1,64 \times (2,4)) \\
 &= 15.273 - 3.936 \\
 &= 11.337 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 Nilai Kuat Tekan untuk Benda Silinder

Perihal : 25 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	37,5	37,5	25	28-11-09	7/1/10	28	8,94	29000	164,040	164,040
2				28-11-09	7/1/10	28	8,85	32000	135,758	135,758

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

Tegangan hancur riil :
$$= \frac{P}{A}$$

$$= \frac{29000}{(3.14 \times 7.5^2)}$$

$$= 164.04 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan hancur 28 hari :
$$f'_{ci} = \frac{P}{A.Fu}$$

$$= \frac{29000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1}$$

$$= 164.04 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\
 &= \frac{345.051}{2} \\
 &= 172.525 \text{ Kg/cm}^2 = 17.252 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

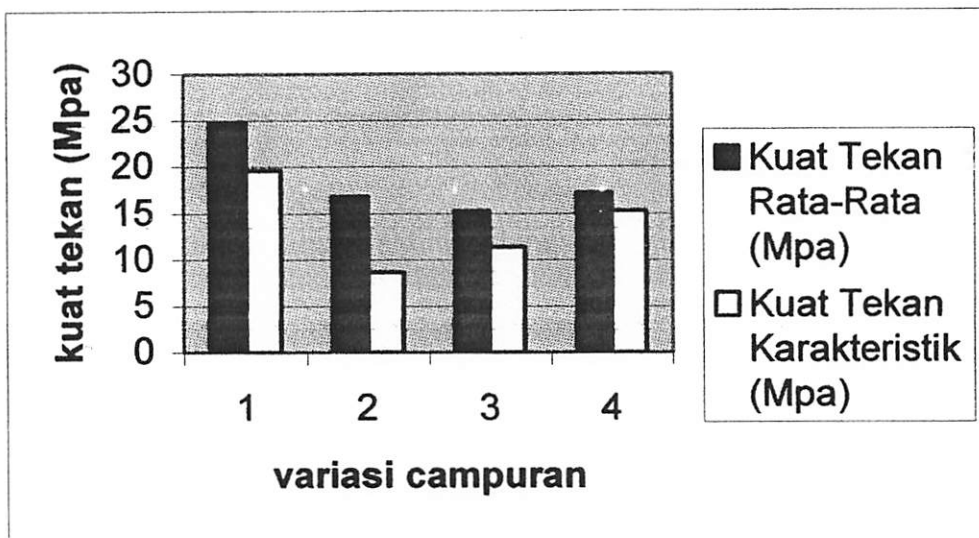
$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(164.04 - 172.525)^2 + (181.01 - 172.525)^2}{2-1}} \\
 &= 11.999 \text{ Kg/cm}^2 = 1.20 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1.64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times 1.2) \\
 &= 17.252 - 1.968 \\
 &= 15.284 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Perbandingan nilai kuat tekan rata rata dan kuat tekan karakteristik beton dengan benda uji silinder

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tekan Karakteristik (Mpa)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	24,889	19,641
2	42,5	42,5	15	16,828	8,628
3	40	40	20	15,273	11,337
4	37,5	37,5	25	17,253	15,284



Grafik 4.2 Perbandingan nilai kuat tekan rata rata dan kuat tekan karakteristik beton dengan benda uji silinder

Tes Kuat Tekan Elemen Dinding Beton Ringan

Pengujian kuat tekan (ASTM C 39-94) dimaksudkan mengetahui kuat tekan beton pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan cara memberi tekanan benda uji berbentuk batako ukuran 11 x 21 x 40 cm dengan kecepatan konstan, sehingga benda uji retak.

Tabel 4.12 Nilai Kuat Tekan untuk batako

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Rill (Kg/cm ²)	28 hari (Kg/cm ²)
1	45	45	10	11/11/09	14/12/2009	28	17,06	48900	128,304	128,304
2				11/11/09	14/12/2009	28	17,16	49600	130,141	130,141
3				11/11/09	14/12/2009	28	16,8	50100	131,453	131,453

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan Hancur rill : } &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{48900}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)} \\
 &= 28.304 \text{ kg} / \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan Hancur 28 hari: } &f'_{ci} = \frac{P}{A \cdot Fu} \\
 &= \frac{48900}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1} \\
 &= 28.304 \text{ kg} / \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

Rata – rata kuat tekan 28 hari :

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \frac{\sum_1^3 f'_c}{n} \\&= \frac{389.898}{3} \\&= 129.966/\text{cm}^2 = 12.99\text{Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\&= \sqrt{\frac{(87.635 - 86.323)^2 + (89.472 - 86.323)^2 + (81.863 - 86.323)^2}{3-1}} \\&= 3.971 \text{ Kg/cm}^2 = 0.397 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\&= f_{cr} - (1.64 \times (0.397)) \\&= 5.9 - 0.651 \\&= 5.249 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tabel 4.13 Nilai Kuat Tekan untuk batako

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
1	42,5	42,5	15	11/11/09	14/12/2009	28	16,55	31200	81,863	81,863
2				11/11/09	14/12/2009	28	16,7	30100	78,977	78,977
3				11/11/09	14/12/2009	28	16,52	25400	66,645	66,645

Keterangan :

Tegangan Hancur rill :
$$= \frac{P}{A}$$
$$= \frac{31200}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)}$$
$$= 81.863 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan Hancur 28 hari:
$$f'ci = \frac{P}{A.Fu}$$
$$= \frac{31200}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1}$$
$$= 81.863 \text{ kg / cm}^2$$

Rata – rata kuat tekan 28 hari :

Kuat tekan rata – rata

$$f_{cr} = \frac{\sum_1^3 f'c}{n}$$
$$= \frac{227.485}{3}$$
$$= 75.828 \text{ Kg/cm}^2 = 7.58 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(81.863 - 75.828)^2 + (78.977 - 75.828)^2 + (66.645 - 75.828)^2}{3-1}}$$

$$= 8.083 \text{ Kg/cm}^2 = 0.80 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S)$$

$$= f_{cr} - (1.64 \times (0.8))$$

$$= 7.58 - 1.312$$

$$= 6.268 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.14 Nilai Kuat Tekan untuk batako

Perihal : 20 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
1	40	40	20	11/11/09	14/12/2009	28	16,17	22800	59,823	59,823
2				11/11/09	14/12/2009	28	16,35	21200	55,625	55,625
3				11/11/09	14/12/2009	28	16,01	24500	64,283	64,283

Keterangan :

Tegangan Hancur riil :

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

$$= \frac{22800}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)}$$

$$= 59.823 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan Hancur 28 hari: $f'_{ci} = \frac{P}{A \cdot Fu}$

$$= \frac{22800}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1}$$

$$= 59.823 \text{ kg/cm}^2$$

Rata – rata kuat tekan 28 hari : $30.607 \text{ Kg/cm}^2 = 3.06 \text{ Mpa}$

- Kuat tekan rata – rata

$$f'_{cr} = \frac{\sum_1^3 f'c}{n}$$

$$= \frac{179.371}{3}$$

$$= 59.910 \text{ Kg/cm}^2 = 5.99 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{(59.823 - 59.910)^2 + (55.625 - 59.910)^2 + (64.283 - 59.910)^2}{3-1}}$$

$$= 4.330 \text{ Kg/cm}^2 = 0.43 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f'_{cr} - (1.64 \times S)$$

$$= f'_{cr} - (1.64 \times (0.43))$$

$$= 5.99 - 0.705$$

$$= 5.285 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.15 Nilai Kuat Tekan untuk batako

Perihal : 25 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
1	37,5	37,5	25	11/11/09	14/12/2009	28	14,23	12600	33,060	33,060
2				11/11/09	14/12/2009	28	14,52	11400	29,911	29,911
3				11/11/09	14/12/2009	28	14,82	12300	32,273	32,273

Keterangan :

Tegangan Hancur rill :
$$= \frac{P}{A}$$
$$= \frac{12600}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)}$$
$$= 33.060 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan Hancur 28 hari:
$$f'ci = \frac{P}{A.Fu}$$
$$= \frac{12600}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1}$$
$$= 33.060 \text{ kg / cm}^2$$

Rata – rata kuat tekan 28 hari :

Kuat tekan rata – rata

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^3 f'ci}{n}$$
$$= \frac{95.244}{3}$$
$$= 31.748 \text{ Kg/cm}^2 = 3.17 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(33.060 - 31.748)^2 + (29.911 - 31.748)^2 + (32.237 - 31.748)^2}{3-1}} \\
 &= 5.33 \text{ Kg/cm}^2 = 0.53 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S)$$

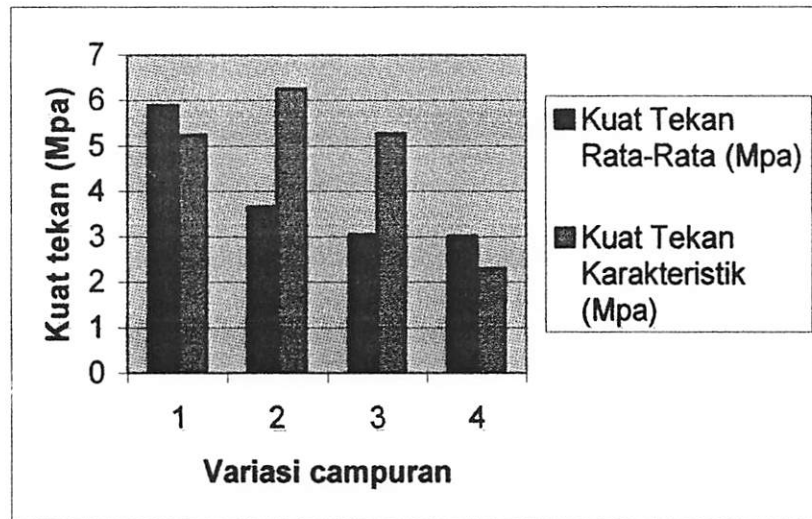
$$= f_{cr} - (1.64 \times (0.53))$$

$$= 3.17 - 0.869$$

$$= 2.301 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.16 Perbandingan nilai kuat tekan rata rata dan kuat tekan karakteristik beton untuk benda uji batako

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tekan Karakteristik (Mpa)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	5,9	5,249
2	42,5	42,5	15	3,67	6,268
3	40	40	20	3,06	5,285
4	37,5	37,5	25	3,02	2,307



Grafik 4.3 Perbandingan nilai kuat tekan rata rata dan kuat tekan karakteristik beton untuk benda uji batako

4.4 Pengujian Kuat Lentur

Sebagaimana dalam uji tekan, dinding juga tidak mengalami beban selain beban diatasnya, tetapi keberadaan dinding yang memenuhi syarat keamanan terhadap berbagai macam gangguan atau kejadian yang tak terduga sangatlah mutlak dibutuhkan, termasuk untuk uji lentur ini.

