

SKRIPSI

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



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

Disusun oleh :

**ROBBY HADI SUKMANA
(03.21.056)**

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

LEMBAR PERSETUJUAN

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

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

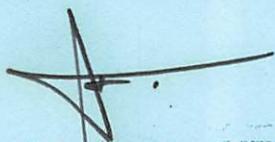
ROBBY HADI SUKMANA

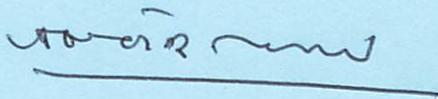
03.21.056

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. A. Agus Santosa, MT.


Ir. H. Sudirman Indra, Msc.

Mengetahui :

Ketua Jurusan 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 BATA

SKRIPSI

*Dipertahankan Dihadapan 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 :

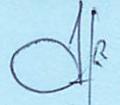
ROBBY HADI SUKMANA
03.21.056

Disahkan Oleh :

Ketua


(Ir. H. Hirijanto, MT.)

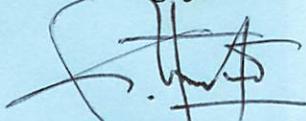
Sekretaris



(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 : Robby Hadi Sukmana
Nim : 03.21.056
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 BATA

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



(Robby Hadi Sukmana)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan hidayah – Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penelitian Pemanfaatan Material Styrofoam Pabrik Sebagai Bahan Pengisi Pada Pembuatan Elemen Dinding Beton Ringan Dengan Benda Uji Bata” ini yang merupakan salah satu prasyarat yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S – 1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, diantaranya :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Dekan FTSP Institut Teknologi Nasional Malang sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu penyelesaian Skripsi ini dan sekaligus pula sebagai dosen pengajar Struktur Beton Bertulang.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S – 1 Institut Teknologi Nasional Malang sekaligus Anggota Dewan Penguji pada Ujian Skripsi ini.
4. Ibu Lila Ayu Ratna W., ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S – 1 Institut Teknologi Nasional Malang.

5. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang sekaligus dosen pengajar Struktur Beton Bertulang.
6. Bapak Ir. H. Sudirman Indra, MSc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu penyelesaian Skripsi ini
7. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku Anggota Dewan Penguji Ujian Skripsi ini.
8. Mas Mahfud selaku Asisten Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang
9. Orang Tua n Keluarga saya tercinta yang selalu support dengan Doa dan Materi yang telah diberikan.
10. Istri dan Anak Saya Tercinta yang selalu memberi inspirasi untuk mencari Uang.
11. Buat temen – temen seperjuangan Teknik Sipil ‘ 03 yang telah member dukungan selama kuliah di ITN Malang.

Saya sangat menyadari bahwa di dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan karena adanya keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang saya miliki. Oleh karena itu, saya mengharapkan berbagai kritik dan saran yang bersifat membangun untuk tercapainya hasil yang lebih baik. Harapan saya semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amien.....

Malang, September 2010

Penyusun

ABSTRAKSI

Robby Hadi Sukmana (03.21.056), 2010, **“PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM LIMBAH SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATA”**. Dosen Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT., Dosen Pembimbing II : Ir. H. Sudirman Indra, Msc.

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 nonstruktur sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dinding partisi sebagai pengganti batu bata konvensional. Pemilihan bahan Styrofoam 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. 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 1.21 MPa. Berdasarkan hasil pengujian beton, maka beton ringan dengan menggunakan komposisi Styrofoam Limbah 10% sampai 25%. Semakin besar kadar styrofoam maka semakin kecil berat jenis, kuat tekan, 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 struktur untuk dimanfaatkan sebagai bahan dinding yang memikul beban.

Kata kunci: Beton ringan, Pulverized fly ash, Styrofoam limbah.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK	xi
ABSTRAKSI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Kegunaan Penelitian	6
1.5. Batasan Masalah	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Klasifikasi Beton Berdasarkan Fungsi dan Penggunaannya	8
2.2. Hasil Penelitian Beton Ringan Terdahulu	11
2.3. Teori Mortar	15
2.3.1 Jenis Mortar	15
2.3.2 Benda Uji	17

2.4.	Teori Kuat Lentur	17
2.5.	Teori Kuat Tekan	21
2.5.1	Pengujian Kuat Tekan Mortar	24
2.5.2	Mesin Uji Kuat Tekan	24
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.2.	Standar Penelitian	25
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.4.	Pelaksanaan Penelitian	28
3.4.1.	Perencanaan Campuran Beton Ringan	29
3.4.2.	Pembuatan Benda Uji	29
3.4.3.	Perawatan Benda Uji (Curing)	35
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	36
4.1.	Pemeriksaan Bahan Penyusun Elemen Dinding Beton Ringan	36
4.2.	Pengujian Mortar	36
4.3.	Pengujian Kuat Tekan	44
4.4.	Pengujian Kuat Lentur	58
4.5.	Pembahasan Hasil Analisa	64
4.5.1.	Mortar	64
4.5.2.	Kuat Tekan	65
4.5.3.	Kuat Lentur	65
4.5.4.	Hipotesis	66

4.5.5. Tinjauan Biaya	68
BAB V PENUTUP	71
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya	10
Tabel 2.2.	Spesifikasi Weather Panel	14
Tabel 3.1.	Standar yang dipakai dalam penelitian material	25
Tabel 3.2.	Standar yang dipakai dalam penelitian mortar	26
Tabel 3.3.	Benda Uji (perb. berat Semen, Air, PFA, Styrofoam toko)	29
Tabel 3.4.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Mortar	33
Tabel 3.5.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Silinder	33
Tabel 3.6.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Balok	34
Tabel 3.7.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Bata	34
Tabel 4.1.	Hasil uji material pengisi beton ringan	36
Tabel 4.2.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	37
Tabel 4.3.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	38
Tabel 4.4.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %.....	40
Tabel 4.5.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	42
Tabel 4.6.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Mortar	43

Tabel 4.7.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	44
Tabel 4.8.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	45
Tabel 4.9.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	47
Tabel 4.10.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	49
Tabel 4.11.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Silinder	50
Tabel 4.12.	Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	51
Tabel 4.13.	Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	52
Tabel 4.14.	Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	54
Tabel 4.15.	Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	56
Tabel 4.16.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Bata	57
Tabel 4.17.	Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	58
Tabel 4.18.	Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	59

Tabel 4.19. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	60
Tabel 4.20. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	60
Tabel 4.21. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Persentase campuran dengan Benda Uji Balok	60
Tabel 4.22. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	61
Tabel 4.23. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	62
Tabel 4.24. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	62
Tabel 4.25. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	63
Tabel 4.26. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Presentase campuran dengan Benda Uji Bata	63
Tabel 4.27. Perbandingan Mutu Kuat Tekan Beton Ringan	66
Tabel 4.28 Perhitungan Biaya Campuran Beton Ringan Dengan Styrofoam Toko	68
Tabel 4.29 Perhitungan Biaya Campuran Beton Ringan Dengan Styrofoam Limbah	68
Tabel 4.30 Perbandingan Mutu Kuat Tekan dan Harga	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan antara berat jenis dan persentase penggunaan styrofoam	11
Gambar 2.2. Hubungan antara kuat tekan dan persentase penggunaan styrofoam	12
Gambar 2.3. Hubungan antara kuat lentur dan persentase penggunaan styrofoam	13
Gambar 2.4. Benda Uji Kuat Tekan Mortar	17
Gambar 2.5. Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Pada Balok	18
Gambar 2.6. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Sampel	23
Gambar 2.7. Pengujian Kuat tekan Silinder	23
Gambar 2.8. Mesin Uji Kuat Tekan	24
Gambar 3.1. Peralatan Slump Test	31
Gambar 3.2. Ilustrasi Pengujian Slump	32
Gambar 4.1. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar	36

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Mortar	43
Grafik 4.2.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Silinder	50
Grafik 4.3.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Bata	58
Grafik 4.4.	Perbandingan Berat Benda Uji Dan Kuat Tarik lentur Beton Dengan Benda Uji Balok	61
Grafik 4.5.	Perbandingan Berat Benda Uji Dan Kuat Tarik lentur Beton Dengan Benda Uji Bata	64
Grafik 4.6.	Perbedaan Berat Jenis	66
Grafik 4.7.	Perbedaan Kuat Tekan	67
Grafik 4.8.	Perbandingan Bahan Styrofoam Limbah dan Toko	69
Grafik 4.9.	Perbandingan Antara Kuat Tekan dan Harga	70

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. Disisi lain, pembangunan rumah tinggal dengan biaya yang murah merupakan program yang senantiasa diupayakan pemerintah dan didambakan oleh masyarakat pada saat ini. Berbagai peristiwa alam seperti gempa bumi dan tsunami yang sering terjadi belakangan ini juga menuntut kita untuk selalu berinovasi dalam desain rancang bangun. Inovasi dan produksi terhadap panel dinding rumah yang murah, pemasangan yang cepat, tahan terhadap cuaca dan tidak membahayakan penghuninya akibat gangguan gempa pada saat ini sangat dibutuhkan.

Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi atau dengan kata lain memperingan beban struktur sehingga struktur akan lebih cocok untuk daerah rawan gempa. Beton ringan merupakan salah satu material ringan pembentuk struktur. Dalam pembuatan beton ringan salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan yaitu dengan memanfaatkan material styrofoam dan pulverized fly ash sebagai bahan pengisi pada pembuatan elemen dinding beton ringan.

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 dari styrofoam limbah dengan styrofoam pabrik pada campuran beton ringan sebagai bahan pengisi ?
2. Berapa besar selisih kekuatan beton antara benda uji yang menggunakan styrofoam limbah dengan benda uji yang menggunakan styrofoam pabrik pada benda uji bata antar variasi campuran ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui mutu terbaik dari variasi benda uji yang ada.
2. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan kuat tekan dan kuat lentur pada variasi campuran penambahan Styrofoam Limbah.

1.4 Kegunaan Penelitian

a. Bagi peneliti :

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

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

b. Bagi lembaga pendidikan :

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

Diharapkan dari hasil penelitian ini akan didapatkan beton ringan yang kuat, awet, mudah dikerjakan, dan mempunyai kontribusi besar dalam menciptakan rumah yang bisa mengurangi kerusakan akibat gempa serta tidak membahayakan penghuninya jika terjadi gempa.

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, PFA dari PLTU Paiton, Air PDAM Malang dan Styrofoam Limbah.
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 yang terdiri dari :

Semen :	PFA :	Styrofoam limbah
• 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 Limbah dengan Styrofoam Pabrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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.

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.

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

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 (*pernise*).

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.

Pada tabel dibawah ini Satyarno (2004) memperlihatkan pembagian penggunaan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan minimum yang harus dipenuhi.

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 pemasangan batu (<i>Masonry Concrete</i>)	500 – 800	7 - 14
	Beton ringan penahan panas (<i>Insulating Concrete</i>)	< 800	0.7 - 7

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.

2.2. 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 $13 - 16 \text{ kg/m}^3$.

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.

2.3. 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*). PFA selain sebagai material cementitious juga berfungsi sebagai pengisi beton (*filler*).

Keuntungan menggunakan PFA pada beton:

1. Dapat menggantikan semen karena bersifat pozzolanic.

Menurut ASTM C 618-96 (Tjokrodimuljo, 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 %.

2.4. Komposisi Campuran

Setelah didapat informasi awal dari material – material di atas dan dengan meninjau keuntungan – keuntungan yang terdapat pada Styrofoam dan PFA, maka dilakukan perencanaan campuran agar diketahui perbandingan yang optimum antara Semen dan PFA. Setelah mendapatkan komposisi campuran Semen dan PFA yang tepat, maka didapat prosentase campuran bahan material beton dengan menggunakan Semen : PFA : Styrofoam Pabrik tanpa agregat kasar seperti terlihat di bawah ini :

- 45 % : 45 % : 10 %
- 42.5 % : 42.5 % : 15 %
- 40 % : 40 % : 20 %

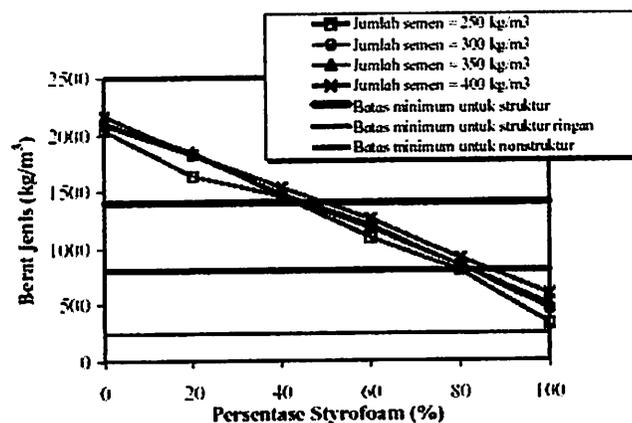
- 37.5 % : 37.5 % : 25 %

Dalam campuran beton ini, tidak digunakan pasir sebagai gantinya digunakan Styrofoam Limbah dengan bentuk benda uji batu bata.

