

SKRIPSI

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



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

Disusun Oleh :

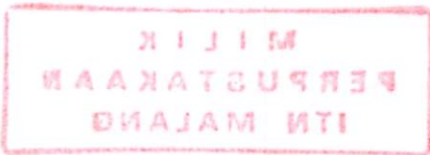
**WAHYU TULUS WIDODO
NIM : 03.21.109**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - S1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2010

SKRIPSI

RESEPTAN TERBUKTI
STYROFOAM BERKOROSI SEBAGAI BAHAN PENGISI
PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON
RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO



Dibaca Oleh :

WALYU TULUS WIDODO

NIM : 0221100

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - 01
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2010

SKRIPSI

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



Disusun oleh :

WAHYU TULUS WIDODO

03.21.109

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

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

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

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S – 1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

**WAHYU TULUS WIDODO
03.21.109**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

Dosen Pembimbing II



Ir A. Agus Santosa, MT.

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



Ir. H. Hirijanto, MT.

LEMBAR PENGESAHAN

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

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

WAHYU TULUS WIDODO
03.21.109

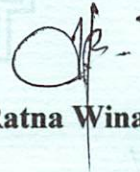
Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. H. Hirijanto, MT.)

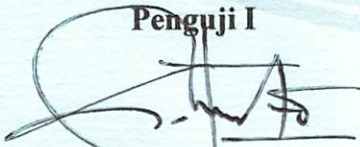
Sekretaris



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT.)

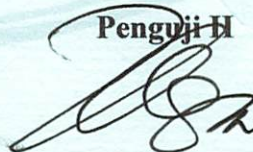
Anggota Penguji :

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 : Wahyu Tulus widodo
Nim : 03.21.109
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul :

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

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

Malang, 20 September 2010

Yang Membuat Pernyataan



(Wahyu Tulus Widodo)

KATA PENGANTAR

Dengan diawali ucapan Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga pada akhirnya Skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini dengan judul penelitian pemanfaatan material styrofoam pabrik sebagai bahan pengisi pada pembuatan elemen dinding beton ringan dengan benda uji batako merupakan salah satu prasyarat yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Jurusan Sipil S – 1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu secara langsung atau tidak langsung, tak lupa saya sampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Abraham Lomi selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Dekan FTSP Institut Teknologi Nasional Malang sekaligus Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu penyelesaian Skripsi ini dan sekaligus pula sebagai dosen pengajar Struktur Beton Bertulang.
3. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S – 1 Institut Teknologi Nasional Malang.

4. Ibu Lila Ayu Ratna W., ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan 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 Pembimbing I yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini, juga dosen pengajar Struktur Beton Bertulang.
6. Mas Mahfud selaku Asisten Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang yang banyak membantu dalam penelitian ini.

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, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan untuk tercapainya hasil yang lebih baik.

Harapan saya semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Amien.....

Malang, Februari 2010

Penyusun

ABSTRAKSI

Wahyu Tulus Widodo (03.21.109), 2010, **“PENELITIAN PEMANFAATAN MATERIAL STYROFOAM PABRIK SEBAGAI BAHAN PENGISI PADA PEMBUATAN ELEMEN DINDING BETON RINGAN DENGAN BENDA UJI BATAKO”**. Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT., Dosen Pembimbing II : Ir. A. Agus Santosa, MT.

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

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

Penelitian untuk beton ringan dengan Styrofoam Pabrik komposisi 10%, 15% 20% dan 25% kuat tekan beton sebesar 12.59 MPa, 11.54 MPa, 9.31 MPa, dan 7.6 MPa, kuat lentur beton sebesar 36 MPa, 29 MPa, 22 MPa dan 18 MPa. Berdasarkan hasil pengujian beton, maka beton ringan dengan menggunakan komposisi Styrofoam pabrik 10% sampai 40%. Semakin besar kadar styrofoam maka semakin kecil berat volume, kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur betonnya. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton, maka komposisi campuran beton dengan kadar styrofoam pabrik 10 % sampai 25 % yang dapat dikategorikan sebagai beton ringan non struktur untuk dimanfaatkan sebagai bahan dinding panel. Faktor utama perbedaan kuat tekan antara styrofoam pabrik dan limbah adalah faktor bentuk yang dapat mempengaruhi daya ikat.

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

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAKSI	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Kegunaan Masalah	4
1.5. Batasan Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Beton.....	7
2.2. Beton Ringan	6
2.3. Styrofoam.....	9
2.4. Pulvarized Fly ash (PFA).....	11
2.5. Hasil Penelitian Beton Terdahulu	13
2.6. Mortar	17