Tabel 4.17 Nilai Kuat lentur untuk balok

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	45	45	10	05/12/2009	04/01/2010	28	27,72	1900	31,248
2				05/12/2009	04/01/2010	28	27,81	2100	34,537
3				05/12/2009	04/01/2010	28	25,35	1700	27,959

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned} f_r &= 0.957x \frac{P.L}{b.d^2} \\ &= 0.957x \frac{1900.58}{15.15^2} \\ &= 31.248 \text{ Kg/cm}^2 = 3.12 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.18 Nilai Kuat lentur untuk balok

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	42.5	42.5	15	12/7/2009	1/6/2010	28	25,38	1600	26.314
2				12/7/2009	1/6/2010	28	24,63	1500	24.669
3				12/7/2009	1/6/2010	28	23,25	1450	23.847

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned} f_r &= 0.957x \frac{P.L}{b.d^2} \\ &= 0.957x \frac{1600.58}{15.15^2} \\ &= 26.314 \text{ Kg/cm}^2 = 2.63 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.19 Nilai Kuat lentur untuk balok

Perihal : 20 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	40	40	20	12/8/2009	1/7/2010	28	22.84	1300	21.380
2				12/8/2009	1/7/2010	28	24.42	1400	23.025
3				12/8/2009	1/7/2010	28	23.25	1100	18.091

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned} f_r &= 0.957x \frac{P.L}{b.d^2} \\ &= 0.957x \frac{1300.58}{15.15^2} \\ &= 21.38 \text{ Kg/cm}^2 = 2.14 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.20 Nilai Kuat lentur untuk balok

Perihal : 25 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

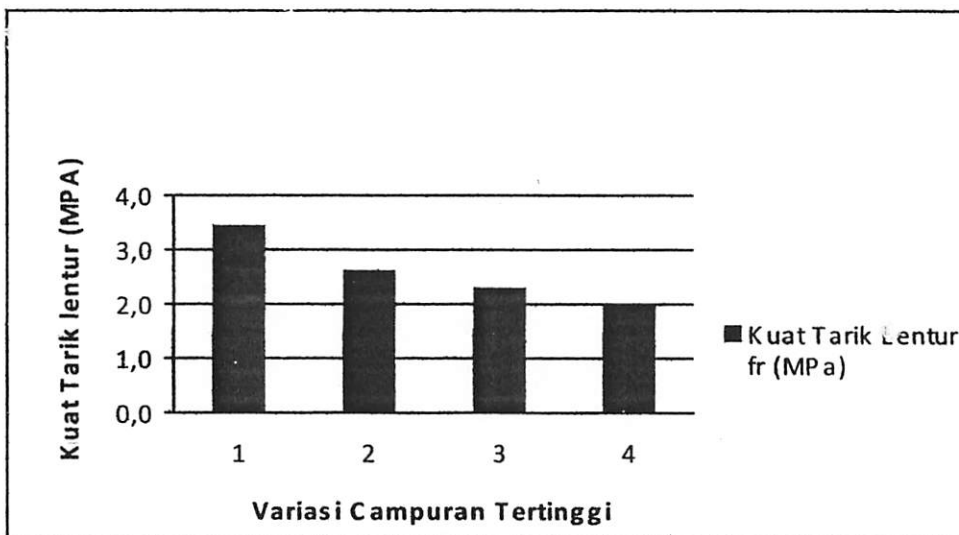
No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty						
1	37,5	37,5	25	09/12/2009	08/01/2010	28	23,16	1100	18,091
2				09/12/2009	08/01/2010	28	22,63	800	13,157
3				09/12/2009	08/01/2010	28	23,67	1200	19,735

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0.957x \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.957x \frac{1100.58}{15.15^2} \\
 &= 18.091 \text{ Kg/cm}^2 = 1.81 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Nilai Kuat lentur untuk balok

No.	Persentase Campuran (%)			No. Benda Uji	Kuat Tarik Lentur fr (MPa)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	2	3,454
2	42,5	42,5	15	1	2,631
3	40	40	20	2	2,302
4	37,5	37,5	25	3	1,974



Grafik 4.4 Nilai kuat tarik lentur untuk benda uji balok

Tes Kuat Lentur Elemen Dinding Beton Ringan

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perilaku lentur beton dan beban pada balok beton sederhana pada umur rendaman benda uji beton 28 hari. Benda uji adalah balok beton ukuran 60 x 120 x 270 mm yang ditumpu sederhana. Alat yang digunakan adalah Universal testing Machine model Torsee untuk pembebanannya. Standar pengujian menggunakan Balok Sederhana dengan Pembebanan Pada Segitiga Bentang (Simple Beam With Third Point Loading) sesuai ASTM C.78-02.

Tabel 4.22 Nilai Kuat lentur untuk batako

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	45	45	10	7/12/09	5/1/10	28	17,06	35400	349,403
2				7/12/09	5/1/10	28	17,16	32900	324,727
3				7/12/09	5/1/10	28	16,8	33800	333,610

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned} fr &= 0.66 \cdot \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2} \\ &= 0.66 \cdot \frac{35400 \cdot 38}{21 \cdot 11^2} \\ &= 349.403 \text{ Kg/cm}^2 = 34.94 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tabel 4.23 Nilai Kuat lentur untuk batako

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	42,5	42,5	15	2/11/09	3/12/09	28	16,55	30100	297,091
2				2/11/09	3/12/09	28	16,7	31600	311,896
3				2/11/09	3/12/09	28	16,52	23100	228,000

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0.66 \cdot \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \cdot \frac{30100.38}{21.11^2} \\
 &= 297.091 \text{Kg/cm}^2 = 29.70 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.24 Nilai Kuat lentur untuk batako

Perihal : 20 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	40	40	20	5/11/09	3/12/09	28	16,17	23200	228,987
2				5/11/09	3/12/09	28	16,35	20400	201,351
3				5/11/09	3/12/09	28	16,01	26400	260,571

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0.66 \cdot \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \cdot \frac{23200.38}{21.11^2} \\
 &= 228.987 \text{ Kg/cm}^2 = 22.89 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.25 Nilai Kuat lentur untuk batako

Perihal : 25 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

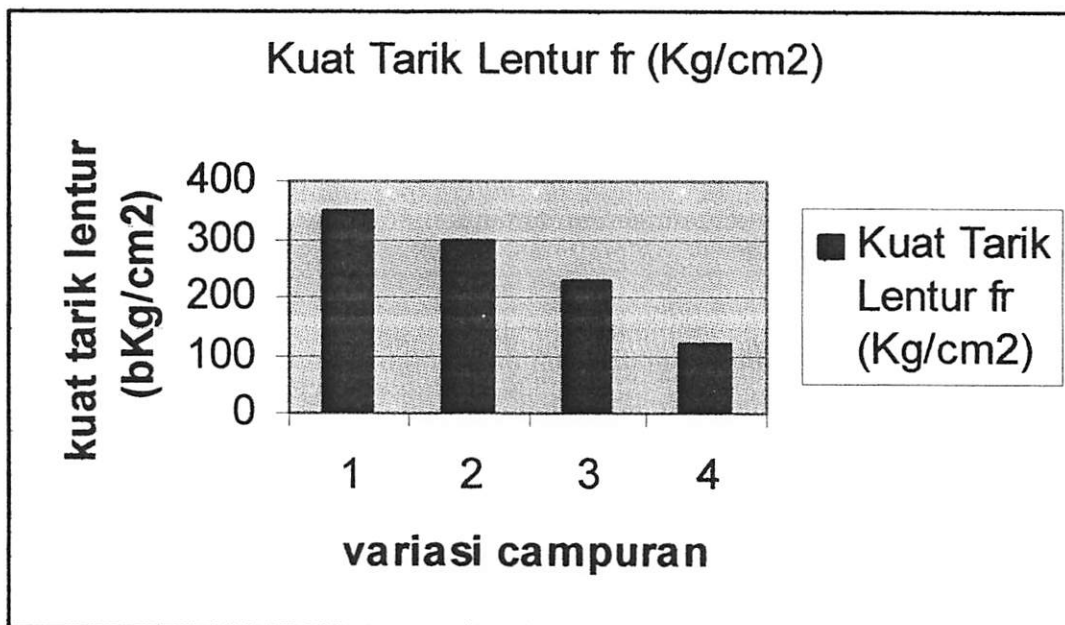
No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty	Buat	Test				
1	37,5	37,5	25	19/11/09	19/12/09	28	14,23	12200	120,416
2				19/11/09	19/12/09	28	14,52	11800	116,468
3				19/11/09	19/12/09	28	14,82	11100	109,558

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0.66 \cdot \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \cdot \frac{12200.38}{21.11^2} \\
 &= 120.416 \text{ Kg/cm}^2 = 12.04 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.26 Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Persentase campuran untuk Benda Uji Batako

No.	Persentase Campuran (%)			No. Benda Uji	Kuat Tarik Lentur fr (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	1	349,403
2	42,5	42,5	15	1	297,091
3	40	40	20	1	228,987
4	37,5	37,5	25	1	120,416



Grafik 4.5 Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Presentase campuran untuk Benda Uji Batako

4.5 Pembahasan Hasil Analisa

4.5.1 Mortar

Dari pengujian Mortar diatas maka didapat Nilai Kuat Tekan Rata – Rata dan Kuat Tekan Karakteristik Mortar yang Tertinggi dari masing – masing persentase campuran. Nilai Kuat Tekan Mortar yang tertinggi dihasilkan oleh persentase campuran 45% : 45% : 10 %, yaitu sebesar 222 Kg/cm² atau 22.2 Mpa untuk Kuat Tekan Rata – Rata Mortar dan 166.3 Kg/cm² atau 16.6 MPa untuk Kuat Tekan Karakteristik Mortar. Sedangkan Nilai Tegangan Hancur 28 hari tertinggi dihasilkan oleh Benda Uji nomor 1 dengan campuran 45% : 45% : 10%, yaitu sebesar 244 Kg/cm² atau 24.4 Mpa.