Setelah komposisi didapat, maka dibuat elemen dinding yang kemudian perilaku benda uji dites layaknya untuk material dinding yang mengalami tekan dan lentur.

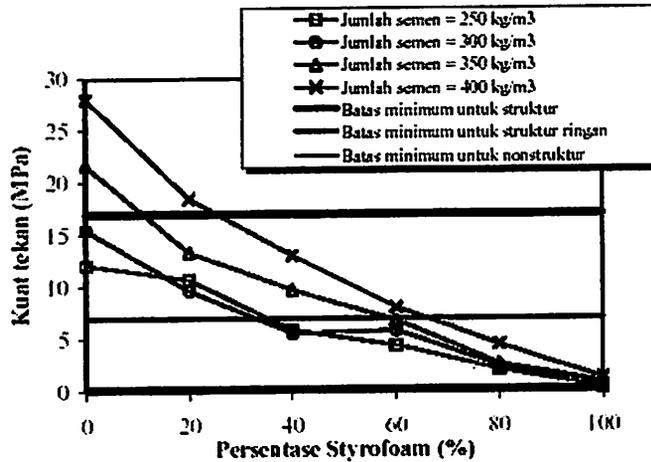
2.5. Hasil Penelitian Beton Ringan Terdahulu

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 :

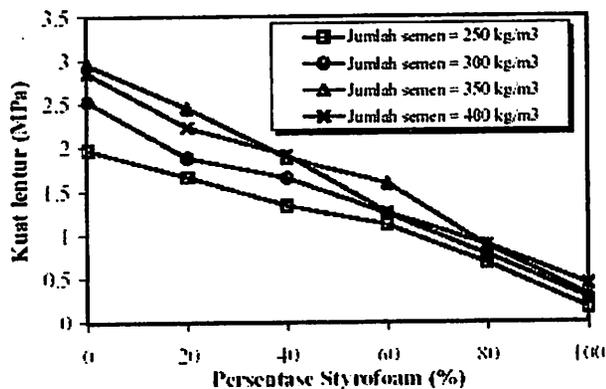


Gambar 2.2 Hubungan antara kuat tekan dan persentase penggunaan styrofoam

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 Strength(longitudinal)	4.27 Mpa
Flexural Strength(tranverse)	4118 N
Moisture movement	0.06%
Moisture content	9%
Resistence 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

Sumber : iklan perusahaan yang bersangkutan

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

1. Mempunyai berat dinding hanya 1/5 sampai 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.

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**

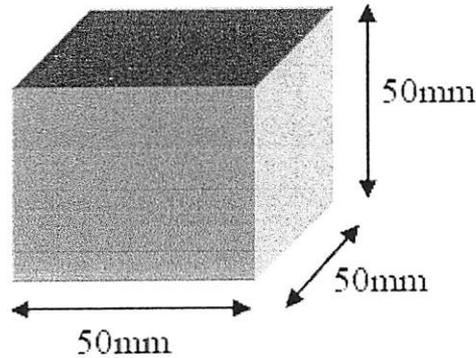
Mortar semen dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada kedua mortar sebelumnya, oleh karena itu biasa dipakai 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

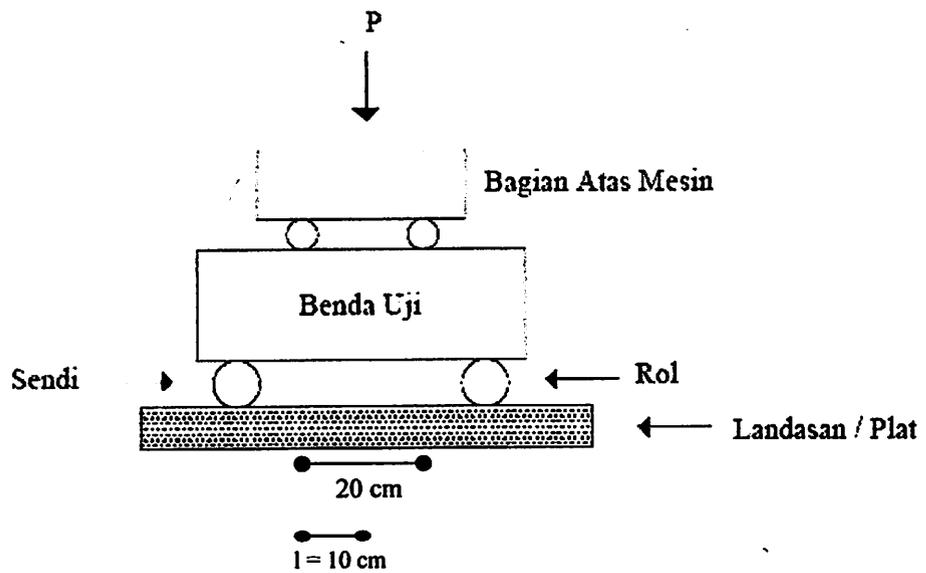
Pada penelitian ini dibuat satu macam bentuk benda uji mortar, yaitu berbentuk kubus dengan ukuran : 50 x 50 x 50 mm seperti dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



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 batu bata berukuran 6 x 12 x 27 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 Ditengah 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 :

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

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

- Momen Ditengah Bentang :

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

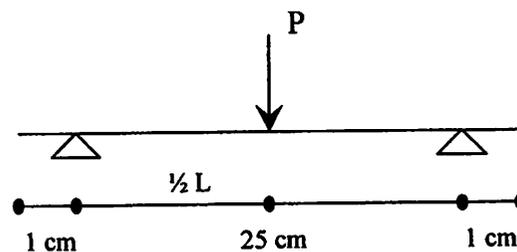
- Momen Tahanan :

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

- Kuat Lentur :

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

Sedangkan untuk benda uji Bata berukuran 6 x 12 x 27 cm, maka rumus bisa didapat dengan perhitungan seperti dibawah ini :



- Momen Ditengah Bentang :

$$\begin{aligned} M &= 1/2 P \cdot 1/2 L \\ &= 1/4 PL \end{aligned}$$

- Momen Tahanan :

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

- Kuat Lentur :

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

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 :

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

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 C₃S dan C₂S 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 :

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

Dimana : P = Beban Maksimum (Kg)

A = Luas Penampang benda uji (cm²)

Fu = Faktor umur

b. Kuat Tekan Rata – Rata (f_{cr}) :

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

Dimana : f'_{ci} = Jumlah kuat tekan beton antara benda uji

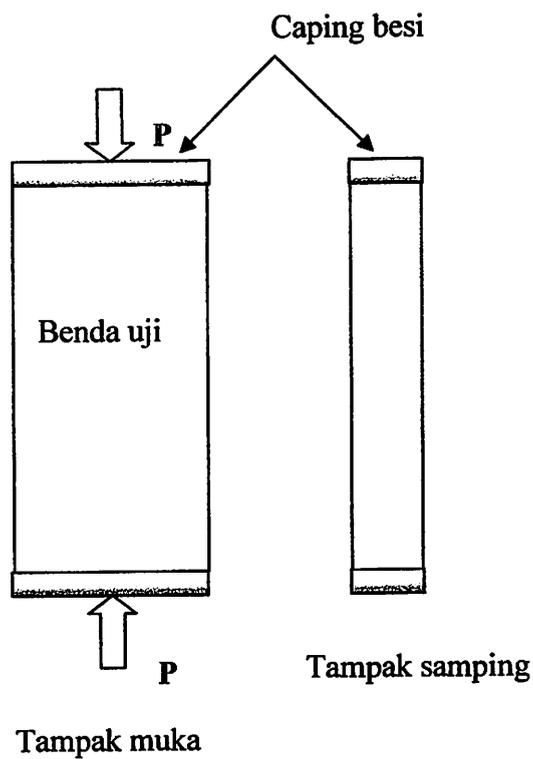
n = Jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan

c. Simpangan Baku (S)

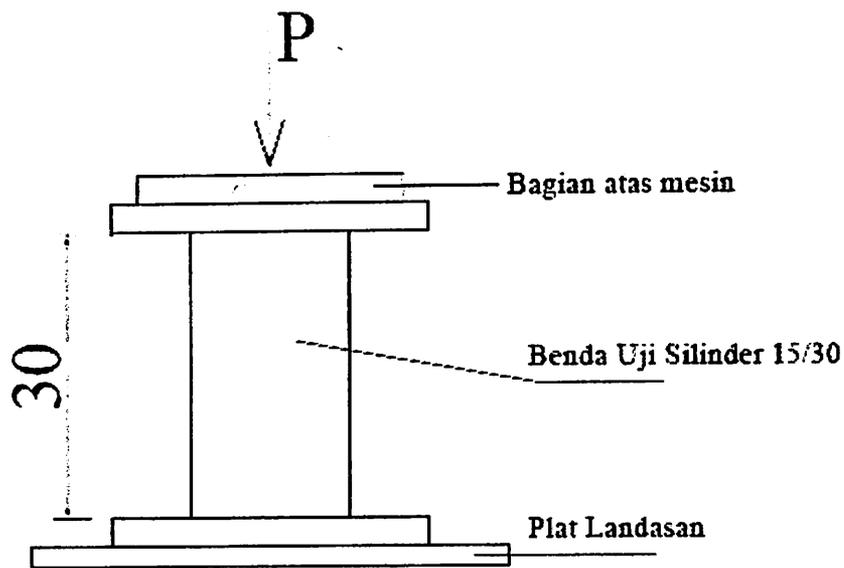
$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

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

2.8.1. Pengujian Kuat Tekan Mortar

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 :

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

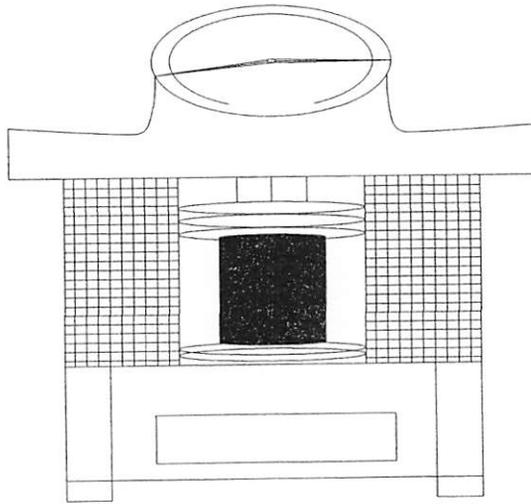
Dimana : $f'c$ = Kuat tekan mortar (Kg/cm²)

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 ITN Malang.



3.2. Standar Penelitian

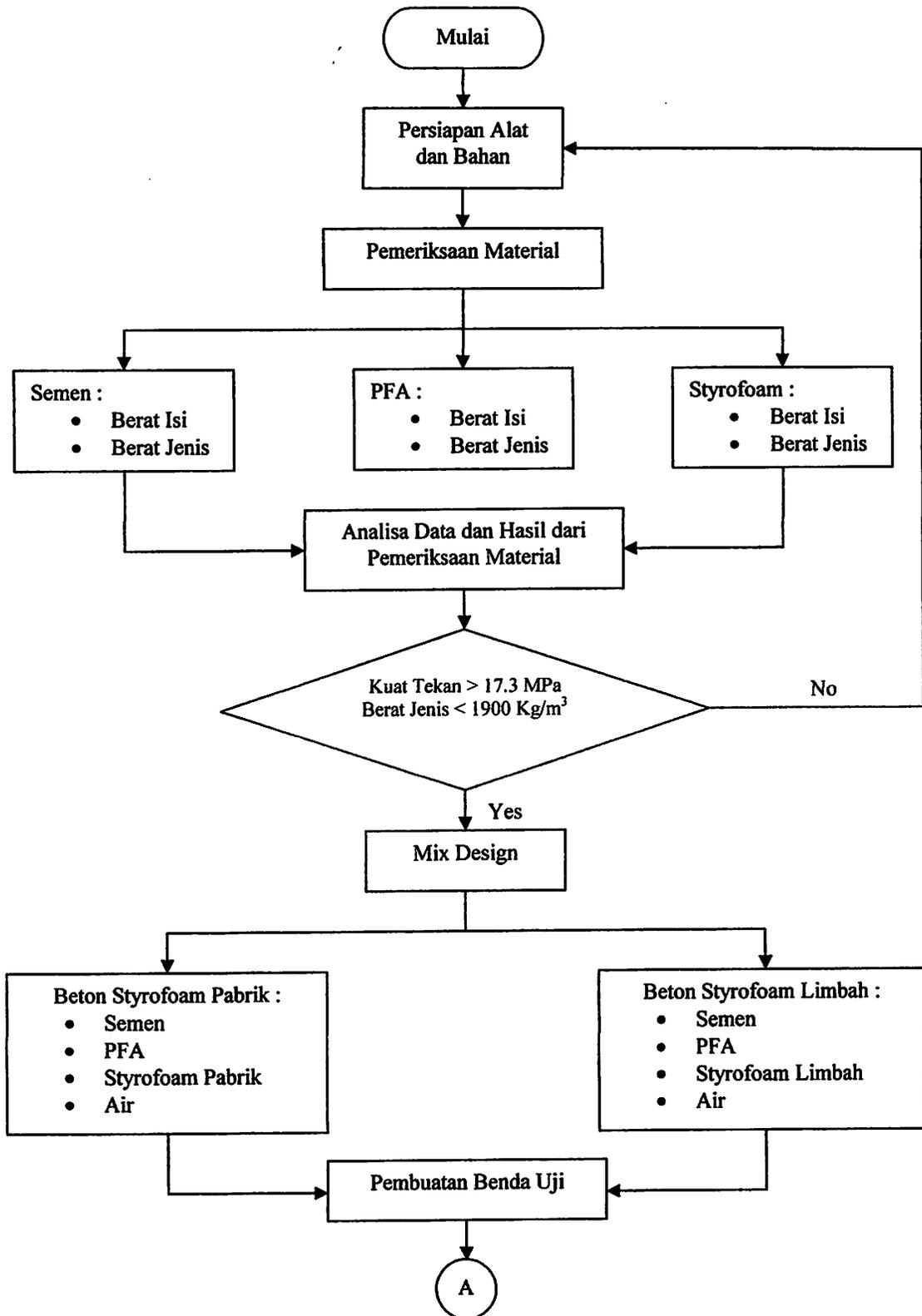
Untuk melaksanakan penelitian ini, standar yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1.