2.7. Kuat Lentur	19
2.8. Kuat Tekan.....	23
2.8.1 Mesin Uji kuat Tekan	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2. Standar Penelitian	27
3.2.1. Peralatan.....	20
3.2.2. Material.....	21
3.3. Kerangka Penelitian	28
3.4. Benda Uji	29
3.4.1. Perencanaan Benda Uji (Semen, PFA, Air)	29
3.4.2. Perencanaan Campuran Beton Ringan	30
3.5. Alat Dan Bahan Penelitian	31
3.6. Pelaksanaan Penelitian	33
3.7. Pembuatan Benda Uji	34
3.7.1. Persiapan Material	34
3.7.2. Pembuatan Benda Uji coba-coba.....	35
3.7.3. Tes Slump	35
3.7.4. Tes Kuat Tekan Mortar.....	37
3.7.5. Tes Kuat Tarik mortar.....	39
3.7.6. Tes Kuat Tekan Elemen Dinding Beton Ringan.....	41
3.7.7. Kuat Tarik lentur.....	43
3.7.8. Pelaksanaan Pengecoran	45

3.7.9. Perawatan Benda Uji.....	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Pemeriksaan Bahan Penyusun Elemen Dinding Beton Ringan	48
4.2. Pengujian Mortar	48
4.3. Pengujian Kuat tekan	56
4.4. Pengujian Kuat Lentur	69
4.5. Pembahasan Hasil Analisa	77
4.5.1. Mortar	77
4.5.2. Kuat Tekan	77
4.5.3. Kuat Lentur	78
4.5.4. Hipotesis	78
BAB V KESIMPULAN	81
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya	8
Tabel 2.2.	Spesifikasi Weather Panel	16
Tabel 3.1.	Standar yang dipakai dalam penelitian material	27
Tabel 3.2.	Rencana pengujian, campuran, bentuk dan ukuran benda uji...	30
Tabel 3.3.	Benda Uji I	30
Tabel 3.4.	Benda Uji II	31
Tabel 3.5.	Benda Uji III	31
Tabel 3.6.	Benda Uji IV	31
Tabel 3.7.	Format perhitungan berat volume dan kuat tekan mortar	38
Tabel 3.8.	Format perhitungan berat volume dan kuat tarik mortar	40
Tabel 3.9.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Mortar	45
Tabel 3.10.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Silinder	46
Tabel 3.11.	Jadwal Pelaksanaan Pengecoran Balok	46
Tabel 4.1.	Hasil uji material pengisi beton ringan	48
Tabel 4.2.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	49
Tabel 4.3.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	50

Tabel 4.4.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %.....	52
Tabel 4.5.	Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	53
Tabel 4.6.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Mortar	55
Tabel 4.7.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	56
Tabel 4.8.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	57
Tabel 4.9.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	59
Tabel 4.10.	Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	60
Tabel 4.11.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Silinder	62
Tabel 4.12.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	63
Tabel 4.13.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	64
Tabel 4.14.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	66
Tabel 4.15.	Pengujian Kuat Tekan Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	67
Tabel 4.16.	Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Batako	69

Tabel 4.17. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	70
Tabel 4.18. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	70
Tabel 4.19. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	71
Tabel 4.20. Pengujian Kuat Lentur Balok Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	72
Tabel 4.21. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Persentase campuran dengan Benda Uji Balok	72
Tabel 4.22. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %	74
Tabel 4.23. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 15 %	74
Tabel 4.24. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 20 %	75
Tabel 4.25. Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %	75
Tabel 4.26. Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Presentase campuran dengan Benda Uji Batako	76
Tabel 4.27. Perbandingan Mutu Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Benda Uji Batako	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan antara berat jenis dan persentase penggunaan styrofoam	13
Gambar 2.2. Hubungan antara kuat tekan dan persentase penggunaan styrofoam	14
Gambar 2.3. Hubungan antara kuat lentur dan persentase penggunaan styrofoam	15
Gambar 2.4. Benda Uji Kuat Tekan Mortar	19
Gambar 2.5. ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Pada Balok	20
Gambar 2.6. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Sempel	25
Gambar 2.7. Pengujian Kuat Tekan Silinder	25
Gambar 2.8. Mesin Kuat Tekan	26
Gambar 3.1. Bagan alir Langkah-langkah Penelitian	29
Gambar 3.2. Aparatus pemeriksaan Slump	35
Gambar 3.3. Sketsa Pengujian Slump	37
Gambar 3.4. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar	38
Gambar 3.5. Sketsa Pembebanan Tes Tarik Mortar	40
Gambar 3.6. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Sampel	42
Gambar 3.7. Pengujian Kuat Tekan Silinder	43
Gambar 3.8. Sketsa Uji Kuat Lentur Beton	44
Gambar 4.1. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar	48

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Mortar	55
Grafik 4.2.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Silinder	62
Grafik 4.3.	Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Batako	69
Grafik 4.4.	Perbandingan Berat Benda Uji Dan Kuat Tarik lentur Beton Dengan Benda Uji Balok	73
Grafik 4.5.	Perbandingan Berat Benda Uji Dan Kuat Tarik lentur Beton Dengan Benda Uji Batako	76
Grafik 4.6.	Perbedaan Berat Jenis	79
Grafik 4.7.	Perbedaan Kuat Tekan	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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

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

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

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

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

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

Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi atau dengan kata lain 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 (*puenice*).