4.5.2 Kuat Tekan

Didapat nilai kuat tekan terbesar dengan benda uji Silinder yang digunakan pada penelitian dan pengujian, yaitu nilai kuat tekan rata – rata sebesar 248.889 Kg/cm² atau 24.88 Mpa dan 18.38 Mpa untuk nilai kuat tekan karakteristik dengan persentase campuran 45% : 45% : 10%. Sedangkan nilai tegangan hancur terbesar didapat dari sampel nomor 1 sebesar 271.515 Kg/cm² atau 27.15 Mpa dengan persentase campuran yang sama.

Dari pengujian didapat juga nilai kuat tekan yang terbesar pada benda uji Batako dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% dengan nilai kuat tekan rata – rata sebesar 129.966 Kg/cm² atau 12.99 Mpa dan kuat tekan karakteristik sebesar 5.09 Mpa. Sedangkan nilai tegangan hancur tertinggi didapat nilai

131.453 Kg/cm² atau 13.14 Mpa pada benda uji Batako dengan nomor sampel 3 dengan persentase campuran yang sama.

4.5.3 Kuat Lentur

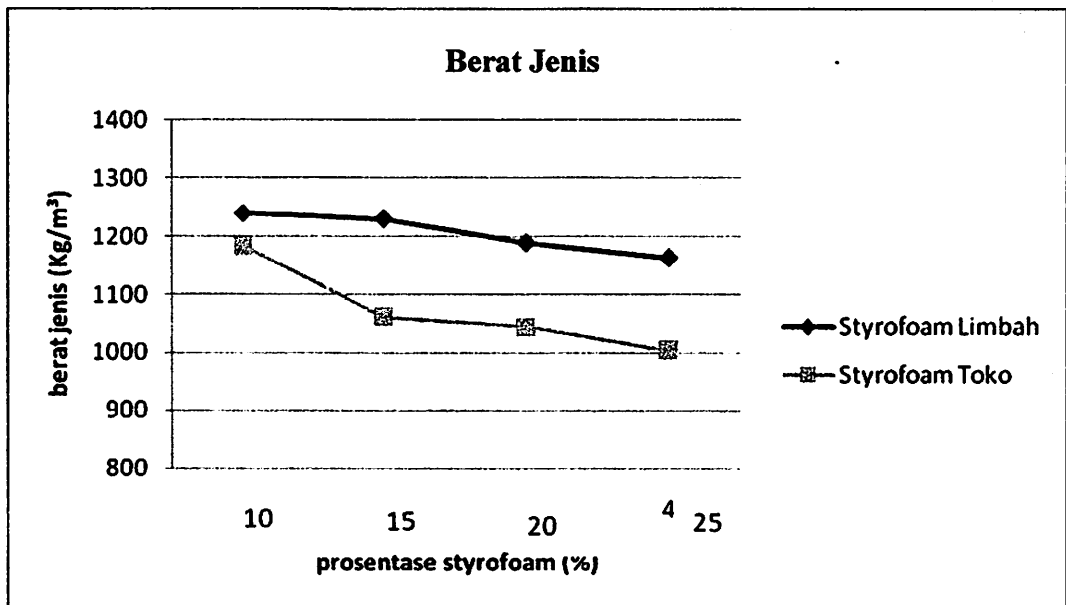
Dari penelitian dan pengujian dengan benda uji balok, maka didapat nilai kuat lentur yang terbesar terdapat pada benda uji Balok dengan nomor sampel 2 dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% yaitu 34.537 Kg/cm² atau 3.5 Mpa. Sedangkan pada benda uji Batako didapat nilai kuat lentur terbesar pada nomor sampel 1 dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% yaitu 349.403 Kg/cm² atau 34.94 Mpa.

4.5.4 Hipotesis

Dari analisa diatas dengan pembandingan antara material Styrofoam Toko dan Styrofoam Limbah, maka didapatkan beberapa campuran yang memenuhi dan tidak memenuhi dengan ketentuan standar beton ringan seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

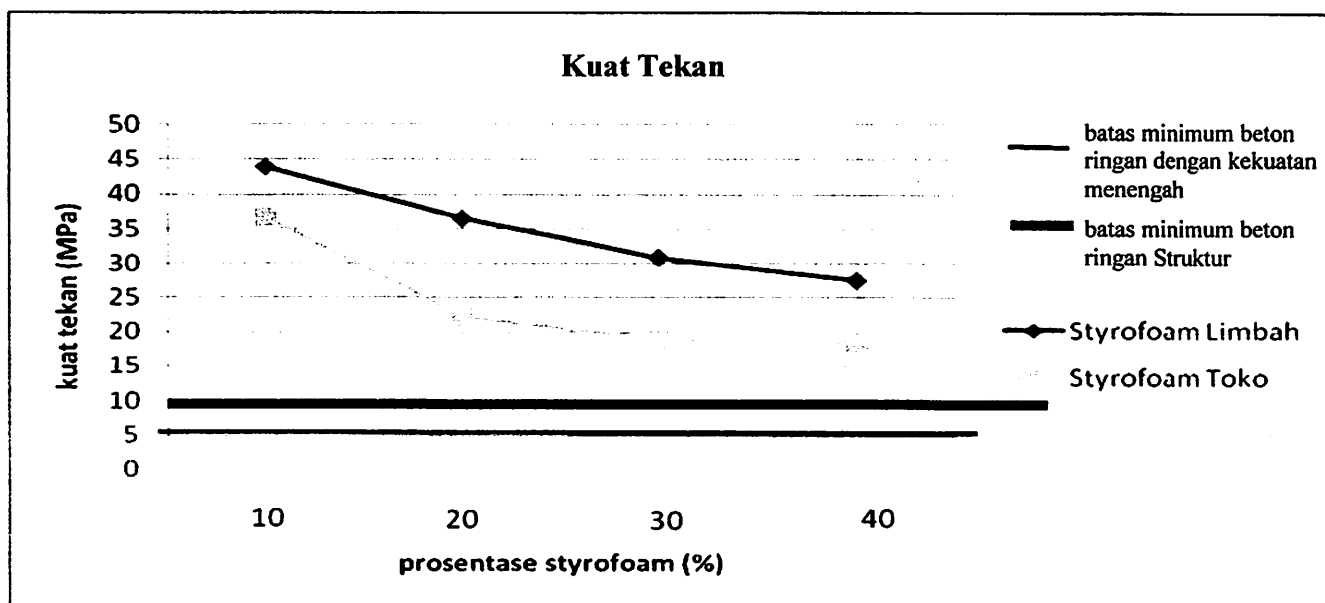
Tabel 4.27 Perbandingan Mutu Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Benda Uji Batako

Komposisi Styrofoam	Styrofoam Limbah		Styrofoam Toko	
	Berat Jenis (Kg/m ³)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)
10%	1239.71	43.83	1183.13	36.73
15%	1229.42	36.42	1059.67	22.22
20%	1188.27	30.86	1044.24	18.83
25%	1162.55	27.47	1003.09	18.52



Grafik 4.6 Perbedaan Berat Jenis

Dari grafik diatas diperoleh perbandingan berat jenis beton ringan dengan campuran styrofoam toko dan limbah. Dalam variasi campuran beton diatas, maka dapat disimpulkan bahwa beton termasuk dalam kategori beton ringan dengan berat jenis antara 800 Kg/m^3 sampai 1440 Kg/m^3 yang umumnya digunakan untuk dinding yang juga memikul beban.

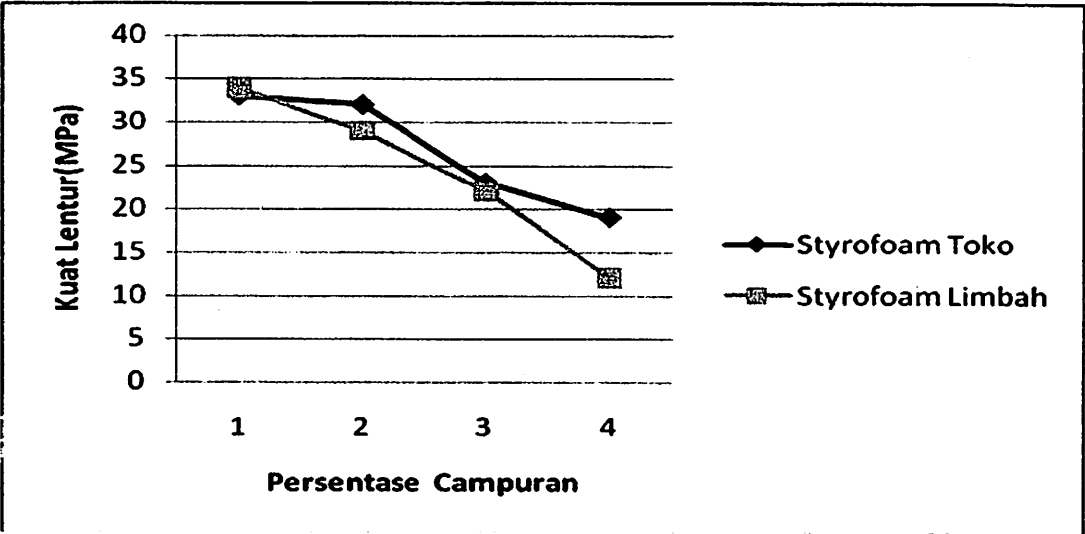


Grafik 4.7 Perbedaan Kuat tekan

Dari grafik diatas diperoleh perbandingan kuat tekan beton ringan dengan campuran styrofoam toko dan limbah. Dalam variasi campuran beton ringan termasuk dalam kategori beton ringan Struktur dengan kuat tekan lebih besar 17.3 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal. Dari tabel dan grafik diatas dapat diketahui bahwa campuran dengan Styrofoam Limbah menghasilkan kekuatan tekan yang lebih besar dibanding dengan campuran yang menggunakan Styrofoam Pabrik. Hal ini dikarenakan bentuk dari Styrofoam Limbah yang tidak beraturan dan memiliki permukaan yang kasar sehingga lebih mengikat campuran.