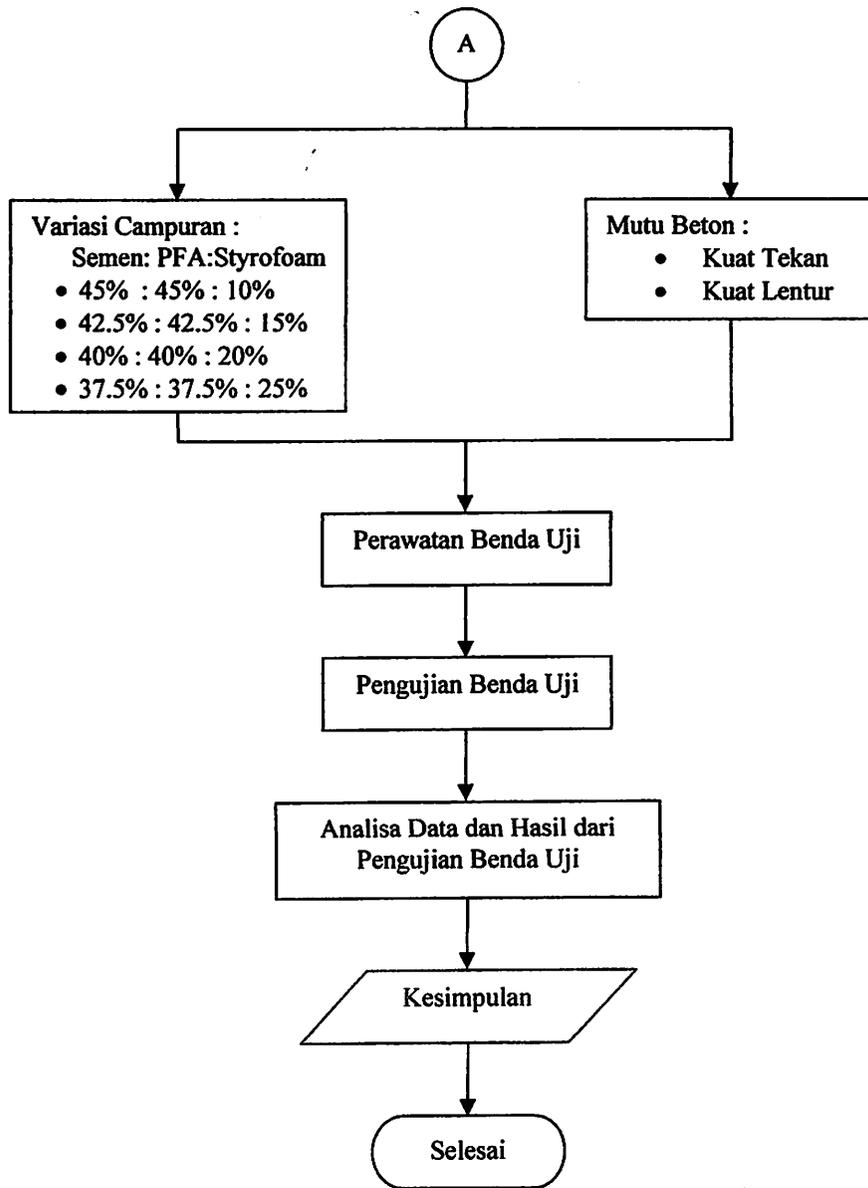
Tabel 3.1 Standar yang dipakai dalam penelitian material

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, specific 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.

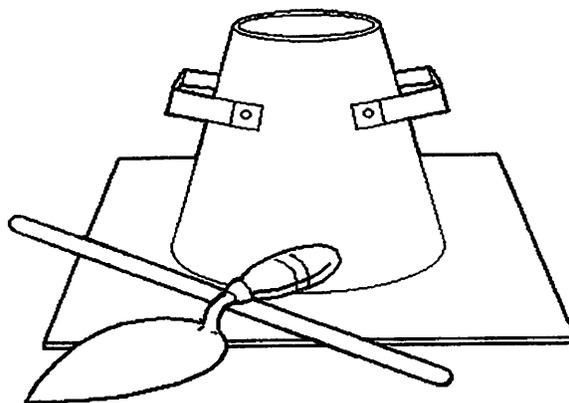
Bahan – bahan atau material yang ada kemudian ditimbang sesuai perbandingan dan kapasitas cetakan benda uji yang digunakan.

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.



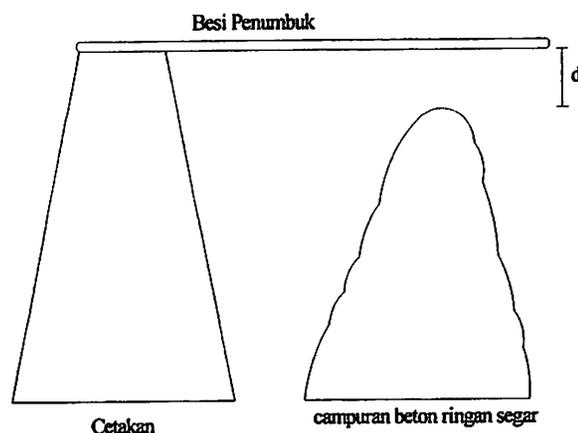
Gambar 3.3 Peralatan Slump Test

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 1/3 isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan

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 (cm ³)	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 (cm ³)	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 (cm ³)	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 Bata

Tanggal Pengecoran	Prosentase (%)			Jumlah	Volume (cm ³)	Kebutuhan Bahan		Slump (mm)
	S	PFA	Sty			gr		
5/12/09	45	45	10	4	7776	S	5415.712	93
						PFA	8083.152	
						Sty	13.686	
5/12/09	40	40	20	4	7776	S	4813.966	85
						PFA	7185.024	
						Sty	27.372	
7/12/09	37.5	37.5	25	4	7776	S	4513.093	87
						PFA	6735.960	
						Sty	34.214	
7/12/09	42.5	42.5	15	4	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

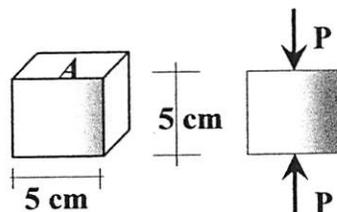
No.	Jenis Material	Jenis Pengujian	Nilai	Keterangan
1.	Semen	Berat volume	1.407 (gr/cm ³)	Kondisi kering
2.	PFA	Berat volume	2.1 (gr/cm ³)	Kondisi kering
3.	Styrofoam Toko	Unit weight	0.016 (gr/cm ³)	Kondisi kering

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 Torsse'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 Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

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	0.265	6100	244	244
2				17/11/09	17/12/09	28	0.236	4600	184	184
3				17/11/09	17/12/09	28	0.258	5500	220	220
4				17/11/09	17/12/09	28	0.265	6000	240	240

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

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

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

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

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

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(244 - 222)^2 + (184 - 222)^2 + (220 - 222)^2 + (240 - 222)^2}{4-1}} \\
 &= 27.423 \text{ Kg/cm}^2 = 2.74 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times (2.74)) \\
 &= 22.2 - 4.494 \\
 &= 17.71 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3. Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %

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	0.247	5200	208	208
2				3/11/09	3/12/09	28	0.242	5100	204	204
3				3/11/09	3/12/09	28	0.241	5000	200	200
4				3/11/09	3/12/09	28	0.235	3800	152	152

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{5200}{25} \\ &= 208 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A.Fu} \\ &= \frac{5200}{25.1} \\ &= 208 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'c}{n} \\ &= \frac{764}{4} \\ &= 191 \text{ Kg/cm}^2 = 19.1 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(208 - 191)^2 + (204 - 191)^2 + (200 - 191)^2 + (152 - 191)^2}{4-1}} \\ &= 26.204 \text{ Kg/cm}^2 = 2.62 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1,64 \times (2,62))$$

$$= 19,1 - 4,297$$

$$= 14,80 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.4. Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %

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	0.246	4800	192	192
2				19/11/09	12/12/09	28	0.243	4200	168	168
3				19/11/09	12/12/09	28	0.242	4000	160	160
4				19/11/09	12/12/09	28	0.237	3800	152	152

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

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

$$= \frac{4800}{25}$$

$$= 192 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$= \frac{4800}{25,1}$$

$$= 192 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

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

$$= \frac{672}{4}$$

$$= 168 \text{ Kg/cm}^2 = 16.8 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(192 - 168)^2 + (168 - 168)^2 + (160 - 168)^2 + (152 - 168)^2}{4-1}}$$

$$= 17.282 \text{ Kg/cm}^2 = 1.73 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1.64 \times (1.73))$$

$$= 16.8 - 2.837$$

$$= 14.56 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.5. Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %

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/cm2)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty							
1	37.5	37.5	25	29/10/09	28/11/09	28	0.251	3500	140	140
2				29/10/09	28/11/09	28	0.231	3200	128	128
3				29/10/09	28/11/09	28	0.245	3400	136	136
4				29/10/09	28/11/09	28	0.229	2900	116	116

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

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

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{3500}{25 \cdot 1} \\ &= 140 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- 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

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

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

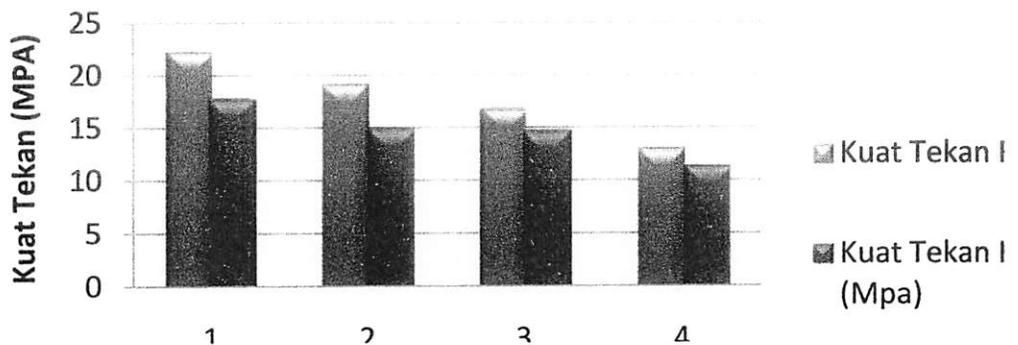
$$= 13 - 1,735$$

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

Tabel 4.6. Nilai Kuat Tekan 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	17.71
2	42.5	42.5	15	19.1	14.80
3	40	40	20	16.8	14.56
4	37.5	37.5	25	13	11.265

Grafik 4.1 Kuat Tekan Dengan Benda Uji Mortar



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. Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

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

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

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

- 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

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1,64 \times (3.20)) \\
 &= 24.889 - 5.248 \\
 &= 19.64 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8. Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %

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

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

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

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'_c}{n} \\ &= \frac{336.566}{2} \\ &= 168.283 \text{ Kg/cm}^2 = 16.828 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(132.929 - 168.283)^2 + (203.636 - 168.283)^2}{2-1}} \\ &= 49.997 \text{ Kg/cm}^2 = 5.0 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1,64 \times (5,0))$$

$$= 16.828 - 8.2$$

$$= 8.628 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.9. Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %

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/cm ²)	Teg. Hancur 28 hari (Kg/cm ²)
	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	135.758	135.758

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{30000}{(3,14 \times 7,5^2)} \\ &= 169.697 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{30000}{(3,14 \times 7,5^2) \times 1} \\ &= 169.697 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\
 &= \frac{305.455}{2} \\
 &= 152.727 \text{ Kg/cm}^2 = 15.273 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(169.697 - 152.727)^2 + (135.758 - 152.727)^2}{2-1}} \\
 &= 23.999 \text{ Kg/cm}^2 = 2.40 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times (2.40)) \\
 &= 15.273 - 3.936 \\
 &= 11.34 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10. Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %