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

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

1.2. Rumusan Masalah

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

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

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

1.3. Tujuan Penelitian

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

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

1.4. Kegunaan Penelitian

a. Bagi peneliti :

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

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

b. Bagi lembaga pendidikan :

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

c. Bagi perencana dan pelaksana proyek :

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

1.5. Batasan Masalah

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

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

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

Secara umum pemilihan proporsi campuran beton yang memenuhi persyaratan adalah :

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

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

(SNI 03-2847-2002, hal 22)

2.2. Beton ringan

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

Tabel 2.1 Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya

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

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

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

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

2.3. Styrofoam

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

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

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* ($C_6H_5CH_2CH_2$), 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.

2.4. Pulverized fly ash (PFA)

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

Keuntungan menggunakan PFA pada beton:

1. Dapat menggantikan semen karena bersifat pozzolanic.

Menurut ASTM C 618-96 (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 %.

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

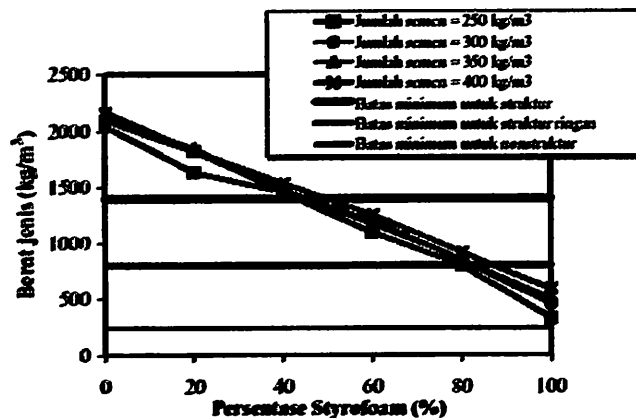
Setelah didapat informasi awal dari material tersebut, maka dilakukan perencanaan campuran semen dan PFA agar diketahui perbandingan yang optimum antara semen dan PFA. Setelah mendapatkan komposisi campuran

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

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

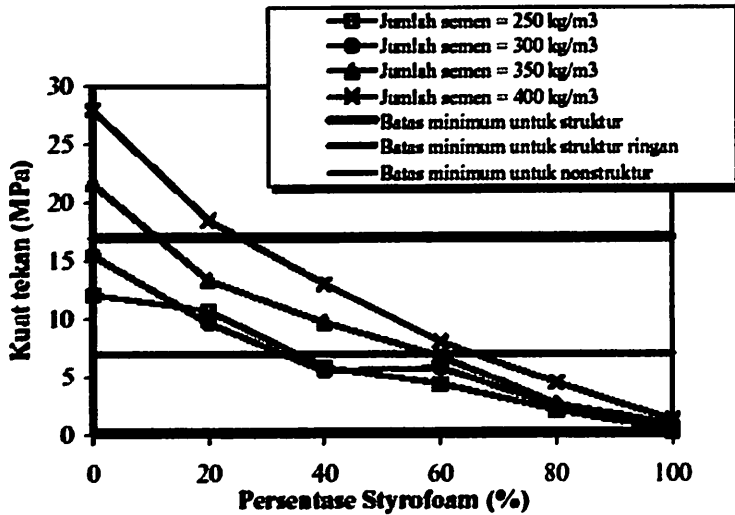
2.5. Hasil Penelitian Beton Ringan Terdahulu

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



Gambar 2.1 Hubungan antara berat jenis dan persentase penggunaan styrofoam

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

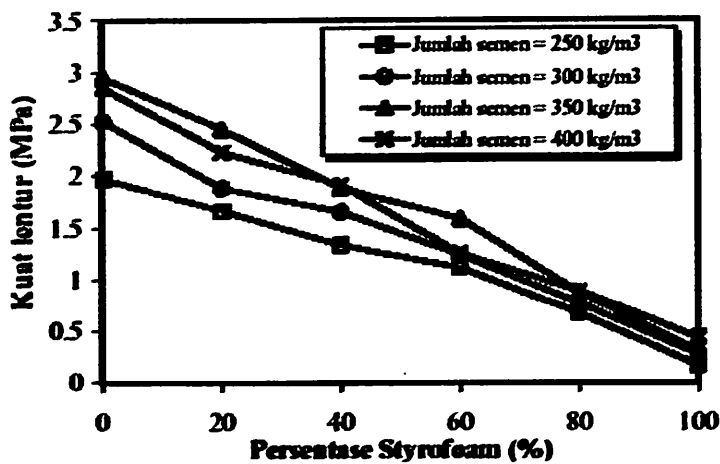


Gambar 2.2 Hubungan antara kuat tekan dan persentase penggunaan styrofoam

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

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

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



Gambar 2.3 Hubungan antara kuat lentur dan persentase penggunaan styrofoam

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

Tabel 2.2 Spesifikasi Weather Panel

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

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

1. Mempunyai berat dinding hanya 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(lihat gambar 2.4)
4. Dan lain-lain