Tabel 4.28 Perbandingan Mutu Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Dengan Benda Uji Batako

Komposisi Styrofoam	Styrofoam Limbah	Styrofoam Toko
	Kuat lentur (Kg/m ³)	Kuat lentur (MPa)
10%	34	33
15%	29	32
20%	22	23
25%	12	19

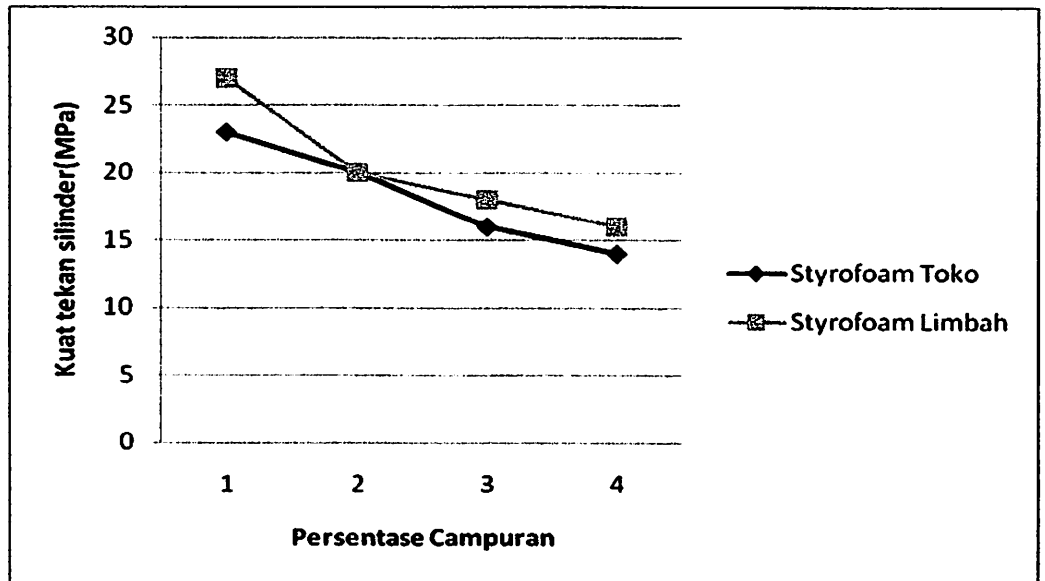


Grafik 4.8 Perbedaan Kuat lentur

Dari grafik di atas dengan penambahan persentase styrofoam terhadap pengaruh kuat lentur di peroleh perbandingan kuat lentur antara styrofoam limbah dan toko, jika persentase styrofoam meningkat maka kuat lentur menurun.

Tabel 4.29 Perbandingan Mutu Kuat Tekan silinder Beton Ringan

Komposisi Styrofoam	Styrofoam Limbah	Styrofoam Toko
	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
10%	27	23
15%	20	20
20%	18	16
25%	16	14



Grafik 4.9 Perbedaan Kuat tekan silinder

Dari grafik di atas dengan penambahan persentase styrofoam terhadap pengaruh kuat lentur di peroleh perbandingan kuat tekan silinderr antara styrofoam limbah dan toko, jika persentase styrofoam meningkat maka kuat tekan menurun.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan ITN Malang tentang pengaruh penambahan penggunaan material Styrofoam sebagai bahan pengisi pada elemen dinding beton ringan, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian didapatkan kualitas beton ringan dengan bahan pengisi Styrofoam Limbah mempunyai kualitas yang lebih baik dibanding dengan campuran beton yang menggunakan Styrofoam Pabrik. Hal ini dikarenakan faktor bentuk dari Styrofoam limbah yang tidak teratur dengan permukaan yang kasar sehingga material lebih mengikat pada campuran beton.
2. Nilai Kuat Tekan yang didapat dari campuran menggunakan Styrofoam Pabrik lebih rendah dari pada campuran dengan menggunakan Styrofoam Limbah. Didapat nilai kuat tekan rata – rata tertinggi pada benda uji Bata dengan persentase Styrofoam Pabrik 10% yaitu sebesar 237.576 Kg/cm^2 dan 185.1 Kg/cm^2 untuk kuat tekan karakteristik. Dan Kuat Lentur yang dihasilkan beton dengan campuran Styrofoam Pabrik pun lebih rendah dibanding dengan menggunakan Styrofoam Limbah yaitu sebesar 260.202 Kg/cm^2 dengan persentase styrofoam pabrik yang sama.

Sedangkan pada campuran dengan penggunaan Styrofoam Limbah didapat nilai Kuat Tekan Rata – Rata tertinggi yaitu sebesar 124.631 Kg/cm² dan 122.96 Kg/cm² untuk nilai Kuat Tekan Karakteristik. Dan Kuat Lentur yang dihasilkan sebesar 125.943 Kg/cm².

3. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, semakin besar persentase penggunaan Styrofoam, maka semakin berkurang nilai kuat tekan dan kuat lentur yang terjadi pada beton.
4. Dari hasil penelitian dan pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar mutu yang dihasilkan pada beton dengan campuran Styrofoam Pabrik maka semakin kecil biaya yang dikeluarkan dalam pelaksanaan campuran beton.
5. Dari hasil penelitian penggunaan Styrofoam sebagai bahan pengisi pada campuran beton dapat memperkecil nilai berat isi artinya beton lebih ringan, maka dengan penggunaan Styrofoam tersebut dapat mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi dengan kata lain memperingan beban struktur sehingga struktur akan lebih cocok untuk daerah rawan gempa.

5.2. Saran

Ada beberapa saran-saran yang dapat kami berikan selama penelitian yang kami lakukan, yaitu :

1. Perlu kiranya penelitian yang akan datang memberikan penambahan Styrofoam yang lebih banyak pada campuran beton agar mendapatkan hasil beton ringan yang maksimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk model yang lain dengan perilaku yang sama guna mendapatkan referensi lapangan yang lebih banyak
3. Perlunya membuat formula baru untuk membuat bahan campuran yang digunakan untuk memperoleh hasil beton yang ekonomis.
4. Perlunya menggunakan peralatan – peralatan yang baik, untuk menunjang hasil data pengujian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, **Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Agregates**, 2003.
- Anonim, , **ACI Manual of Concrete Practice**, Farmington Hills : Committee, ACI Part 3, 1996.
- Anonim, **Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi**, Malang : Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional.
- Anonim : Departemen Pekerjaan Umum, **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung**, Bandung : 1983.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03 – 2847 – 2002, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, Jakarta : BSN, 2002
- Dipohusodo Istimawan, **Struktur Beton Bertulang**, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama, 1996.
- Imran Iswandi Ph.D MAsC. Ir., Purwono Rachmat MSc. Ir. Prof., Raka Putu Gusti I Ir. Dr. Prof, Tawio Ph.D MS. Ir., SNI 03 – 2847 – 2002, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung Dilengkapi Penjelasan (S-2002)**, Surabaya : Itspress, 2007.
- Mulyono, Tri. (2003), **Teknologi Beton**, Yogyakarta : Andi.
- Satyarno, 2004, **Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)**, Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil FT UGM
- Subakti Aman, Teknik Sipil ITS, **Teknologi Beton Dalam Praktek**, Surabaya : 1994

Lampiran

PENGUJIAN KUAT LENTUR BATAKO BETON

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	45	45	10	7/12/09	5/1/10	28	17,06	35400	355,226
2				7/12/09	5/1/10	28	17,16	32900	330,139
3				7/12/09	5/1/10	28	16,8	33800	339,171

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	42,5	42,5	15	2/11/09	3/12/09	28	16,55	30100	473,829
2				2/11/09	3/12/09	28	16,7	31600	497,442
3				2/11/09	3/12/09	28	16,52	23100	363,636

Perihal : 20 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	40	40	20	5/11/09	3/12/09	28	16,17	23200	365,211
2				5/11/09	3/12/09	28	16,35	20400	321,133
3				5/11/09	3/12/09	28	16,01	26400	415,584

Perihal : 25 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Kuat Tarik Lentur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	P (Kg)	Fr (Kg/cm2)
1	37,5	37,5	25	19/11/09	19/12/09	28	14,23	12200	192,050
2				19/11/09	19/12/09	28	14,52	11800	185,754
3				19/11/09	19/12/09	28	14,82	11100	174,734

PENGUJIAN KUAT LENTUR BALOK BETON MUTU K-125

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	45	45	10	05/12/2009	04/01/2010	28	27,49	1900	33,778
2				05/12/2009	04/01/2010	28	27,66	1700	30,222
3				05/12/2009	04/01/2010	28	22,60	1700	30,222

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	42,5	42,5	15	07/12/2009	06/01/2010	28	25,21	1950	34,667
2				07/12/2009	06/01/2010	28	24,37	1700	30,222
3				07/12/2009	06/01/2010	28	23,53	1650	29,333

Perihal : 20 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	40	40	20	08/12/2009	07/01/2010	28	22,69	1300	23,111
2				08/12/2009	07/01/2010	28	25,13	1900	33,778
3				08/12/2009	07/01/2010	28	23,74	900	16,000

Perihal : 25 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	37,5	37,5	25	09/12/2009	08/01/2010	28	24,16	1200	21,333
2				09/12/2009	08/01/2010	28	22,63	800	14,222
3				09/12/2009	08/01/2010	28	24,67	2800	49,778

PENGUJIAN KUAT TEKAN BATAKO BETON MUTU K-125

Perihal : 10 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
1	45	45	10	11/11/09	14/12/2009	28	17,06	48900	128,304	128,304
2				11/11/09	14/12/2009	28	17,16	49600	130,141	130,141
3				11/11/09	14/12/2009	28	16,8	50100	131,453	131,453

Perihal : 15 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
1	42,5	42,5	15	11/11/09	14/12/2009	28	16,7	48700	127,780	127,780
2				11/11/09	14/12/2009	28	16,56	47900	125,681	125,681
3				11/11/09	14/12/2009	28	16,52	47800	125,418	125,418

Perihal : 20 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
	40	40	20	11/11/09	14/12/2009	28	16,17	46800	122,794	122,794
2				11/11/09	14/12/2009	28	16,35	47200	123,844	123,844
3				11/11/09	14/12/2009	28	16,01	46600	122,270	122,270

Perihal : 25 % Styrofoam
Pekerjaan : Beton Ringan
Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 cm

No.	Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
	S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
1	37,5	37,5	25	11/11/09	14/12/2009	28	14,23	44600	117,022	117,022
2				11/11/09	14/12/2009	28	14,52	45900	120,433	120,433
3				11/11/09	14/12/2009	28	14,82	46100	120,958	120,958

PENGUJIAN KUAT TEKAN MORTAR BETON

Perihal : 10 %Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	45	45	10	17/11/09	17/12/09	28	2.425	4000	160	160
2				17/11/09	17/12/09	28	2.502	5700	228	228
3				17/11/09	17/12/09	28	2.425	4100	164	164
4				17/11/09	17/12/09	28	2.635	6000	240	240

Perihal : 15 %Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	42,5	42,5	15	3/11/09	3/12/09	28	2.398	3500	28	140
2				3/11/09	3/12/09	28	2.398	3500	28	140
3				3/11/09	3/12/09	28	2.483	5500	44	220
4				3/11/09	3/12/09	28	2,40	4000	32	160