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	181.010	181.010

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

Tegangan hancur riil :
$$f_c = \frac{P}{A}$$
$$= \frac{29000}{(3.14 \times 7.5^2)}$$
$$= 164.04 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan hancur 28 hari : $f'_{ci} = \frac{P}{A \cdot Fu}$
$$= \frac{29000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1}$$
$$= 164.04 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

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

- Standar deviasi

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

- Kuat tekan karakteristik beton

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

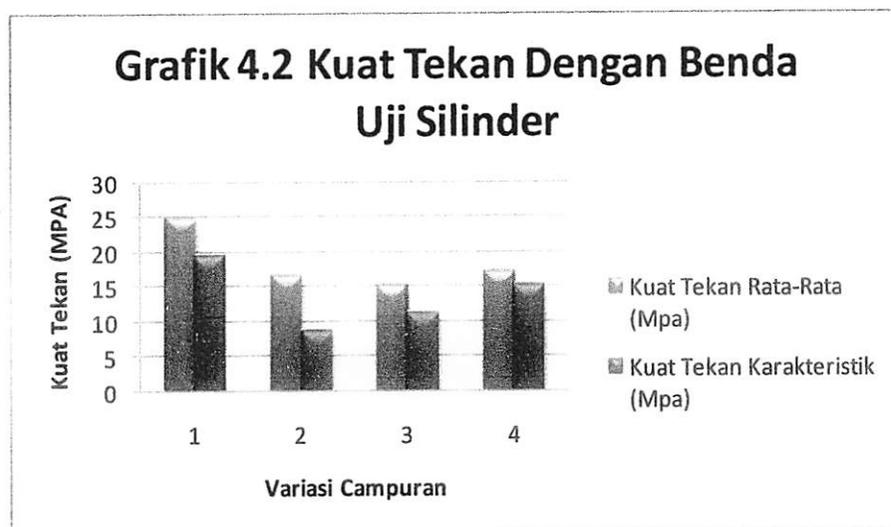
$$= f_{cr} - (1,64 \times (1,20))$$

$$= 17,252 - 1,968$$

$$= 15,28 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.11. Nilai Kuat Tekan 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	19.64
2	42.5	42.5	15	16.828	8.628
3	40	40	20	15.273	11.34
4	37.5	37.5	25	17.253	15.28



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 persegi ukuran 6 x 12 x 27 cm dengan kecepatan konstan, sehingga benda uji retak.

Tabel 4.12. Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

Perihal : 10 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batu Bata 6 x 12 x 27 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	23/11/09	6/1/10	28	2.410	142000	438.272	438.272
2				23/11/09	6/1/10	28	2.415	137800	425.309	425.309

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{142000}{(12 \times 27)} \\ &= 438.272 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{142000}{((12 \times 27) \times 1)} \\ &= 438.272 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$f_{cr} = \frac{\sum_1^2 f'c}{n}$$

$$= \frac{863.58}{2}$$

$$= 431.79 \text{ Kg/cm}^2 = 43.179 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(438.272 - 431.79)^2 + (425.309 - 431.79)^2}{2-1}}$$

$$= 9.166 \text{ Kg/cm}^2 = 0.917 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1.64 \times (0.917))$$

$$= 43.179 - 1.504$$

$$= 41.675 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.13. Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %

Perihal : 15 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batu Bata 6 x 12 x 27 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	23/11/09	6/1/10	28	2.390	118000	364.198	364.198
2				23/11/09	6/1/10	28	2.360	113500	350.309	350.309

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil : } f'_{ci} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{118000}{(12 \times 27)} \\ &= 364.198 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{118000}{((12 \times 27) \times 1)} \\ &= 364.198 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'_{ci}}{n} \\ &= \frac{714.506}{2} \\ &= 357.253 \text{ Kg/cm}^2 = 35.725 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(364.198 - 357.253)^2 + (350.309 - 357.253)^2}{2-1}} \\ &= 9.821 \text{ Kg/cm}^2 = 0.982 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1,64 \times (0,982)) \\
 &= 35,725 - 1,610 \\
 &= 34,115 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14. Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %

Perihal : 20 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batu Bata 6 x 12 x 27 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	23/11/09	6/1/10	28	2.310	100000	308.642	308.642
2				23/11/09	6/1/10	28	2.310	109300	337.346	337.346

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{100000}{(12 \times 27)} \\
 &= 308,642 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\
 &= \frac{100000}{((12 \times 27) \times 1)} \\
 &= 308,642 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$f_{cr} = \frac{\sum_1^2 f'c}{n}$$

$$= \frac{645.988}{2}$$

$$= 322.994 \text{ Kg/cm}^2 = 32.299 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(308.642 - 322.994)^2 + (337.346 - 322.994)^2}{2-1}}$$

$$= 20.297 \text{ Kg/cm}^2 = 2.03 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1.64 \times (2.03))$$

$$= 32.299 - 3.329$$

$$= 28.97 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.15. Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %

Perihal : 25 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batu Bata 6 x 12 x 27 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	23/11/09	6/1/10	28	2.240	82000	253.086	253.086
2				23/11/09	6/1/10	28	2.260	89000	274.691	274.691

Keterangan :

Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{82000}{(12 \times 27)} \\ &= 253.086 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{82000}{((12 \times 27) \times 1)} \\ &= 253.086 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata 28 hari :

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\ &= \frac{527.778}{2} \\ &= 263.889 \text{ Kg/cm}^2 = 26.389 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(253.086 - 263.889)^2 + (274.691 - 263.889)^2}{2-1}} \\ &= 15.277 \text{ Kg/cm}^2 = 1.528 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1,64 \times (1,528))$$

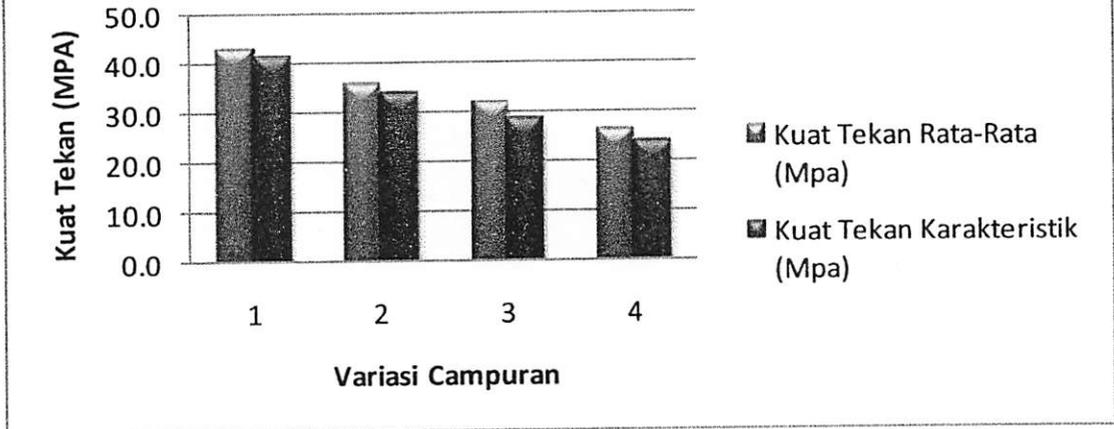
$$= 26.389 - 2.506$$

$$= 23.88 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.16. Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Bata

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kuat Tekan Karakteristik (Mpa)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	43.179	41.675
2	42.5	42.5	15	35.725	34.115
3	40	40	20	32.299	28.97
4	37.5	37.5	25	26.389	23.88

Grafik 4.3 Kuat Tekan Dengan Benda Uji Bata



4.4 Pengujian Kuat Lentur

Sebagaimana dalam uji tekan, dinding juga tidak mengalami beban selain beban di atasnya, 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. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

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	12/5/2009	1/4/2010	28	27,72	1900	31.248
2				12/5/2009	1/4/2010	28	27,81	2100	34.537
3				12/5/2009	1/4/2010	28	25.35	1700	27.959

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$f_r = 0.957 \times \frac{P.L}{b.d^2}$$

$$= 0.957x \frac{1900.58}{15.15^2}$$

$$= 31.248 \text{ Kg/cm}^2 = 3.12 \text{ MPa}$$

Tabel 4.18. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %

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/cm ²)
	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 :

$$fr = 0.957x \frac{P.L}{b.d^2}$$

$$= 0.957x \frac{1600.58}{15.15^2}$$

$$= 26.314 \text{ Kg/cm}^2 = 2.63 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.19. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %

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/cm ²)
	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 :

$$fr = 0.957x \frac{P.L}{b.d^2}$$

$$= 0.957x \frac{1300.58}{15.15^2}$$

$$= 21.38 \text{ Kg/cm}^2 = 2.14 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.20. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %
 Perihal : 25 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Balok 15 x 15 x 60 cm

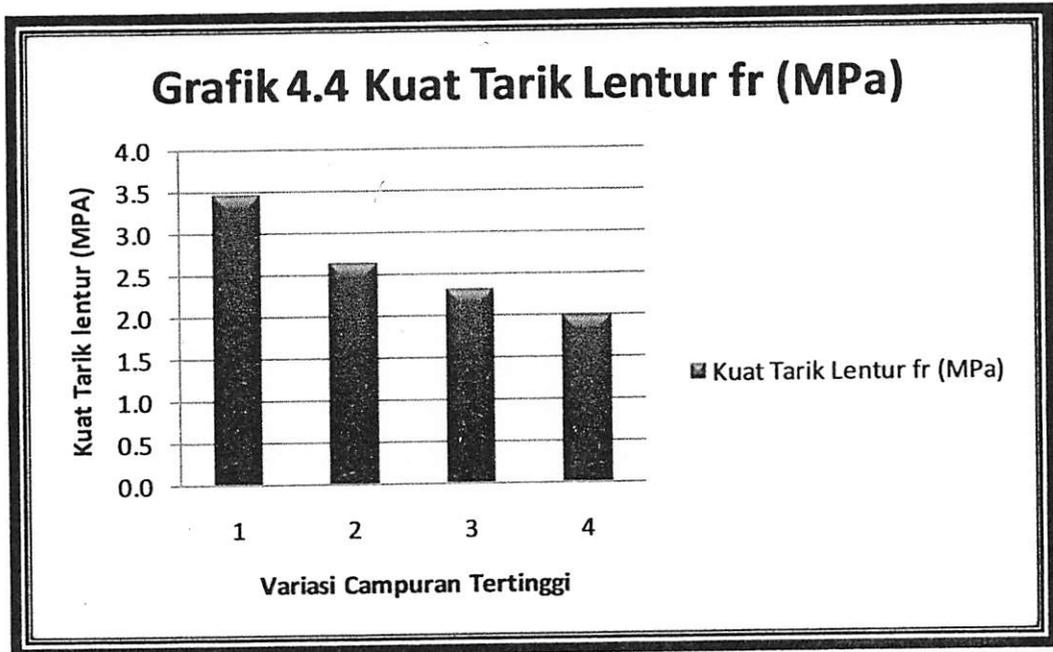
No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	37.5	37.5	25	12/9/2009	1/8/2010	28	23,16	1100	18.091
2				12/9/2009	1/8/2010	28	22,63	800	13.157
3				12/9/2009	1/8/2010	28	23,67	1200	19.735

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 Tarik Lentur tertinggi antar Persentase campuran dengan Benda Uji 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



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. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

Perihal : 10 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Bata 6 x 12 x 27 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	45	45	10	23/11/09	6/1/10	28	2,350	245	21.267
2				23/11/09	6/1/10	28	2,390	253	21.962

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 1.5x \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 1.5x \frac{245.25}{12.6^2} \\
 &= 21.267 \text{ Kg/cm}^2 = 2.127 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.23. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %

Perihal : 15 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Bata 6 x 12 x 27 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	42.5	42.5	15	23/11/09	6/1/10	28	2,340	188	16.319
2				23/11/09	6/1/10	28	2,350	195	16.927

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 1.5x \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 1.5x \frac{188.25}{12.6^2} \\
 &= 16.319 \text{ Kg/cm}^2 = 1.63 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.24. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %

Perihal : 20 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Bata 6 x 12 x 27 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	40	40	20	23/11/09	6/1/10	28	2,280	159	13.802
2				23/11/09	6/1/10	28	2,300	174	15.104

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 1.5x \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 1.5x \frac{159.25}{12.6^2} \\
 &= 13.802 \text{ Kg/cm}^2 = 1.38 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.25. Pengujian Kuat Lentur Bata Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %
 Perihal : 25 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Bata 6 x 12 x 27 cm