2.6. Mortar

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

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

2.6.1. Jenis Mortar

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

- **Mortar lumpur**

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

- **Mortar kapur**

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

- **Mortar Semen**

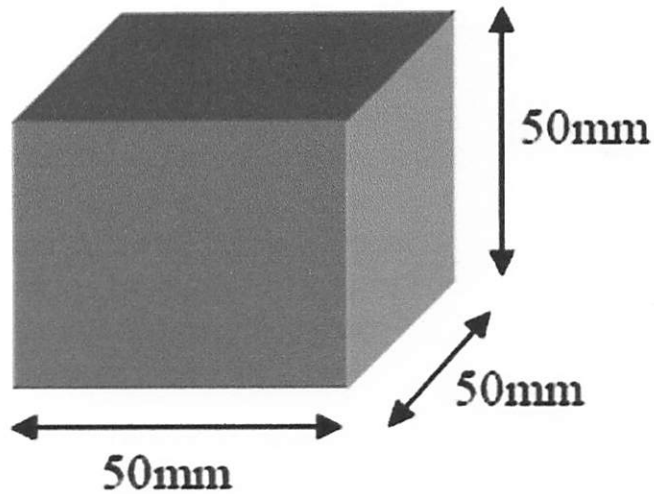
Mortar semen dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada kedua mortar sebelumnya, oleh karena itu biasa dipakai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

- **Mortar Khusus**

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

2.6.2. Benda Uji

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

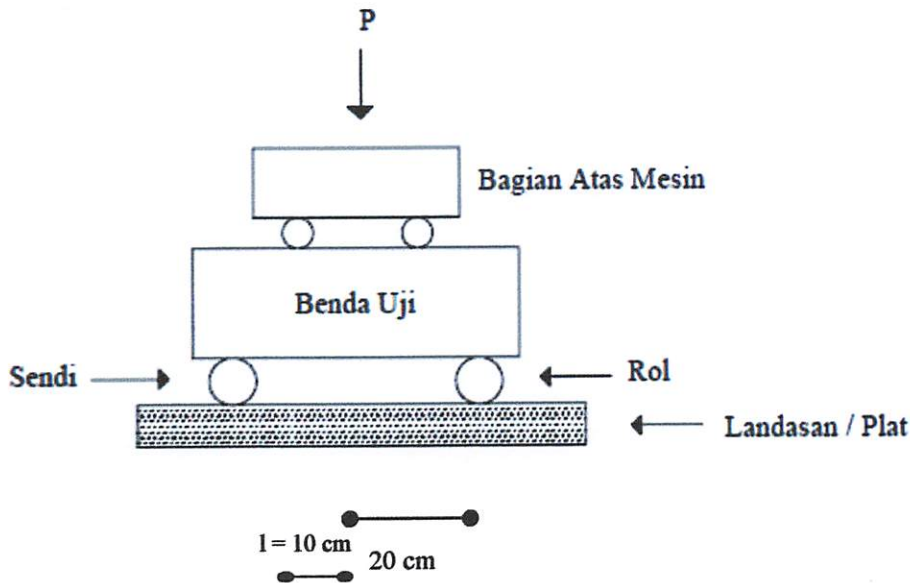


Gambar 2.4 Benda uji kuat tekan mortar

2.7. Kuat Lentur

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

(Aman subakti hal 181)



Gambar 2.5 Ilustrasi Pengujian Kuat Lentur Pada Balok

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

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

Dimana : P = Beban Maksimum (Kg)

L = Panjang Efektif Bentang (cm)

b = Lebar benda uji (cm)

d = Tinggi benda uji (cm)

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

- Momen di tengah-tengah bentang :

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

- Momen tahanan :

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

- Kuat lentur :

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

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

- Momen di tengah-tengah bentang :

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

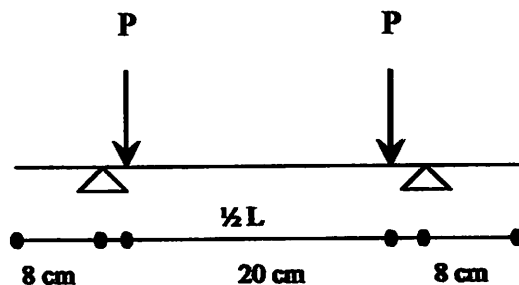
- Momen tahanan :

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

- Kuat lentur :

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

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



- Momen di tengah-tengah bentang :

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

$$= 1/4 PL$$

- Momen tahanan :

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

- Kuat lentur :

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

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

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

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

2.8. Kuat Tekan

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

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

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

Dimana : P = Beban Maksimum (kg)

A = Luas Penampang benda uji (cm^2)

F_u = Faktor umur

b. Kuat Tekan Rata – Rata (f_{cr}) :

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

Dimana : f_{ci} = Jumlah kuat tekan beton antara benda uji

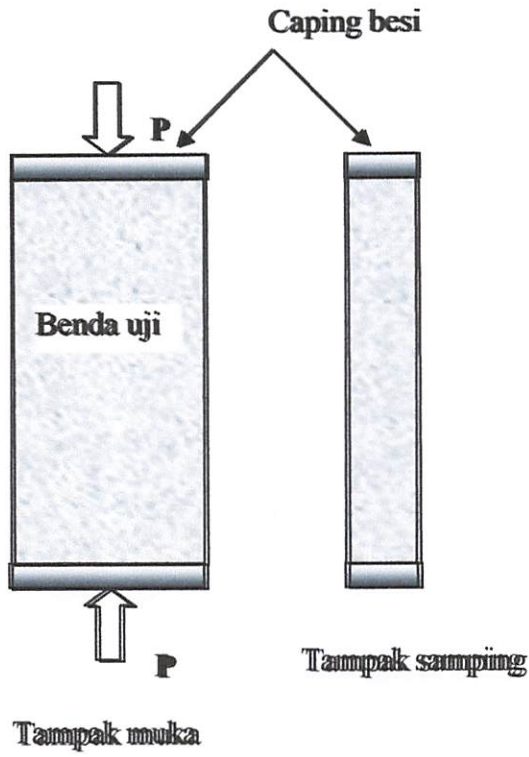
n = Jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan

c. Simpangan Baku (S)