Perihal : 20 %Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	40	40	20	19/11/09	12/12/09	28	2.323	3100	24,8	124
2				19/11/09	12/12/09	28	2.285	2800	22,4	112
3				19/11/09	12/12/09	28	2.364	3300	26,4	132
4				19/11/09	12/12/09	28	2.265	2300	18,4	92

Perihal : 25 %Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Mortar 5 x 5 x 5 cm

No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (Kg)	Teg. Hancur Riil (Kg/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty							
1	37,5	37,5	25	29/10/09	28/11/09	28	2,18	2500	20	100
2				29/10/09	28/11/09	28	2.252	3000	24	120
3				29/10/09	28/11/09	28	2.149	2000	16	80
4				29/10/09	28/11/09	28	2.262	2000	16	80

PENGUJIAN KUAT TEKAN SILINDER BETON

l : 10 % Styrofoam
 aan : Beton Ringan
 k Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
45	45	10	8/12/09	7/1/10	28	9,98	46000	260,202	270,610
			8/12/09	7/1/10	28	9,96	38000	214,949	223,547

l : 15 % Styrofoam
 aan : Beton Ringan
 k Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
2,5	42,5	15	8/12/09	7/1/10	28	8,82	26000	147,071	152,954
			8/12/09	7/1/10	28	8,65	29000	164,040	170,602

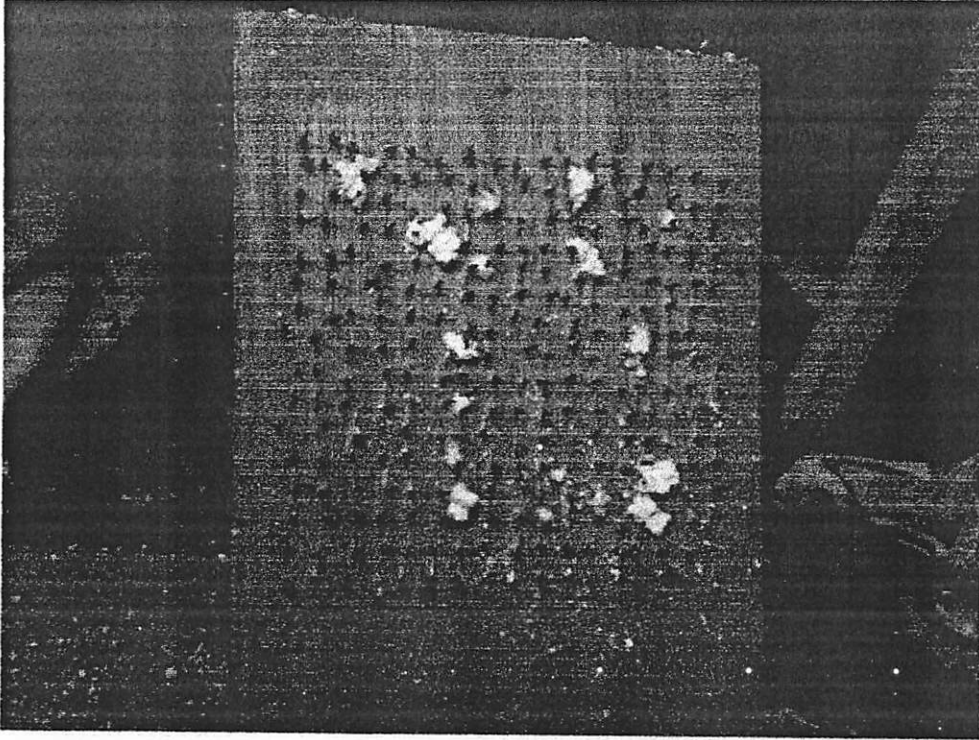
l : 20 % Styrofoam
 aan : Beton Ringan
 k Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
40	40	20	10/12/09	9/1/10	28	8,89	25000	141,414	147,071
			10/12/09	9/1/10	28	8,70	24000	135,758	141,188

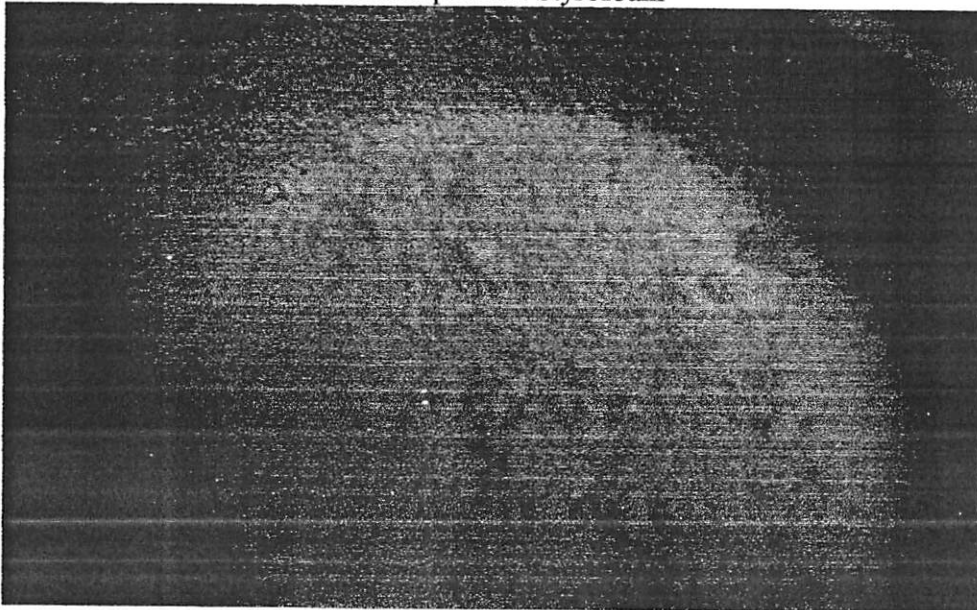
l : 25 % Styrofoam
 aan : Beton Ringan
 k Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm

Prosentase			Tanggal	Tanggal	Umur	Berat	Tekanan	Teg. Hancur	Teg. Hancur
S	PFA	Sty	Buat	Test	(hari)	(Kg)	Hancur (Kg)	Riil (Kg/cm2)	28 hari (Kg/cm2)
7,5	37,5	25	10/12/09	9/1/10	28	9,79	33000	186,667	194,133
			10/12/09	9/1/10	28	9,67	38000	214,949	223,547