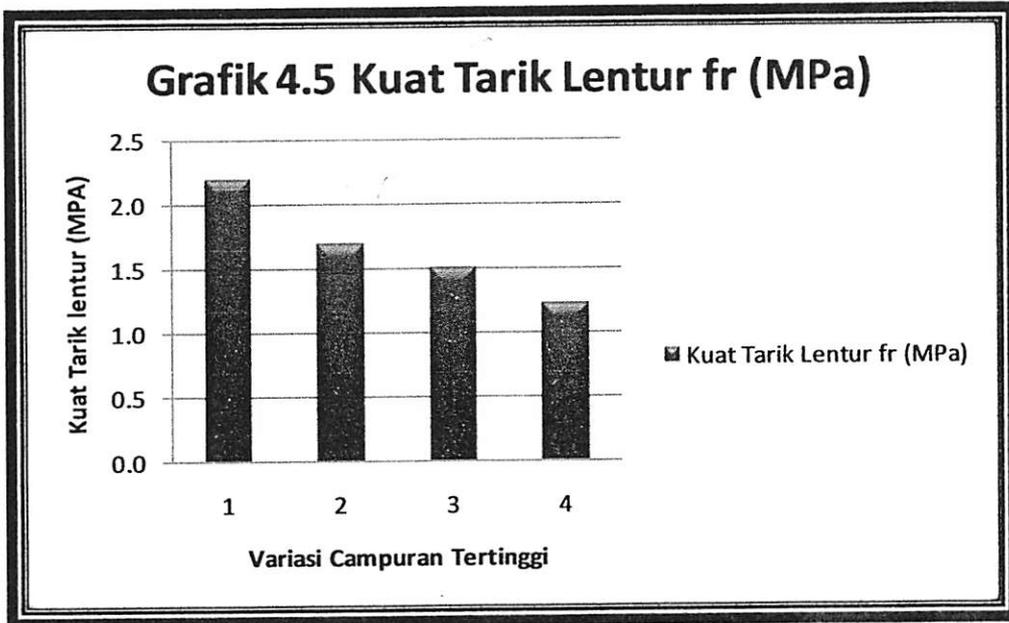
No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	37.5	37.5	25	23/11/09	6/1/10	28	2,250	140	12.153
2				23/11/09	6/1/10	28	2,270	137	11.892

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 1.5x \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 1.5x \frac{140.25}{12.6^2} \\
 &= 12.153 \text{ Kg/cm}^2 = 1.22 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.26. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Presentase campuran dengan Benda Uji Bata

No.	Persentase Campuran (%)			No. Benda Uji	Kuat Tarik Lentur fr (MPa)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	2	2.196
2	42.5	42.5	15	2	1.693
3	40	40	20	2	1.510
4	37.5	37.5	25	1	1.215



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 S = 45% : PFA = 45% : Sty = 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 S = 45% : PFA = 45% : Sty = 10 %, yaitu sebesar 244 Kg/cm² atau 24.4 Mpa.

4.5.2 Kuat Tekan

Dari dua macam benda uji yaitu silinder dan bata yang digunakan pada penelitian dan pengujian, maka didapat Nilai Kuat Tekan yang terbesar terdapat pada benda uji Bata dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% dengan nilai Kuat Tekan Rata – Rata sebesar 431.79 Kg/cm^2 atau 43.18 Mpa dan Kuat Tekan Karakteristik sebesar 413.1 Kg/cm^2 atau 41.31 Mpa. Sedangkan Nilai Tegangan Hancur tertinggi didapat nilai 438.27 Kg/cm^2 atau 43.83 Mpa pada benda uji Bata dengan nomor sampel 1 dengan persentase campuran yang sama.

Sedangkan yang paling ekonomis tetapi tetap pada koridor beton ringan adalah pada prosentase campuran S = 37.5% : PFA = 37.5% : Sty = 25% dengan nilai Kuat tekan rata – rata sebesar 263.889 Kg/cm^2 atau 26.39 MPa dan Kuat Tekan Karakteristik sebesar 232.8 Kg/cm^2 atau 23.28 MPa. Sedangkan Nilai Tegangan Hancur tertinggi didapat nilai 274.691 Kg/cm^2 atau 27.47 Mpa.

4.5.3 Kuat Lentur

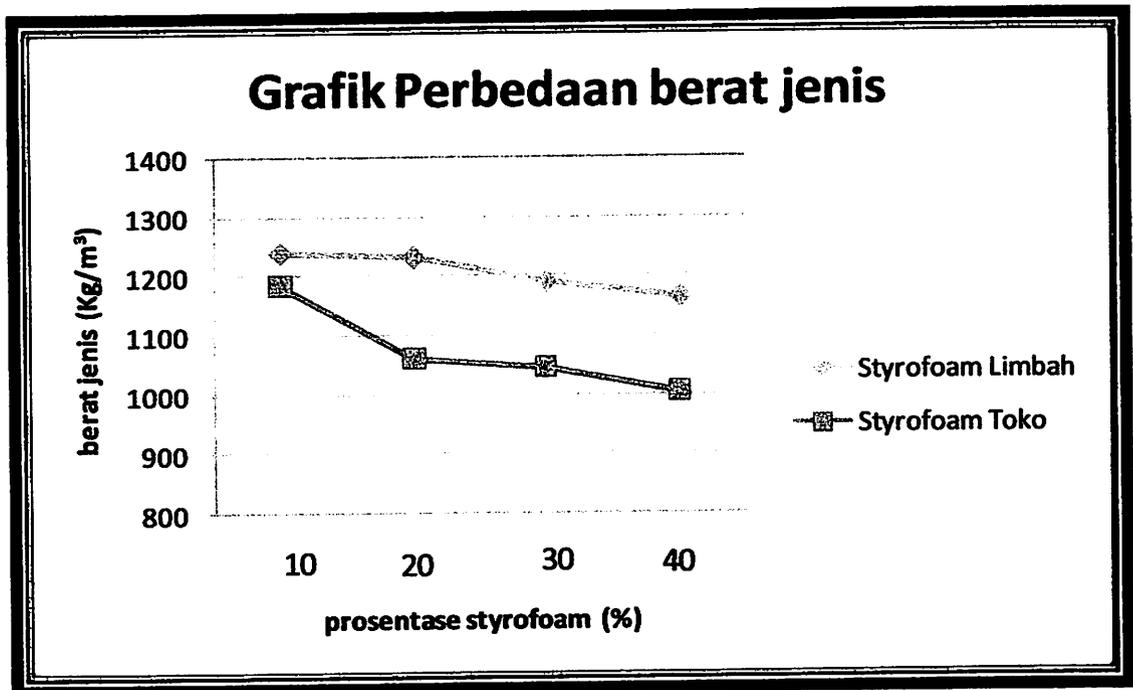
Dari dua macam benda uji yaitu balok dan bata yang digunakan pada penelitian dan pengujian, maka didapat nilai kuat lentur yang terbesar terdapat pada benda uji Balok dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% nomor sampel 2 yaitu 31.25 Kg/cm^2 atau 3.125 Mpa.

4.5.4 Hipotesis

Dari analisa diatas , maka didapatkan beberapa campuran yang memenuhi dan tidak memenuhi standar beton ringan dengan pembanding material styrofoam toko dan styrofoam limbah dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

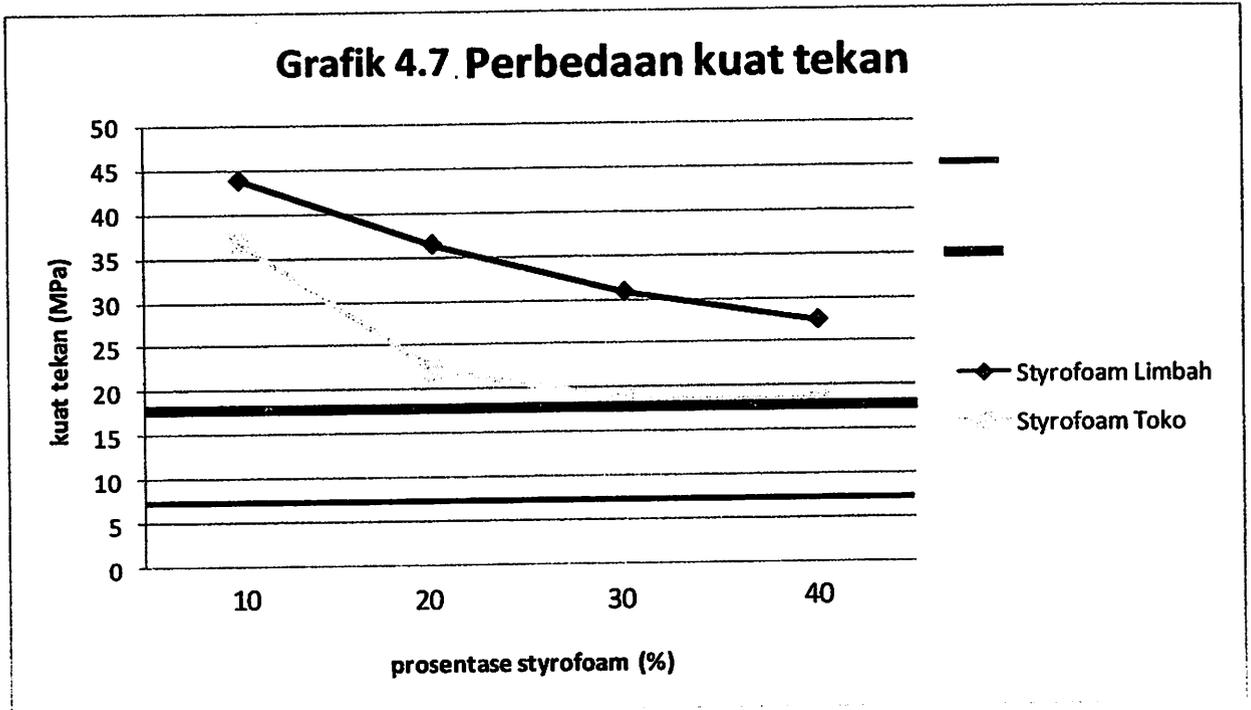
Tabel 4.27. Perbandingan mutu kuat tekan beton ringan

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



Dari grafik diatas diperoleh perbandingan berat jenis beton ringan dengan campuran styrofoam toko dan limbah. Dalam variasi campuran beton ringan termasuk dalam kategori beton ringan dengan berat jenis antara 800 Kg/m³

sampai 1440 Kg/m^3 yang umumnya digunakan untuk dinding yang juga memikul beban.



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.

4.5.5 Tinjauan Biaya

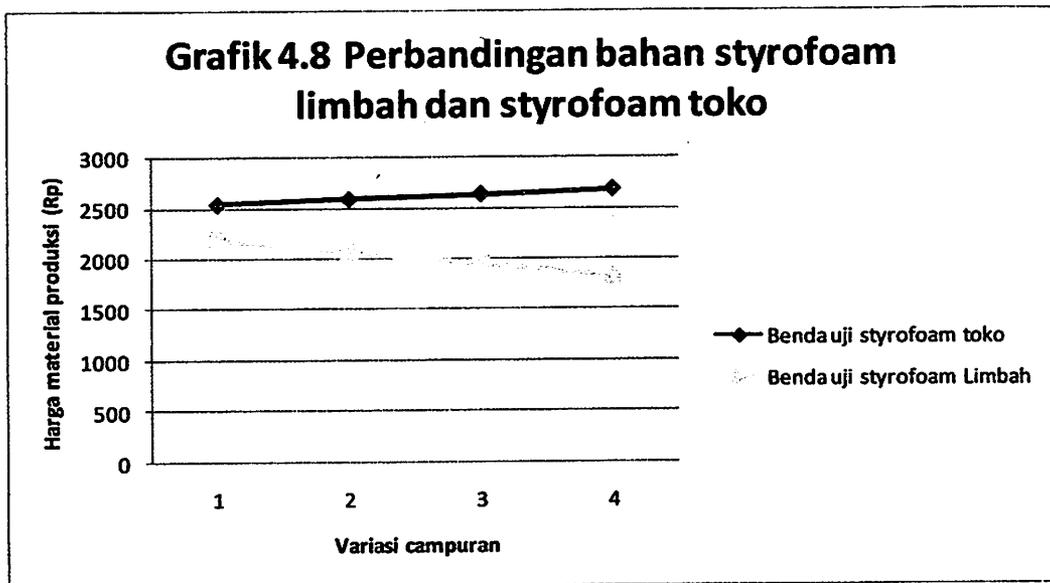
Berdasarkan penelitian dan pengamatan tentang nilai produksi yang di tinjau dari segi material di dapatkan perbandingan selisih harga antara benda uji Styrofoam toko dan Styrofoam limbah yang tertera pada tabel di bawah ini

Tabel 4.28. Perhitungan Biaya Campuran Beton Ringan Dengan Styrofoam Toko

Variasi campuran	kebutuan bahan		Harga satuan		Jumlah Harga
	gr		Rp		
45% , 45% , 10%	S	1353.928	S	1462.24	2531.86992
	PFA	2020.788	PFA	727.48	
	Sty	3.42144	Sty	342.14	
42.5% , 42.5% , 15%	S	1278.71	S	1381.01	2581.29072
	PFA	1908.522	PFA	687.07	
	Sty	5.13216	Sty	513.22	
40% , 40% , 20%	S	1203.492	S	1299.77	2630.71152
	PFA	1796.256	PFA	646.65	
	Sty	6.84288	Sty	684.29	
37.5% , 37.5% , 25%	S	1128.273	S	1218.53	2680.13124
	PFA	1683.99	PFA	606.24	
	Sty	8.5536	Sty	855.36	