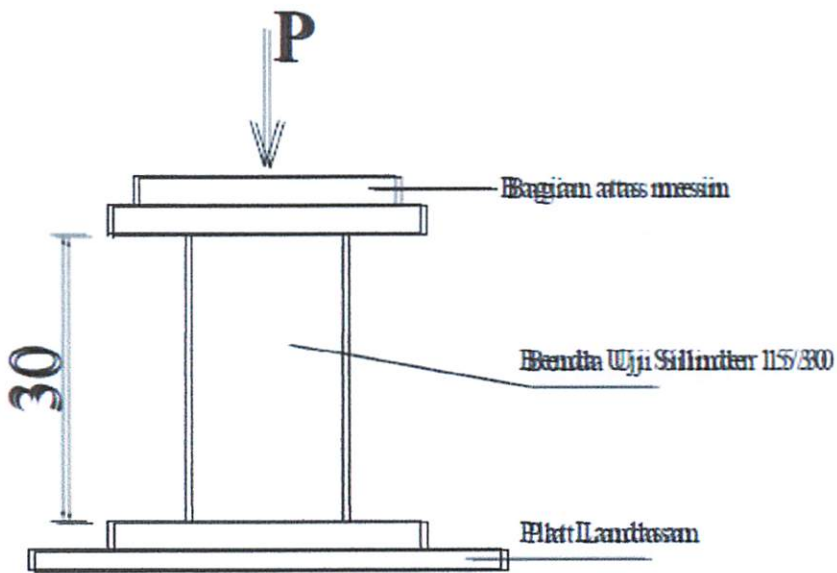
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_{ci} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

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

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

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

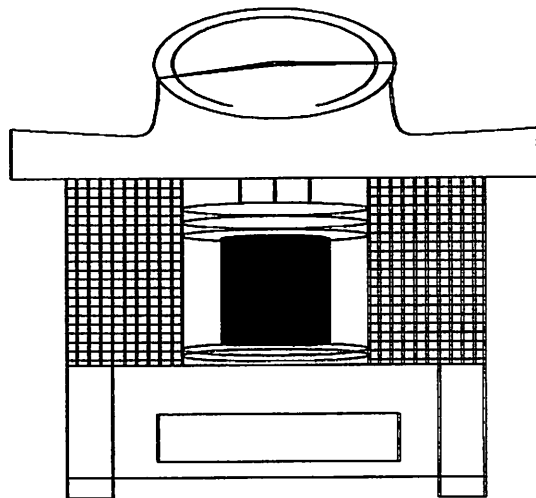
Dimana : $f'c$ = Kuat tekan mortar (Kg/cm²)

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

A = Luas permukaan benda uji (cm²)

2.8.2. Mesin uji kuat tekan

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



Gambar 2.8 Mesin Uji Kuat Tekan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