Gambar Dokumentasi

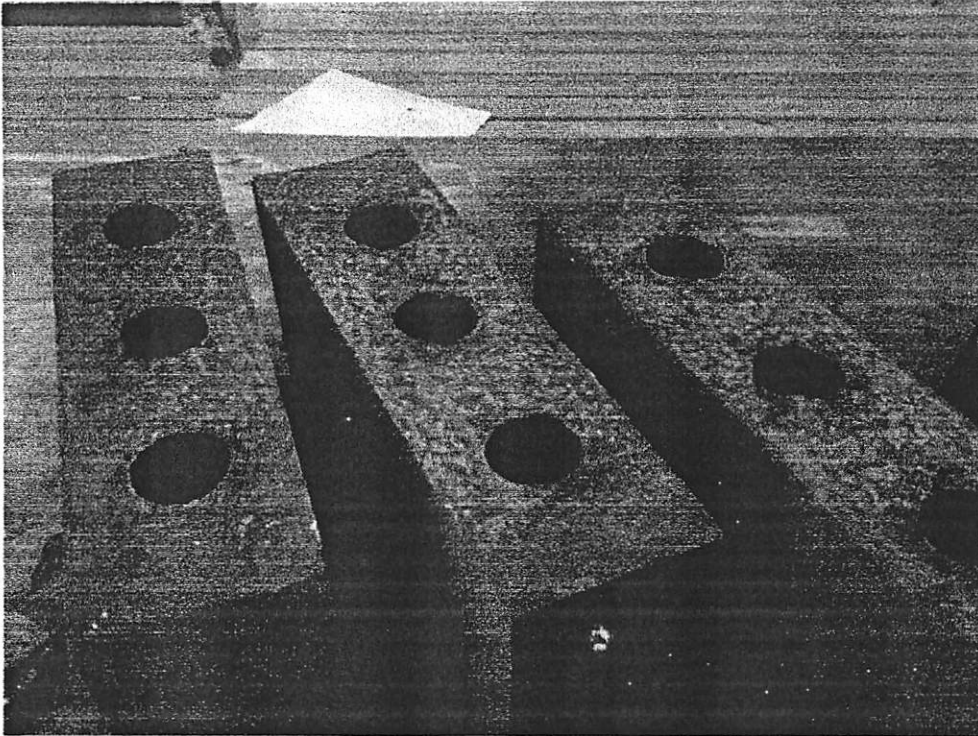


Gambar parutan Styrofoam

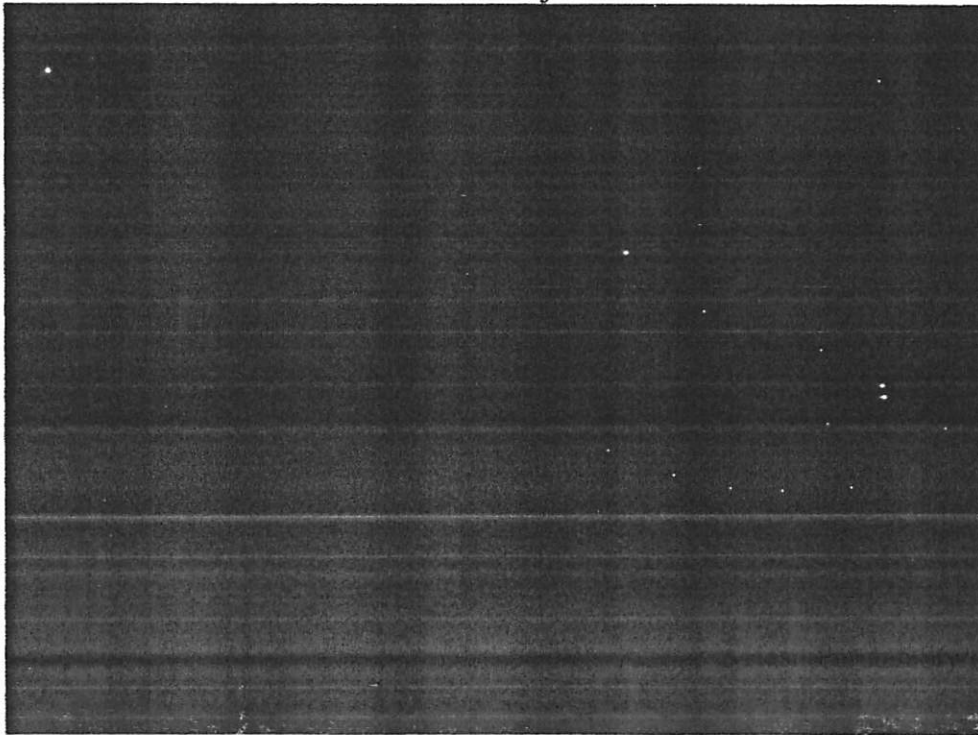


Hasil Parutan Styrofoam Limbah

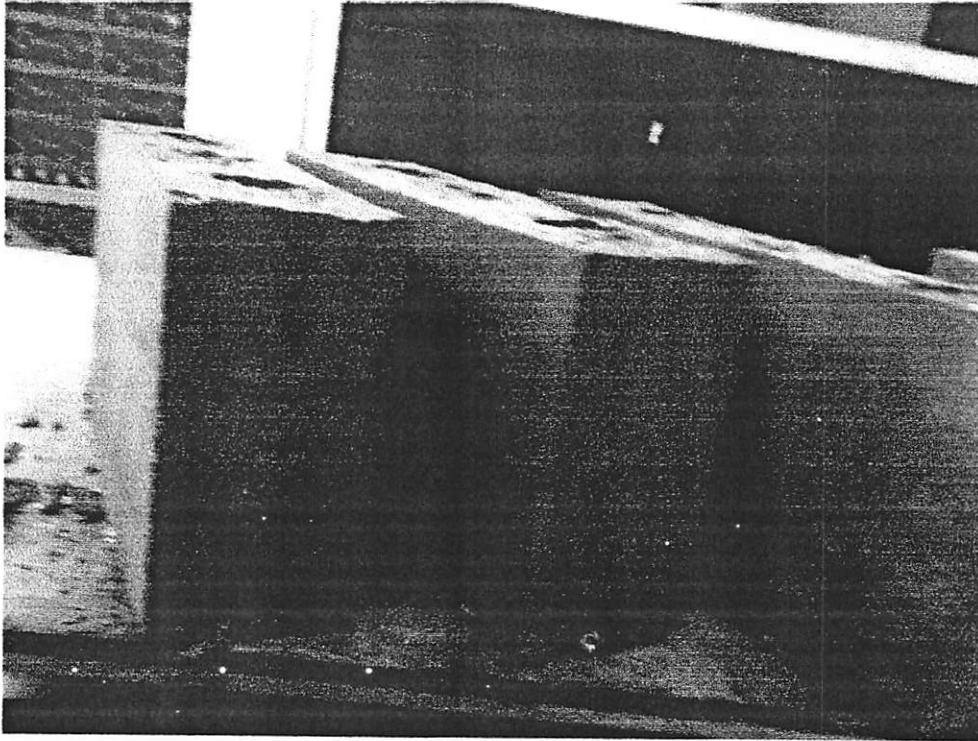
Gambar Benda uji Batako



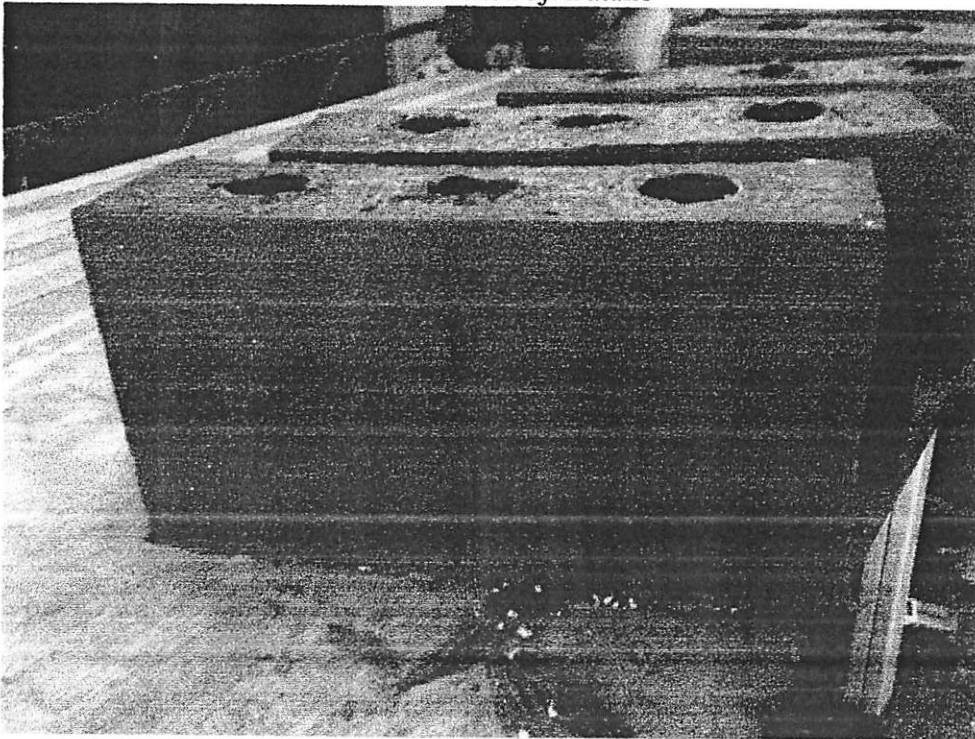
Gambar Benda uji Batako



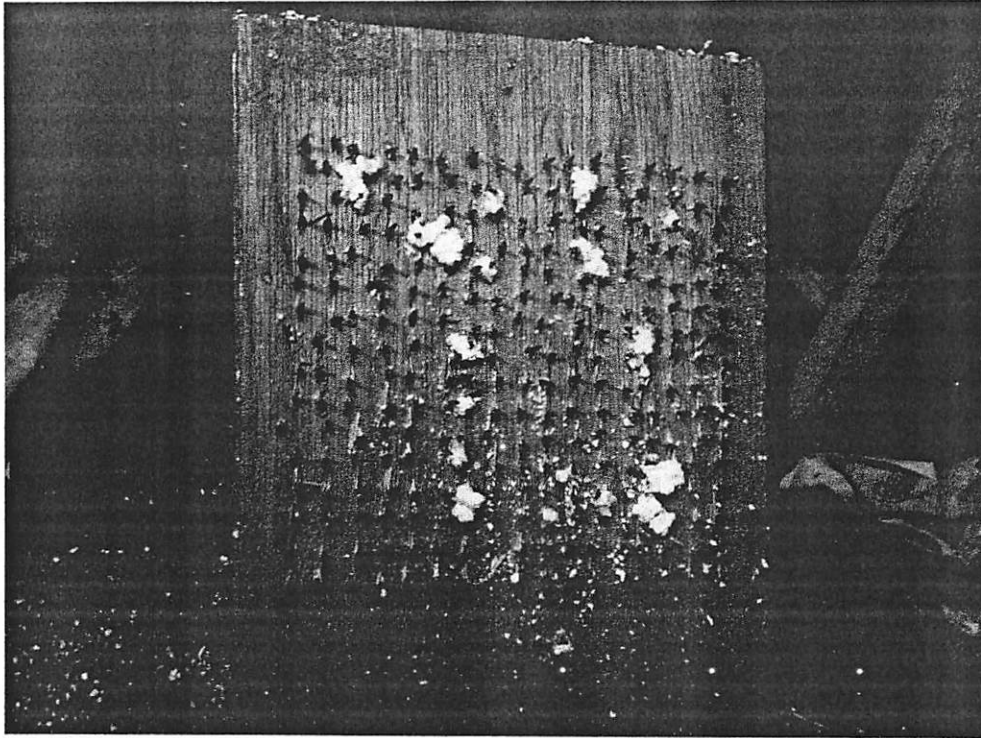
Hasil Parutan Styrofoam Limbah



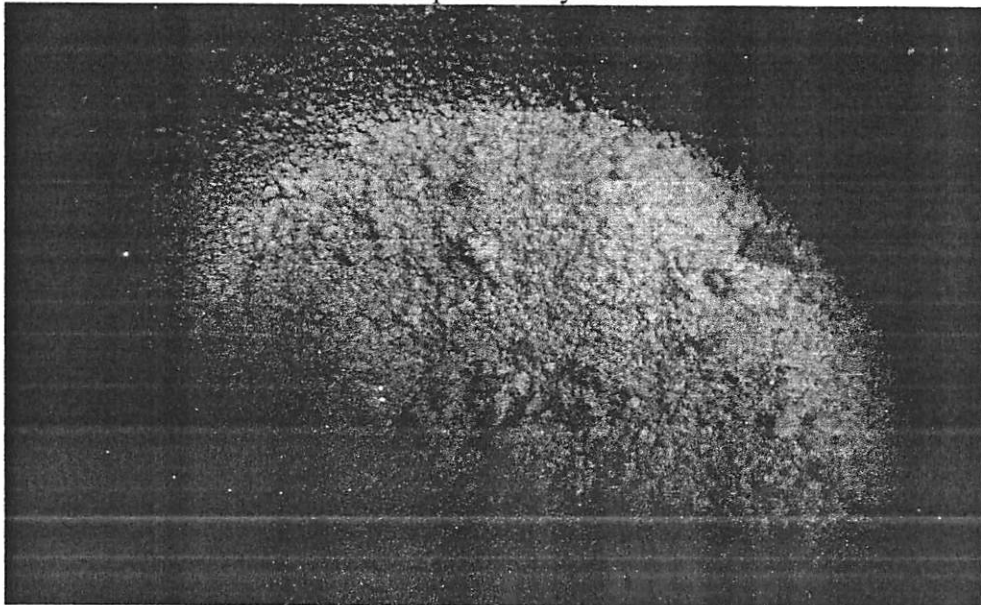
Gambar Benda uji Batako



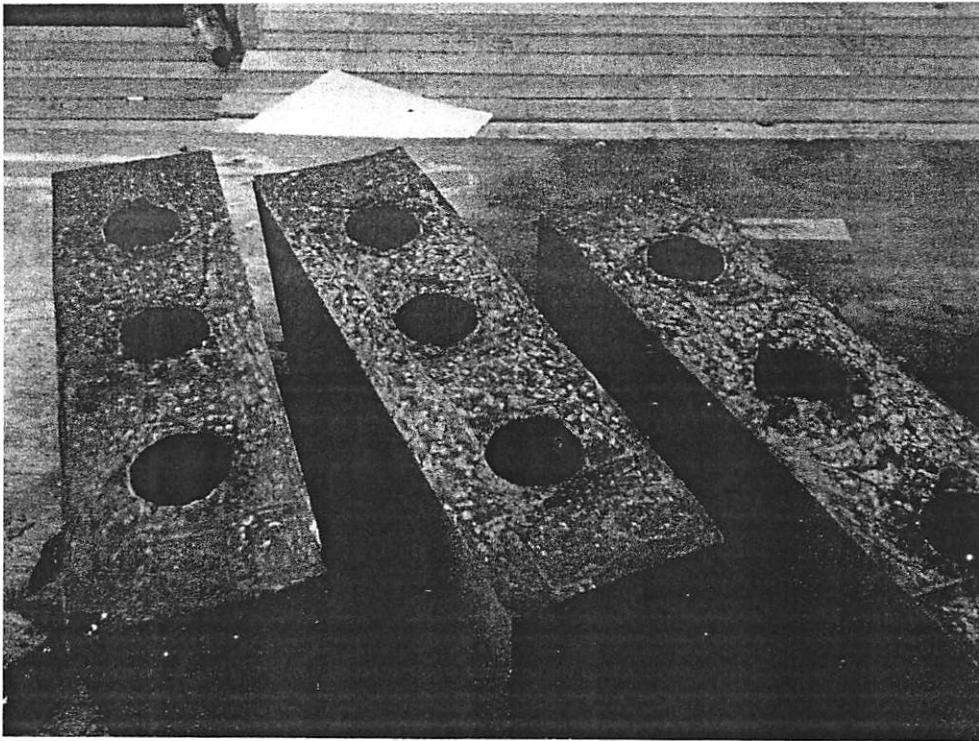
Gambar Dokumentasi



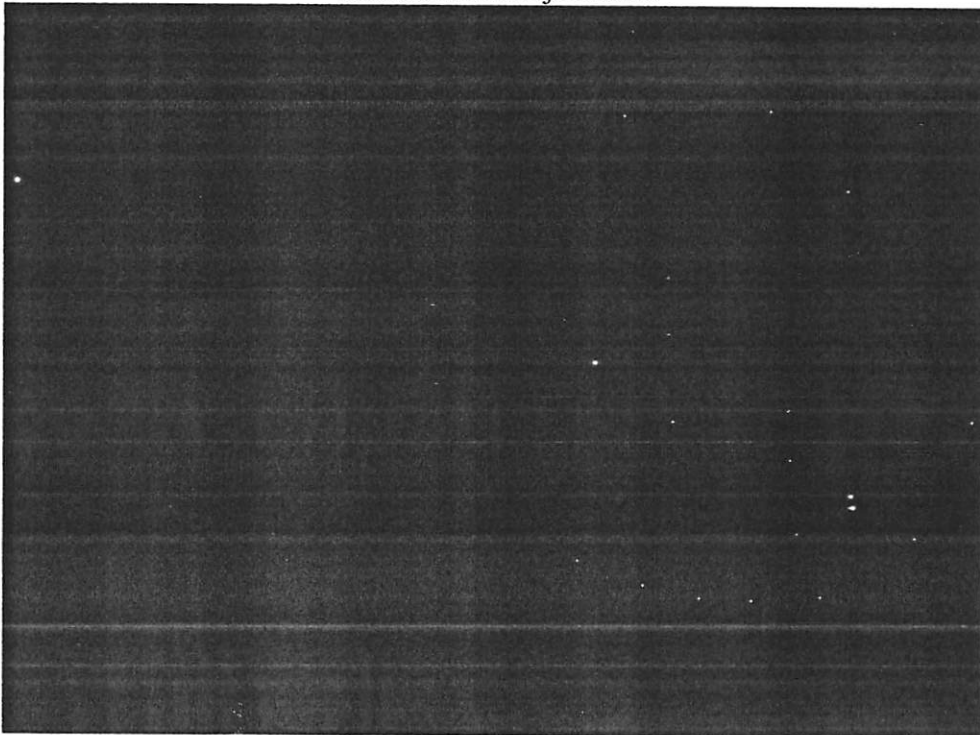
Gambar parutan Styrofoam



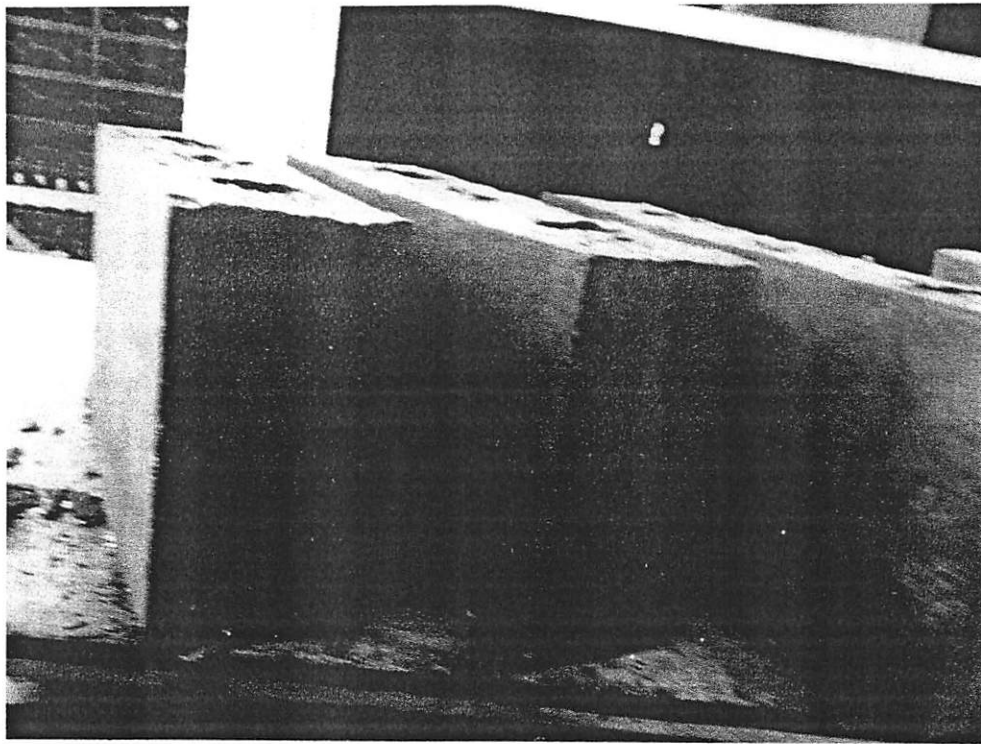
Hasil Parutan Styrofoam Limbah



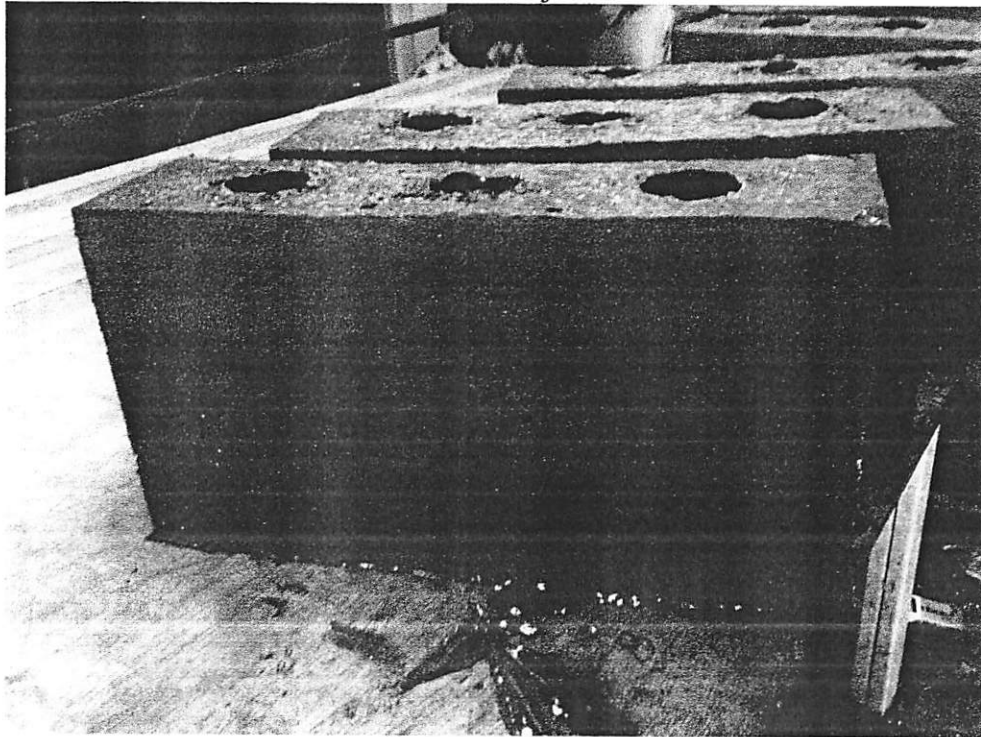
Gambar Benda uji Batako



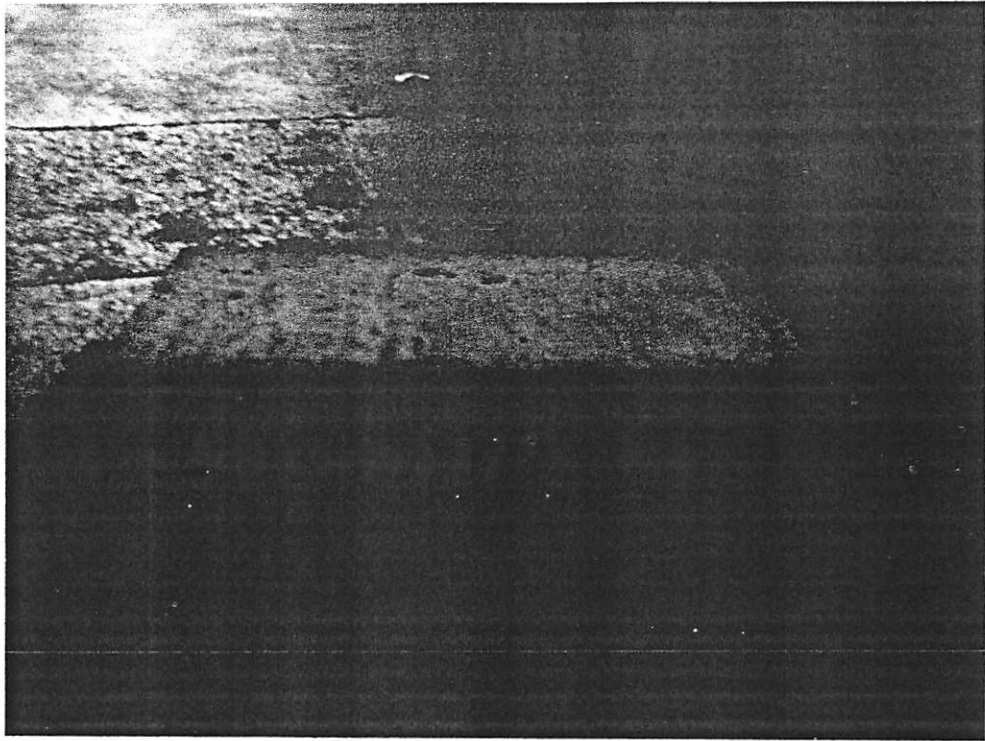
Gambar Benda uji Batu Bata



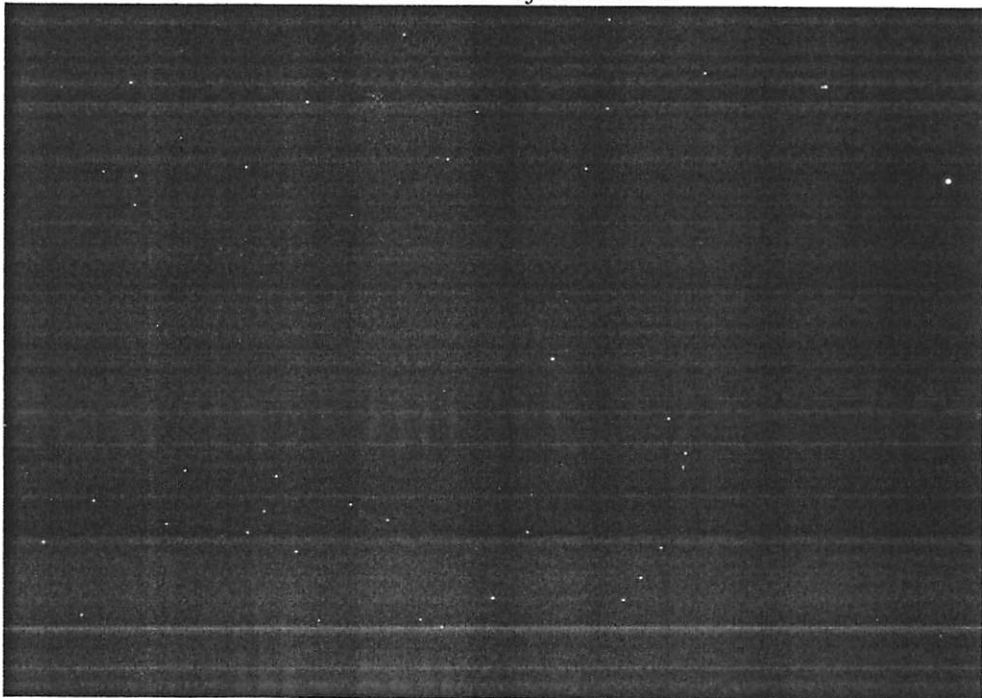
Gambar Benda uji Batako



Gambar Benda uji Batako



Gambar Benda uji Batu Bata



Gambar Benda uji Batu Bata



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN -073/I.TA/1/2009
Lampiran : -
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

16 Januari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. Bambang Wedyantadji, MT.**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di-

MALANG.

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan Saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Dwi Nugroho Adi S.**
NIM : **03.21.047.**
Jurusan : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :

" Penelitian pemanfaatan material styrofoam sebagai bahan pengisi pada pembuatan elemen dinding beton ringan".

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : 16 - 01 - 2010 s/d 15 - 07 - 2010. Apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan tetapi belum selesai, maka Mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami disampaikan banyak terima kasih.

Ketua Jurusan Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan



H. Hirijanto, MT
N.P. Y. 101 8800182

Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN -073/I.TA/1/2009
Lampiran : -
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

02 Pebruari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. A. Agus Santoso, MT.**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG.

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan Saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Dwi Nugroho A.S.**
NIM : **03.21.047.**
Jurusan : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :

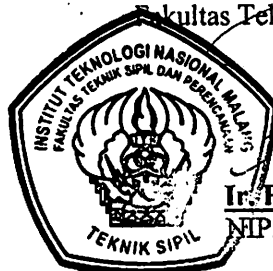
“ Penelitian pemanfaatan material Styrofoam sebagai pengisi pada pembuatan elemen dinding beton ringan “