Tabel 4.29. Perhitungan Biaya Campuran Beton Ringan Dengan Styrofoam Limbah

Variasi campuran	kebutuan bahan		Harga satuan		Jumlah Harga
	gr		Rp		
45% , 45% , 10%	S	1353.928	S	1462.24	2189.72592
	PFA	2020.788	PFA	727.48	
	Sty	3.42144	Sty	0.00	
42.5% , 42.5% , 15%	S	1278.71	S	1381.01	2068.07472
	PFA	1908.522	PFA	687.07	
	Sty	5.13216	Sty	0.00	
40% , 40% , 20%	S	1203.492	S	1299.77	1946.42352
	PFA	1796.256	PFA	646.65	
	Sty	6.84288	Sty	0.00	
37.5% , 37.5% , 25%	S	1128.273	S	1218.53	1824.77124
	PFA	1683.99	PFA	606.24	
	Sty	8.5536	Sty	0.00	

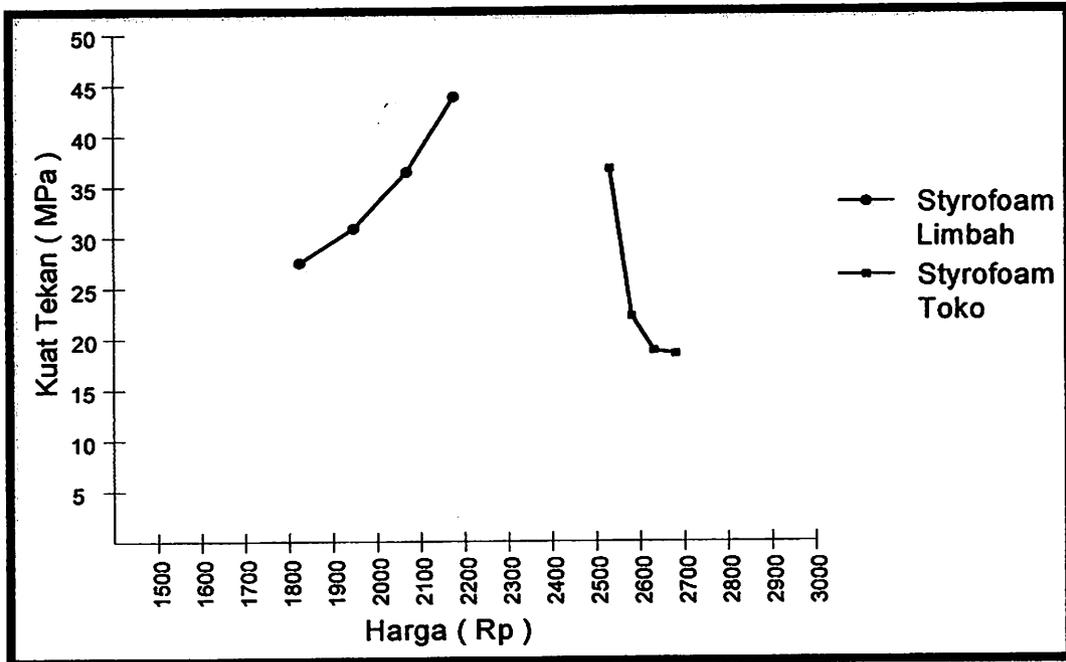


Jadi menurut pengamatan dari perbandingan harga styrofoam limbah lebih murah (ekonomis) di banding dengan Styrofoam toko. akan tetapi di tinjau dari pengadaan material Styrofoam toko lebih menjanjikan di karenakan mudah mencarinya dan dapat di produksi dalam jumlah massal dan dapat di pesan menurut kebutuhan .sedangkan untuk Styrofoam limbah masih menunggu tersedianya stok dari limbah-limbah yang tersedia di lokasi kita.

Tabel 4.30. perbandingan Mutu kuat tekan dan harga

Variasi campuran	Styrofoam limbah		Styrofoam Toko	
	kuat tekan (Mpa)	harga (Rp)	kuat tekan (Mpa)	harga (Rp)
45% , 45% , 10%	43.83	2189.73	36.73	2531.87
42.5% , 42.5% , 15%	36.42	2068.07	22.22	2581.29
40% , 40% , 20%	30.86	1946.42	18.83	2630.71
37.5% , 37.5% , 25%	27.47	1824.77	18.52	2680.13

Grafik 4.9 Perbandingan antara Kuat Tekan dan Harga



Jadi menurut pengamatan dari perbandingan harga yang paling ekonomis untuk campuran styrofoam limbah adalah pada campuran 37.5% : 37.5% : 25% yaitu Rp.1824,77 dengan mutu 27.47 MPa . Sedangkan dengan campuran styrofoam Toko adalah pada campuran 45% : 45% : 10% yaitu Rp.2531,87 dengan mutu 36.73 MPa

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 bentuk dari Styrofoam limbah yang tidak teratur dengan permukaan yang kasar sehingga material lebih mengikat pada campuran beton.
2. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, semakin besar persentase penggunaan Styrofoam, maka semakin berkurang nilai kuat tekan dan kuat lentur yang terjadi pada beton.
3. Dari hasil penelitian nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji Bata dengan persentase Styrofoam sebesar 10%, yaitu didapat nilai kuat tekan rata-rata 431.79 Kg/cm^2 atau 43.18 Mpa dan 413.10 Kg/cm^2 atau 41.3 Mpa untuk kuat tekan karakteristik. Sedangkan Tegangan Hancur yang terbesar didapat pada benda uji no. 1 dengan persentase styrofoam sebesar 10% yaitu 438.27 Kg/cm^2 atau 43.83 Mpa . Sedangkan yang

paling ekonomis tetapi tetap pada koridor beton ringan adalah pada prosentase campuran Styrofoam 25% dengan Nilai Tegangan Hancur tertinggi didapat nilai 274.691 Kg/cm^2 atau 27.47 Mpa .

4. Didapat nilai kuat lentur tertinggi pada benda uji Balok dengan sampel no. 2 dengan persentase Styrofoam 10% yaitu sebesar 31.25 Kg/cm^2 atau 3.125 Mpa .
5. Nilai Kuat Tekan yang didapat dari campuran menggunakan Styrofoam Limbah lebih tinggi dari pada campuran dengan menggunakan Styrofoam Toko. Didapat nilai Kuat Tekan Rata – Rata tertinggi dari campuran dengan Styrofoam Toko yaitu $35,34 \text{ Mpa}$ dan 31.35 Mpa untuk nilai Kuat Tekan Karakteristik. Dan Kuat Lentur Tertinggi yang dihasilkan beton dengan campuran Styrofoam Limbah pun lebih tinggi dibanding dengan menggunakan Styrofoam toko yang nilai Kuat Lentur tertingginya sebesar 3.30 Mpa dan 3.45 Mpa untuk Styrofoam Limbah.
6. Dari hasil penelitian untuk campuran styrofoam limbah, semakin besar mutunya semakin besar pula harganya, dan untuk campuran dengan styrofoam Toko, semakin besar mutunya semakin kecil harganya.
7. 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

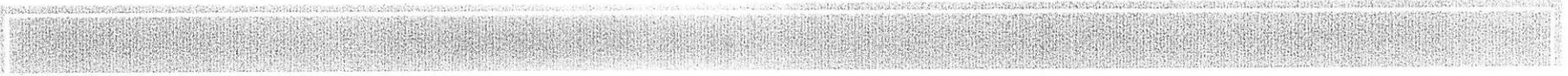
Ada beberapa saran-saran yang dapat kami berikan selama penelitian yang kami lakukan, yaitu :

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

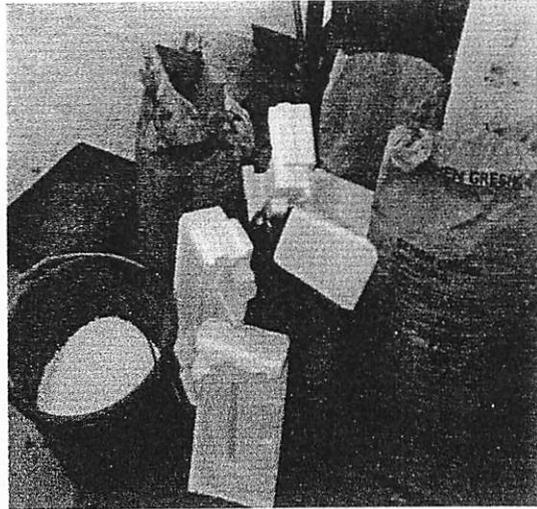
- Anonim, **Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Agregates**, 2003.
- Anonim, , **ACI Manual of Concrete Practice**, Farmington Hills : Committee, ACI Part 3, 1996.
- Anonim, **Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi**, Malang : Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional.
- 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

LAMPYRAN

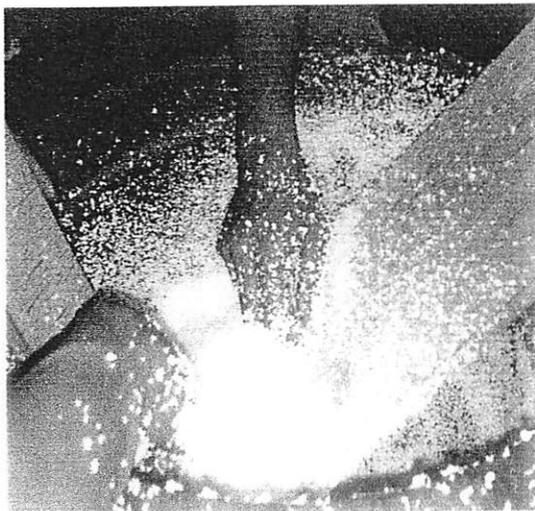
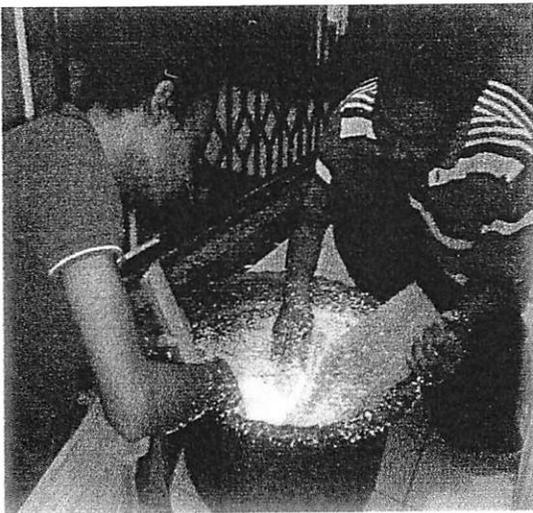