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

3.2. Standar Penelitian

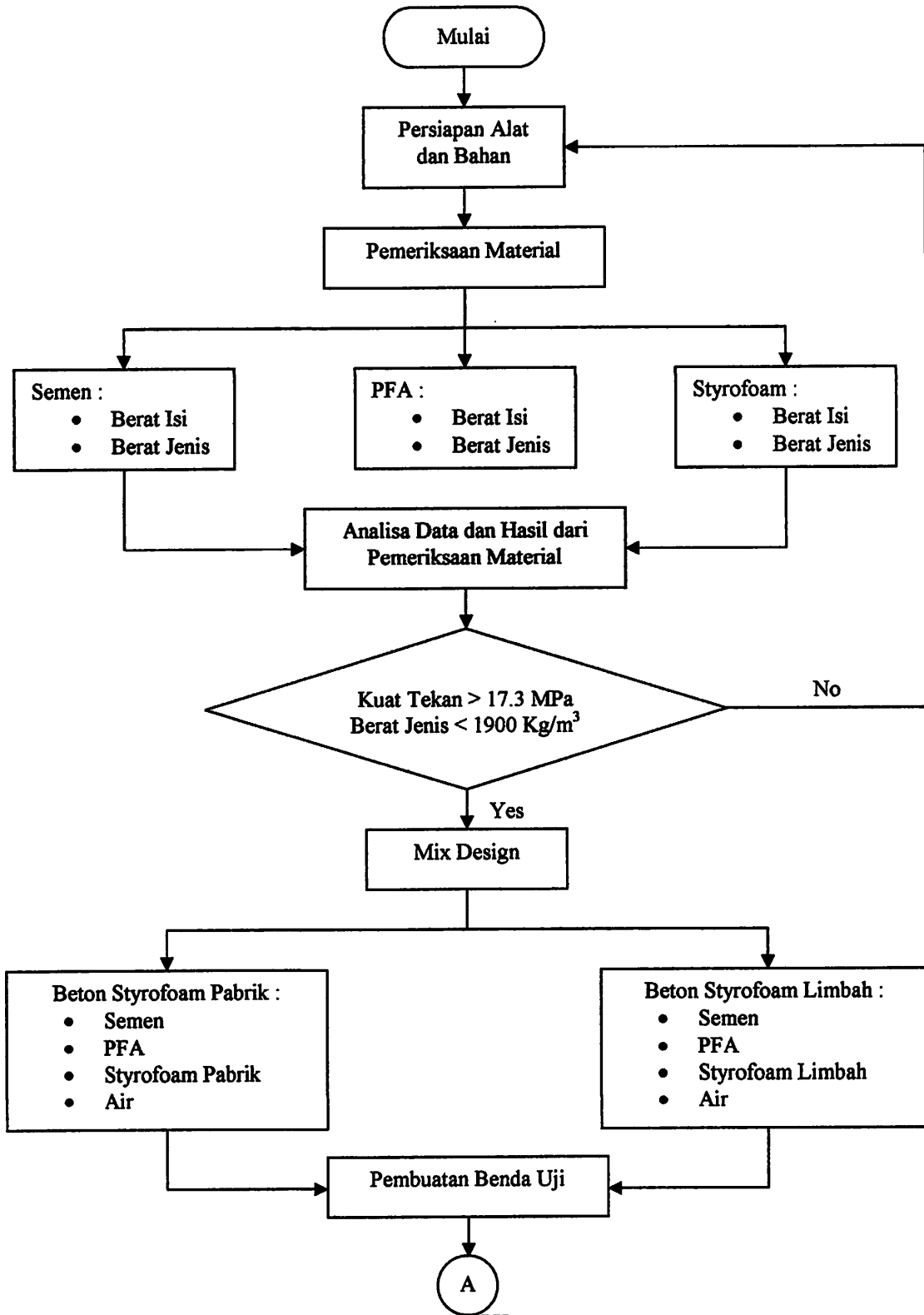
Untuk melaksanakan penelitian ini, standar yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.1.

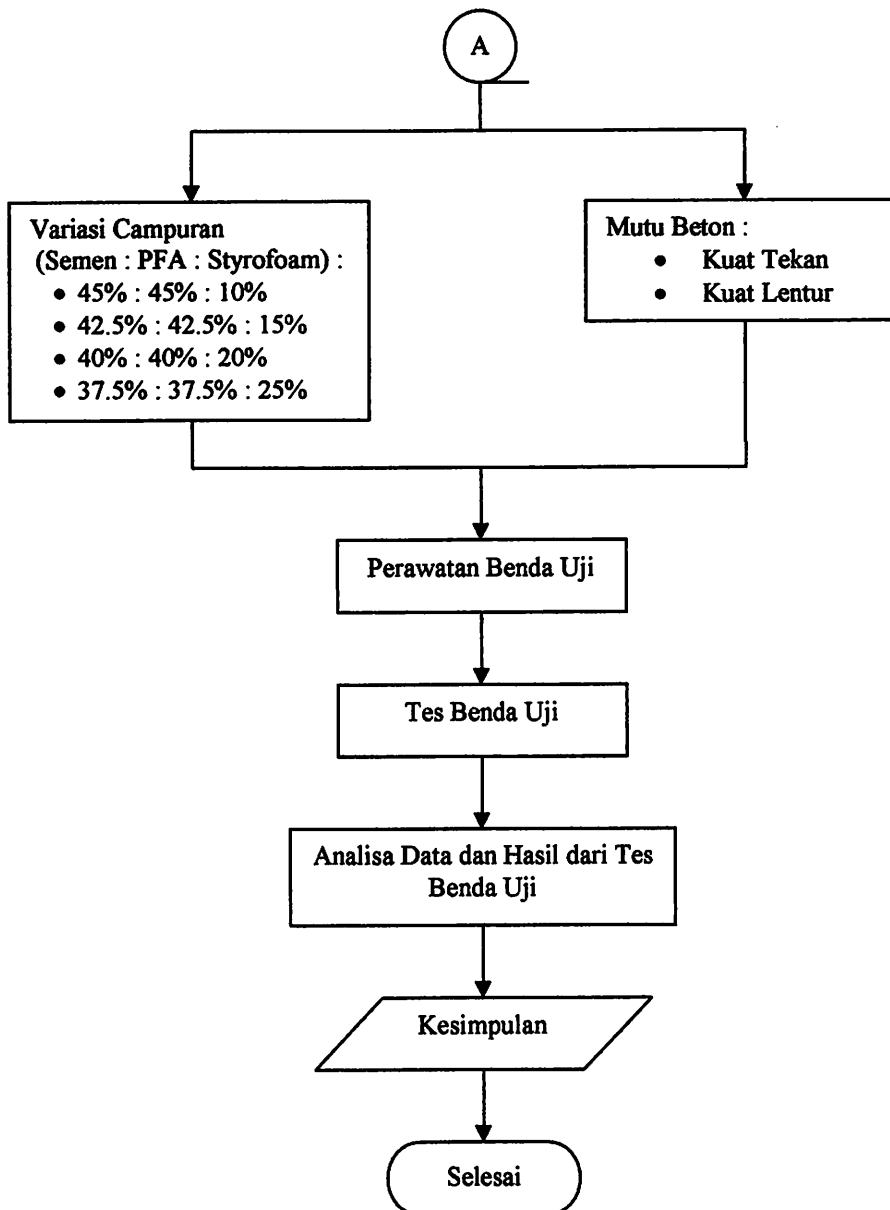
Tabel 3.1 Standar yang dipakai dalam penelitian material