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : 16 - 01 - 2010 s/d 15 - 07 - 2010. Apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan tetapi belum selesai, maka Mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami disampaikan banyak terima kasih.

Ketua Jurusan Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan



Ir. H. Hiriyanto, MT
NIP. Y. 101 8800182

Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Dwi Nugroho AS (03.21.047)
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Tugas : Tugas Akhir
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	20-1-2010	Rumusan masalah, Tujuan dan lingkup bahasan	
	+ 15-2-2010	Sesuai team dg Proposal	
2		Bab II tujuan penelitian, teori kurang lengkap	
		Bab III Rumus kurang lengkap, qbr salah	
		+ qbr yg sesuai bentuk	
3	11-2-10	Teori lengkap, lanjut Bab IV	
4	13-2-10	Analisa Hasil Sempurna	
5	19-2-10	Tabel ² Beri Nama 2 Nama	
		kesimpulan Sesuai dan Rumusan Masalah	
6	23-2-10	Susun Semua lengkap	
7	25-2-10	Ok	

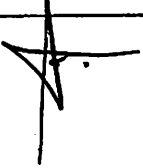
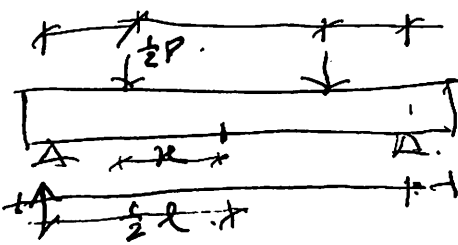
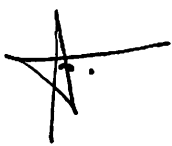
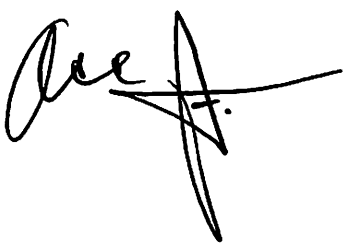


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Dwi Nugroho AS
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Tugas : Tugas Akhir
Dosen Pembimbing : Ir.A.Agus Santosa, MT

(03. 21. 047)

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	4-2-10	- Lay out . ok . - Permi ok.	
2	15-2-10	 $R_A = \frac{1}{2} P$ $M_{max} = (\frac{1}{2} P) \frac{1}{2} l - \frac{1}{2} P(x)$ $f_r = \frac{M_{max}}{W}$ $= \frac{M_{max}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot d^2}$	
3	22-2-10		



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : DWI NUGROHO ADI S.

NIM : 03.21.047

Hari / tanggal : Sabtu / 07-08-2010

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

1. Latar belakang → judul ✓
2. Judul → spesifiknya apa? ✓
3. Teori → beton ringan ✓
flyash ✓
4. Metodologi → rancangan penelitian ✓
bagian alir ✓
5. Nama tabel diatas ✓

tabel F_u ?

tabel S. Phileo?

$$f_c' = f_{cr} - (1,64 \cdot S)$$

pembahasan : Mengapa penambahan variasi styrofoam? → naik?
perbedaan styrofoam limbah & foto? → turun?

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 14-08- 2010

Dosen Pembahas

Malang, 07-08- 2010

Dosen Pembahas



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bencong Sigura-gura 2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : _____
NIM : 03.21.047
Hari / tanggal : Sabtu, 07 Agustus 10

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

1. Judul
2. Rumusan Masalah
3. Tujuan
4. Pegunaan