TABEL FAKTOR UMUR

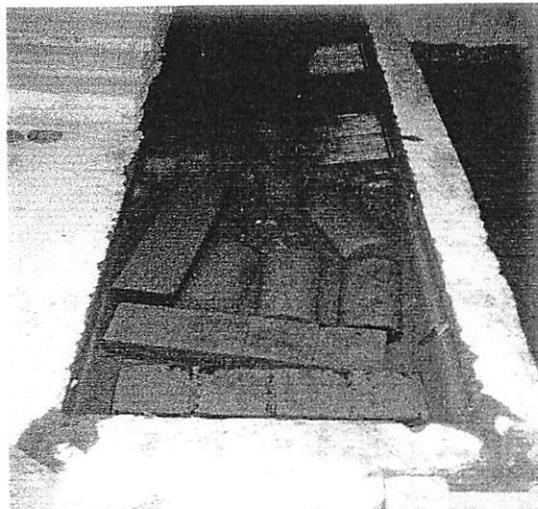
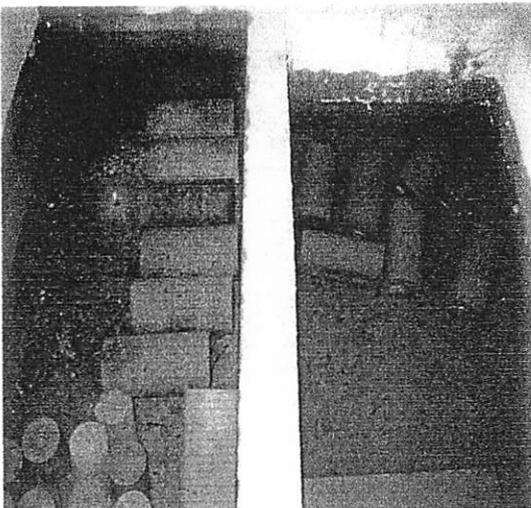
Umur	Faktor umur	Umur	Faktor umur	Umur	Faktor umur	Umur	Faktor umur	Umur	Faktor umur
3	0,400	43	1,048	83	1,177	123	1,218	163	1,240
4	0,463	44	1,052	84	1,181	124	1,219	164	1,240
5	0,525	45	1,055	85	1,184	125	1,219	165	1,241
6	0,588	46	1,058	86	1,187	126	1,220	166	1,241
7	0,650	47	1,061	87	1,190	127	1,220	167	1,242
8	0,683	48	1,065	88	1,194	128	1,221	168	1,243
9	0,716	49	1,068	89	1,197	129	1,221	169	1,243
10	0,749	50	1,071	90	1,200	130	1,222	170	1,244
11	0,781	51	1,074	91	1,201	131	1,222	171	1,244
12	0,814	52	1,077	92	1,201	132	1,223	172	1,245
13	0,847	53	1,081	93	1,202	133	1,223	173	1,245
14	0,880	54	1,084	94	1,202	134	1,224	174	1,246
15	0,890	55	1,087	95	1,203	135	1,225	175	1,246
16	0,900	56	1,090	96	1,203	135	1,225	176	1,247
17	0,910	57	1,094	97	1,204	137	1,226	177	1,247
18	0,920	58	1,097	98	1,204	138	1,226	178	1,248
19	0,930	59	1,100	99	1,205	139	1,227	179	1,249
20	0,940	60	1,103	100	1,205	140	1,227	180	1,249
21	0,950	61	1,106	101	1,206	141	1,228	181	1,250
22	0,957	62	1,110	102	1,207	142	1,228	182	1,250
23	0,964	63	1,113	103	1,207	143	1,229	183	1,251
24	0,971	64	1,116	104	1,208	144	1,229	184	1,251
25	0,979	65	1,119	105	1,208	145	1,230	185	1,252
26	0,986	66	1,123	106	1,209	146	1,231	186	1,252
27	0,993	67	1,126	107	1,209	147	1,231	187	1,253
28	1,000	68	1,129	108	1,210	148	1,232	188	1,253
29	1,003	69	1,132	109	1,210	149	1,232	189	1,254
30	1,006	70	1,135	110	1,211	150	1,233	190	1,255
31	1,010	71	1,139	111	1,211	151	1,233	191	1,255
32	1,013	72	1,142	112	1,212	152	1,234	192	1,256
33	1,016	73	1,145	113	1,213	153	1,234	193	1,256
34	1,019	74	1,148	114	1,213	154	1,235	194	1,257
35	1,023	75	1,152	115	1,214	155	1,235	195	1,257
36	1,026	76	1,155	116	1,214	156	1,236	196	1,258
37	1,029	77	1,158	117	1,215	157	1,237	197	1,258
38	1,032	78	1,161	118	1,215	158	1,237	198	1,259
39	1,035	79	1,165	119	1,216	159	1,238	199	1,259
40	1,039	80	1,168	120	1,216	160	1,238	200	1,26
41	1,042	81	1,171	121	1,217	161	1,239		
42	1,045	82	1,174	122	1,217	162	1,239		



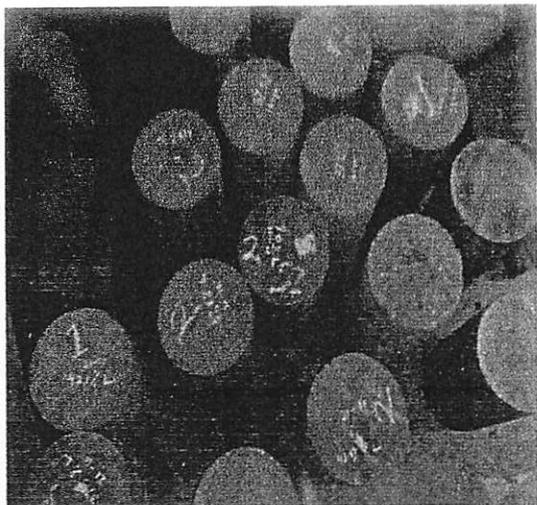
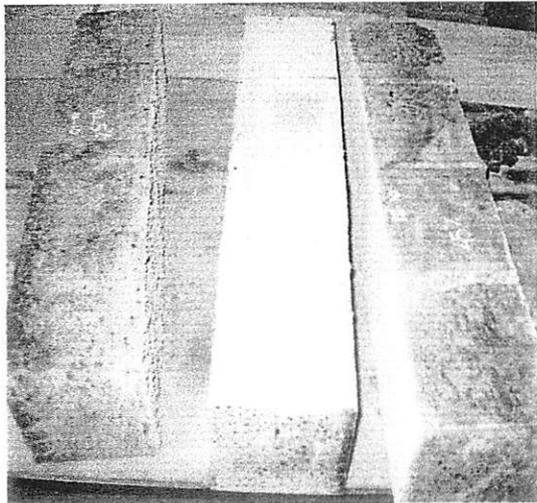
Gambar Bahan – bahan yang digunakan untuk Penelitian



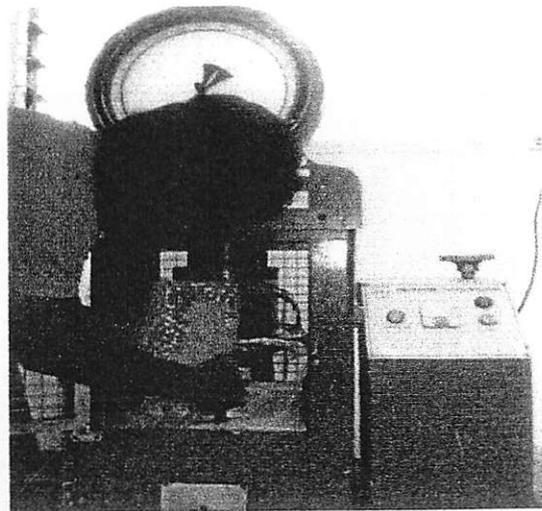
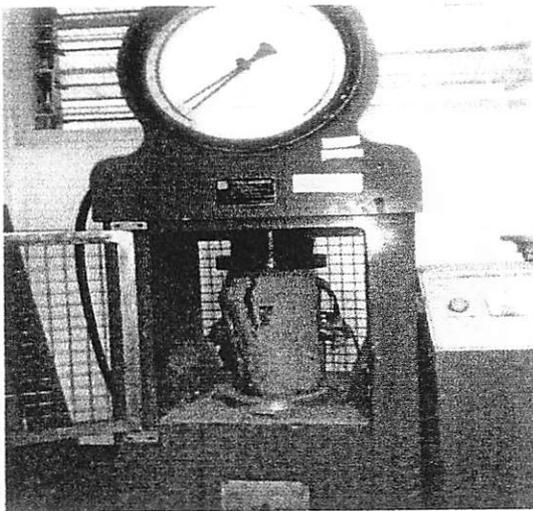
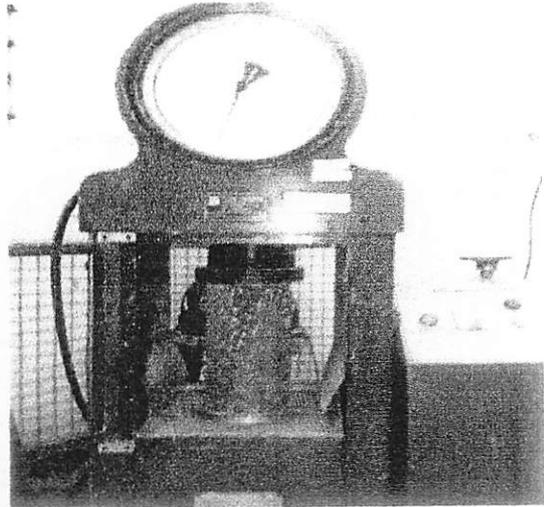
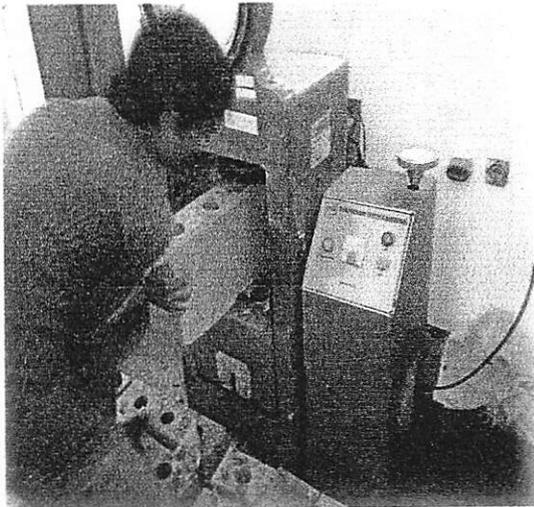
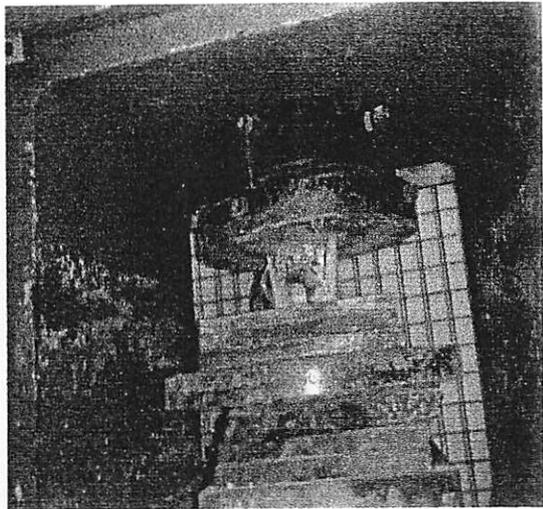
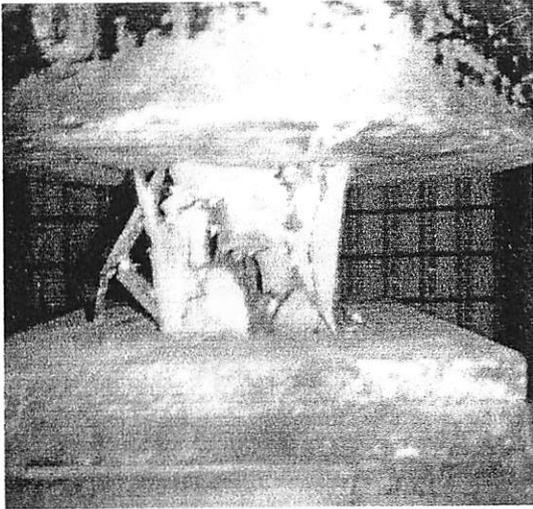
Gambar Persiapan Penelitian



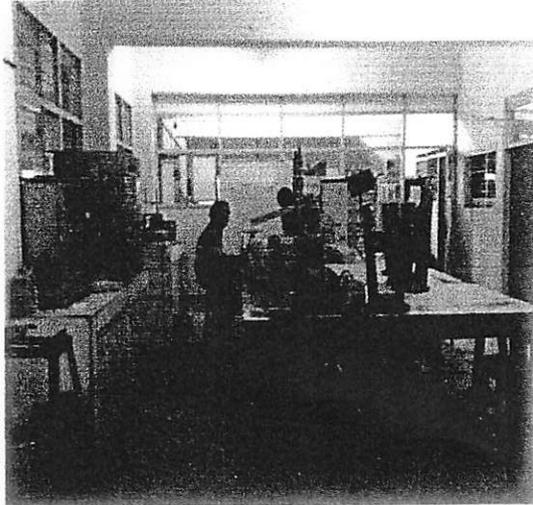
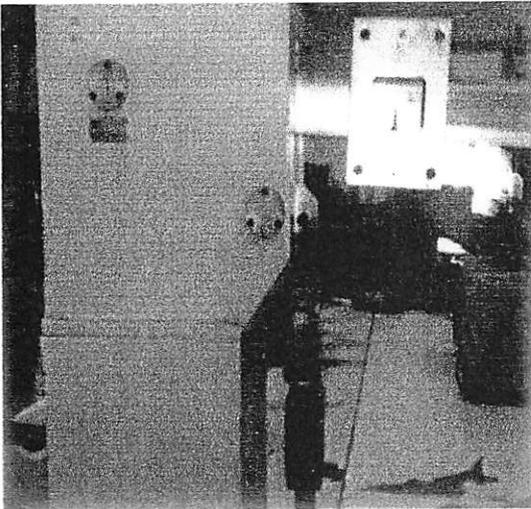
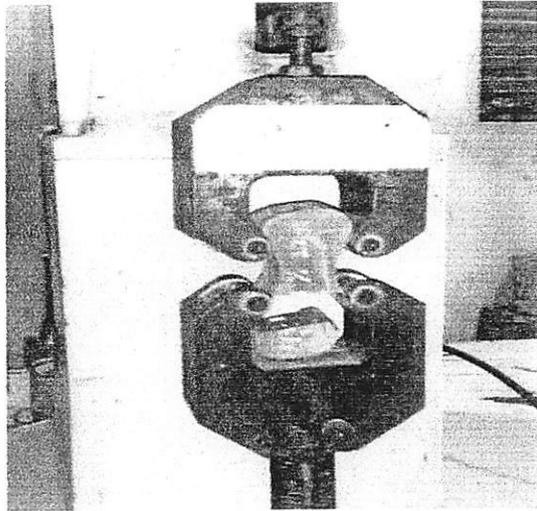
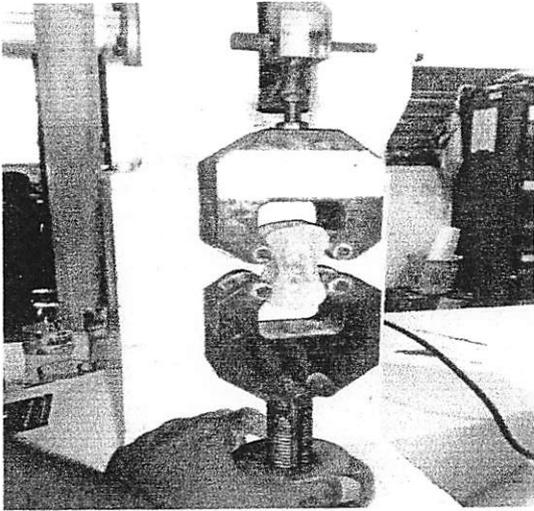
Gambar Perendaman Benda Uji