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

3.3. Kerangka Penelitian

Tahap kegiatan yang dilaksanakan dalam penelitian ini sebagai berikut :





Gambar 3.1 Bagan alir langkah – langkah penelitian

3.4 Benda Uji

3.4.1 Perencanaan Benda Uji (Semen, PFA, Air)

Sebelum mendapatkan campuran elemen beton ringan, silinder diuji tekan terlebih dahulu dengan dengan komposisi perbandingan seperti tabel 3.4 yang diuji pada usia 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

Tabel 3.2 Rencana pengujian, campuran, bentuk dan ukuran benda uji

No	Jenis Pengujian	Perbandingan berat campuran			Bentuk benda uji (cm)	Jumlah benda uji
		Semen	PFA	STY		
1	Tekan	45%	45%	10	Kubus 5x5x5	3
2	Tarik	42,5%	42,5%	15%	Briquerte	3

3.4.2. Perencanaan Campuran Beton Ringan

Perencanaan adukan beton ringan 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 kreteria seperti yang dimaksudkan di atas.

Tabel 3.3 . Variasi Campuran I (Air, Semen, PFA, Styrofoam Pabrik)

No	Jenis Pengujian	Rencana Benda Uji				Juml Sampe 1	Bentuk benda uji (BATACO)
		Fas	Semen	PFA	Sfm Toko		
1	Tes Tekan	0.5	45%	45%	10%	3	(11x21x40)
2	Tes Lentur	0.5	45%	45%	10%	3	(11x21x40)

Tabel 3.4 . Variasi Campuran II (Air, Semen, PFA, Styrofoam Pabrik)

No	Jenis Pengujian	Rencana Benda Uji				Juml Sampel	Bentuk benda uji (BATACO)
		Fas	Semen	PFA	Sfm Toko		
1	Tes Tekan	0.5	42,5%	42,5%	15%	3	(11x21x40)
2	Tes Lentur	0.5	42,5%	42,5%	15%	3	(11x21x40)

Tabel 3.5. Variasi Campuran III (Air, Semen, PFA, Styrofoam Pabrik)

No	Jenis Pengujian	Rencana Benda Uji				Juml Sampel	Bentuk benda uji (BATACO)
		Fas	Semen	PFA	Sfm Toko		
1	Tes Tekan	0.5	40%	40%	20%	3	(11x21x40)
2	Tes Lentur	0.5	40%	40%	20%	3	(11x21x40)

Tabel 3.6. Variasi Campuran IV (Air, Semen, PFA, Styrofoam Pabrik)

No	Jenis Pengujian	Rencana Benda Uji				Juml Sampel	Bentuk benda uji (BATACO)
		Fas	Semen	PFA	Sfm Toko		
1	Tes Tekan	0.5	42,5%	42,5%	15%	3	(11x21x40)
2	Tes Lentur	0.5	42,5%	42,5%	15%	3	(11x21x40)

3.5 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 Institut Teknologi Nasional Malang

iv. Styrofoam : Styrofoam berfungsi sebagai agregat ringan. Styrofoam yang digunakan adalah Styrofoam Pabrik dan Styrofoam Limbah. Styrofoam Pabrik 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 Batako
- 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

3.6 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 :

3.7 Pembuatan Benda Uji

3.7.1. 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 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.

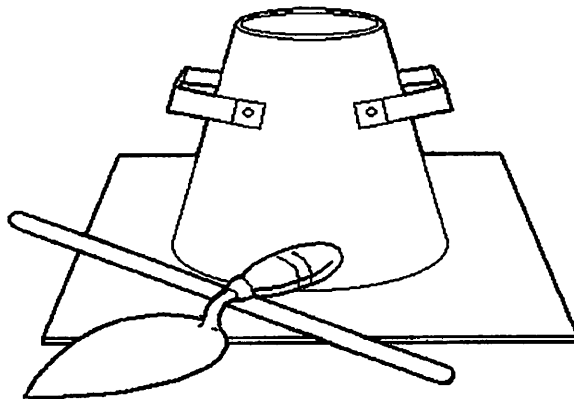
Bahan – bahan atau material yang ada kemudian ditimbang sesuai perbandingan dan kapasitas cetakan benda uji yang digunakan.