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010

Dosen Pembahas

Malang, _____ 2010

Dosen Pembahas



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG _____

Nama : Wri Nugraha
NIM : 0321017
Hari / tanggal : Selasa , 24 08 10

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

1. Judul
2. Rumusan Masalah
3. Tujuan & Kegunaan
4. Metodologi Penelitian
5. Daftar pustaka

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010
Dosen Penguji
[Signature] 2/09/10

Malang, _____ 2010
Dosen Penguji
[Signature]



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG PENELITIAN

Nama : DWI NUGROHO ADI SAPUTRO
NIM : 03.21.047
Hari / tanggal : Selasa / 24-08-2010

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Catatan belakang lebih ringkas
- Uraian pustaka diperluas / dikembangkan & diperjelas
 - Beton?
 - Beton ringan?
 - Styrofoam?
 - PFA?
- Sub Pok.
- cek/cermati tulisan/kata yg masih salah.
atake nama sbr.
- Uraian kata-kata :
 - M?
 - W?
- tabel S. Philao?

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 02-09-2010

Dosen Penguji

Malang, 24-08-2010

Dosen Penguji

FATWA-FATWA BERTUAH PUJANGGA

Assalamualaikum Wr, Wb.

Aku berlindung kepada Allah dari godaan syaitan yang terkutuk.

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam.

Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.

Yang menguasai hari pembalasan.

Hanya kepada Engkaulah kami menyembah dan hanya kepada Engkau (pula) kami memohon pertolongan.

Tunjukilah kami jalan yang lurus.

(Yaitu) jalannya orang-orang yang telah Engkau anugerahi nikmat kepada mereka, bukan (jalan) mereka yang dimurka, dan bukan (jalan pula) mereka yang sesat.

Semoga Allah mengkabulkan permohonan kami. (Surat Al-Fatihah)

“Barang siapa yang mempunyai ilmu kemudian diamalkan dan diajarkan, maka dia memperoleh gelar seorang yang besar di alam langit.” (Nabi Isa a.s)

“Satu bab daripada ilmu yang dipelajari oleh orang laki-laki adalah lebih baik baginya daripada dunia dan isinya.” (HR. Ibnu Hibban)

- *Perjuangan tanpa usaha adalah bohong.*
- *Perjuangan tanpa Doa adalah sombong.*
- *Perjuangan tanpa pengorbanan adalah omong kosong.(Soneta)*

Keutamaan Yakin

“Sesungguhnya sedikitnya yakin, apabila sampai kedalam hati, maka penuhlah hati itu oleh cahaya dan hilanglah semua keraguan dan menjadi penuh kesyukuran dan merasa takut hanya kepada Allah SWT.” (Abu Abdillah Al Anthaki)

Ketahuiilah bahwa jikalau kita setia dalam mengerjakan perkara-perkara kecil maka ALLAH SWT akan mempercayakan perkara-perkara yang lebih besar karena Dia Tahu kita sanggup mengerjakannya dengan penuh kesabaran

Wassalamualaikum, Wr, Wb