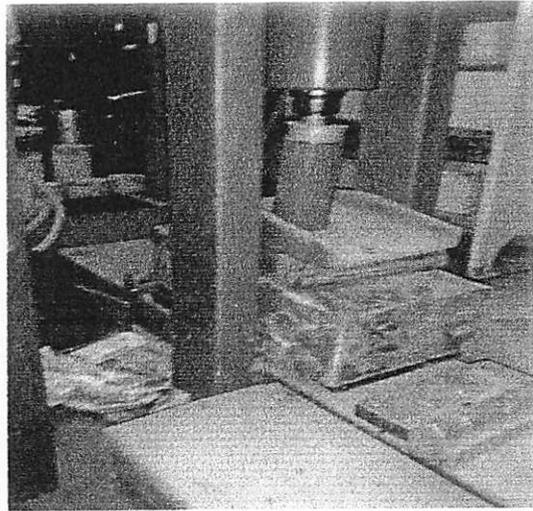
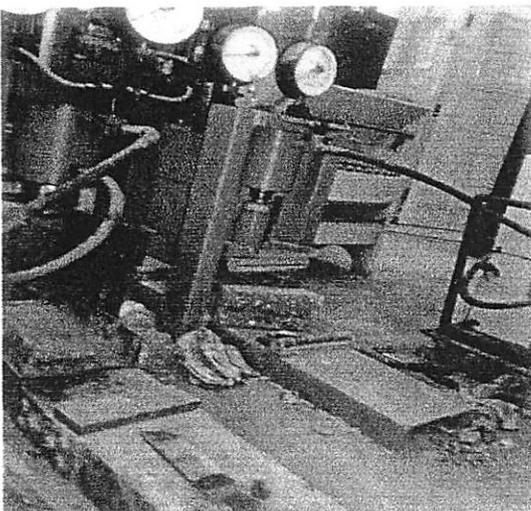
Gambar Benda Uji Batako, Balok dan Silinder



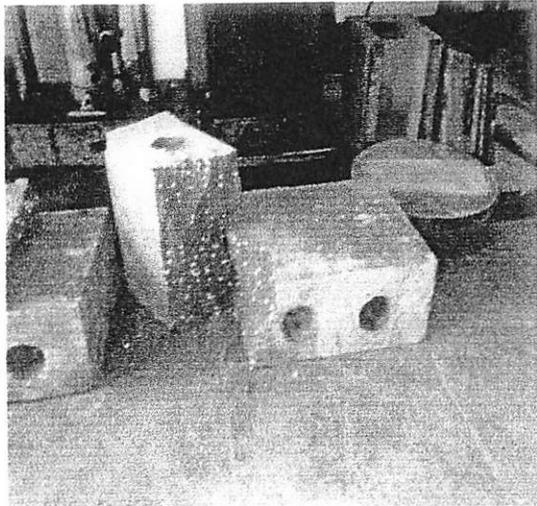
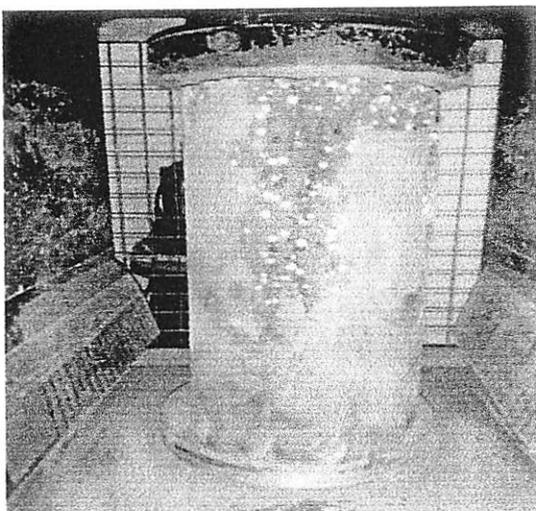
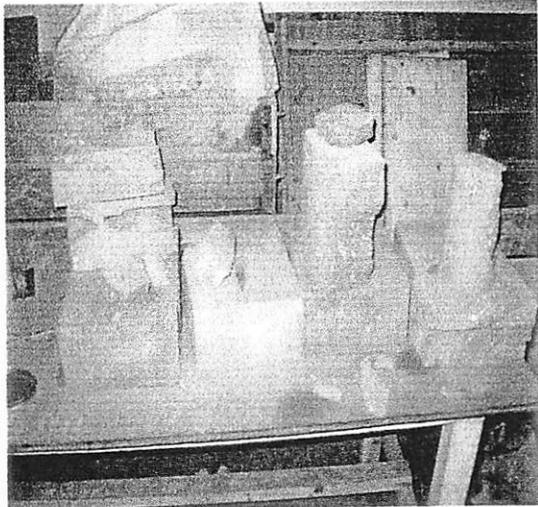
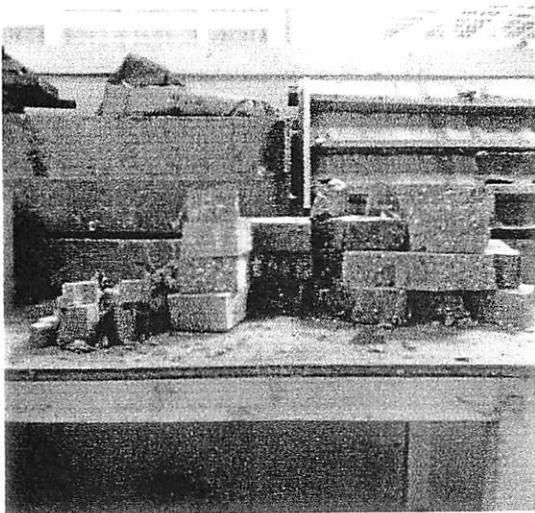
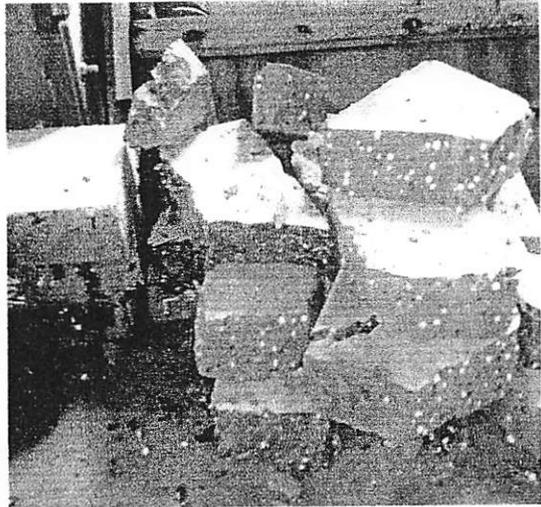
Gambar Pengujian Kuat Tekan Pada Mortar, Batako dan Silinder



Gambar Pengujian Kuat Tarik Pada Mortar



Gambar Pengujian Kuat Lentur Pada Benda Uji Batako



Gambar Benda – benda Uji setelah Uji Kuat Tekan dan Lentur



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 -075/I.TA/I/2009
Lampiran : -
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

16 Januari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. A. Agus Santosa, 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 : **Robby Hadi S.**
NIM : **03.21.056.**
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 ^{1/4} 15 - 01 - 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



Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.



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-075/I.TA/1/2009
 Lampiran : -
 Perihal : **Bimbingan Skripsi**

16 Januari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. H. Sudirman Indra, MS.**
 Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG.

Dengan Hormat,

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

Nama : **Robby Hadi S.**
 NIM : **03.21.056.**
 Jurusan : **Teknik.Sipil (S-1)**

Untuk dapat membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar. Skripsi dengan judul :

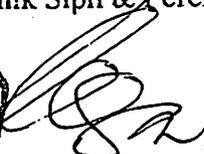
“ Penelitian pemanfaatan material Styrofoam sebagai bahan pengisi pada pembuatan elemen dinding beton ringan“.

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 - 01 - 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. Hirijanto, MT
 NIP. Y. 101 8800182

Tembusan Kepada Yth :
 1. Wakil Dekan I FTSP.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S - 1
Jl. Bendungan Sigura - Gura No. 2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Robby Hadi S. (03.21.056)
Jurusan : Teknik Sipil S - 1
Tugas : *Tugas Akhir*
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT.

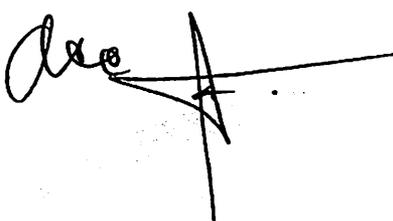
No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	26-1-00	Tesni ok. lanjut	
2	11-2-00	- Faktor lentur oleh log. - Rumus teg. lentur sewaikan dgn layang.	
3	15-2-00	- Gd pch. teg. lentur Lanjutan	
4	17-2-00	- Tambahkan pembesaran ape dgn ape. - Kila ekonomis tambah kan pd kesimpulan.	
5	18-2-00	Tambahkan grafik hub. Mutu x harga. dari 2 asal produksi.	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S – 1
Jl. Bendungan Sigura – Gura No. 2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Robby Hadi Sukmana (03.21.056)
Jurusan : Teknik Sipil S – 1
Tugas : *Tugas Akhir*
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
6	23-2-10		



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S - 1
Jl. Bendungan Sigura - Gura No. 2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Robby Hadi S. (03.21.056)
Jurusan : Teknik Sipil S - 1
Tugas : *Tugas Akhir*
Dosen Pembimbing : Ir. H. Sudirman Indra, MS.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
	$\frac{15}{2}$ 2010	<p>- cek luas muka dasar uji \square 2 \square 2 - \square 3.</p> <p>- letak ti potes</p> <p>- Perhitungan luas / isi</p> <p>- Agar lengkap ya a ya on ke pilih</p>	<p>- \square</p>
	$\frac{16}{2}$ 2010	<p>lanjut ke uji ti potes</p>	<p>\square</p>



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S – 1
Jl. Bendungan Sigura – Gura No. 2 Malang

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Robby Hadi Sukmana (03.21.056)
Jurusan : Teknik Sipil S – 1
Tugas : *Tugas Akhir*
Dosen Pembimbing : Ir. H. Sudirman Indra, MS.

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf



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 : _____

NIM : 03.21.056

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

- Jedue
- Keputusan Masalah
- tujuan, Kegunaan
- Bantuan Masalah

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

[Signature]

Malang, _____ 2010

Dosen Pembahas

[Signature]



FORM REVISI / PERBAIKAN
 BIDANG PENELITIAN

Nama : ROBBY HADI SUKMANA

NIM : 03.21.056

Hari / tanggal : Selasa / 24-08-2010

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Latar belakang buat lebih ringkas
- kajian pustaka diperluas / diperbagus & diperdalam
 - Beton?
 - Beton ringan?
 - styrofoam
 - PFA?
- Sub Bab.
- cek/amatilah tulisan/kata² yg. masih salah
- Uraikan notasi!
 $M = ?$
 $W = ?$ dst.
- Tabel S. Philco?

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 :

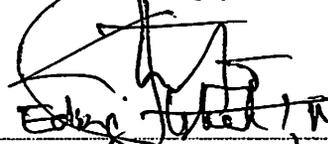
Malang, 21-09- 2010

Dosen Penguji



Malang, 24-08- 2010

Dosen Penguji


 (Ir. Edy Hek, M.Eng)



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG _____

Nama : Robby HS

NIM : 0391056

Hari / tanggal : Selasa, 24 01 2010

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

1. Judul
2. Pernyataan Masalah
3. Tujuan & Kegunaan
4. Daftar pustaka
5. Metodologi penelitian

Handwritten signature

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

Handwritten signature of the reviewer

Malang, _____ 2010

Dosen Penguji

Handwritten signature of the reviewer



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 -075/I.TA/1/2009
 Lampiran : -
 Perihal : **Bimbingan Skripsi**

16 Januari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. A. Agus Santosa, 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 : *Robby Hadi S.*
 NIM : *03.21.056.*
 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 - 01 - 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



Tembusan Kepada Yth :
 1. Wakil Dekan I FTSP.