3.7.2. 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.

3.7.3. Tes Slump

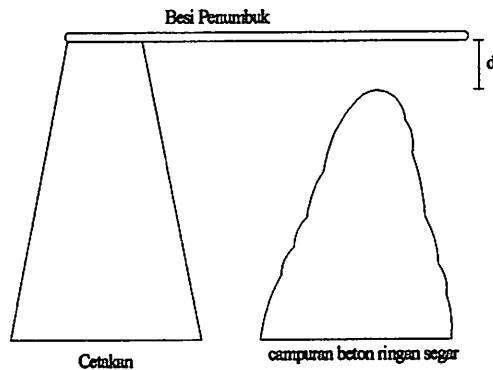
Slump dilakukan sesuai yang disyaratkan ASTM C143/C143M-00. Tes ini adalah untuk menentukan konsistensi adukan (kekentalan mortar) dengan cara mengukur besarnya diameter setelah dilakukan ketukan hingga 25 x.



Gambar 3.2 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 3.3 Ilustrasi Pengujian Slump

3.7.2. Tes Kuat Tekan Mortar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menerima beban tekan. Sampel pasta berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$, masing-masing 3 buah pada setiap macam komposisi PFA semen dan styrofoam. Sebelum melakukan pengujian, sampel direndam dalam air (*curing*) untuk menjaga agar selama berlangsung proses pengerasan mortar tidak kekurangan air. Setelah umur 28 hari sampel dites tekan dengan alat tekan Torsee's Universal Testing Machine. Untuk mengevaluasi kuat tekan hancur adalah sesuai yang disyaratkan oleh ASTM C109/C109M-02. Kuat tekan hancur didapat dengan menggunakan rumus

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

dimana f'_c = kuat tekan benda uji, P = beban maksimum yang dapat

diterima benda uji dan A = luas alas benda uji.

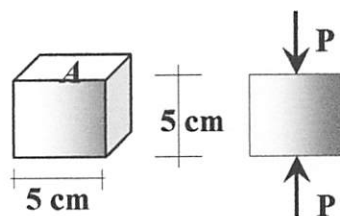
Prosedur percobaannya sebagai berikut :

- Angkatlah benda uji dari tempat perendaman, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara dilap dan dibiarkan selama 24 jam.

- Timbanglah kubus benda uji, lalu catat berat benda uji tersebut.
- Letakkan benda uji pada mesin penekan, tekanlah benda uji itu dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji itu pecah. Pada saat pecah, catatlah besarnya gaya tekan (P) maksimum yang bekerja.
- Hitunglah berat volume dan kuat tekan benda uji, selanjutnya hitung rata-rata berat volume dan kekuatan tekan benda uji tersebut.
- Buat tabel untuk mencatat hasil pengujian seperti tabel di bawah ini.

Tabel 3.7 Format perhitungan berat volume dan kuat tekan mortar

No.	Kode	fas	Umur	Berat (B)	Volume (V)	BV	Beban (P)	Luas (A)	Kuat Tekan ($f'c$)
Berat Volume rata-rata						Kuat Tekan rata-rata			



Gambar 3.4. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar

3.7.3. Tes Kuat Tarik Mortar

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan mortar dalam menerima beban tarik. Sampel benda uji Briquette, masing-masing 4 buah pada setiap macam komposisi PFA semen dan styrofoam. 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 tarik Torsee's Universal Testing Machine. Untuk mengevaluasi kuat tarik hancur adalah sesuai yang disyaratkan oleh ASTM C109/C109M-02. Kuat tarik hancur didapat dengan menggunakan rumus $f'_c = \frac{P}{A}$, dimana f'_c = kuat tekan benda uji, P = gaya aksial yang dapat diterima benda uji dan A = luas alas benda uji.

Peralatan yang diperlukan adalah mesin tarik *Tensile Strength Test Machine for Mortar (Cement Tensile)*.

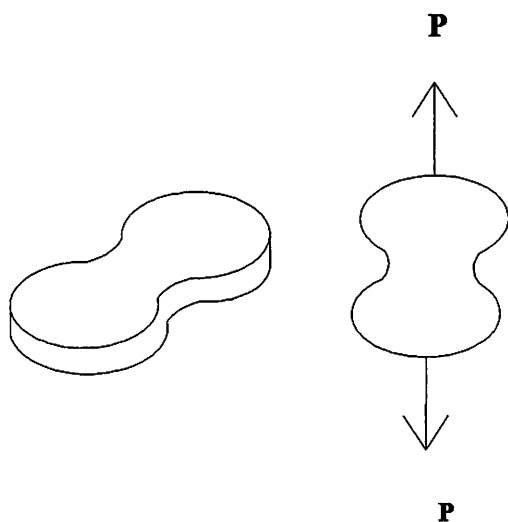
Prosedur percobaannya sebagai berikut :

- Angkatlah benda uji dari tempat perendaman, kemudian permukaannya dikeringkan dengan cara dilap dan dibiarkan selama 24 jam
- Timbanglah benda uji, lalu catat berat benda uji tersebut
- Letakkan benda uji pada mesin penarik, lalu tekan tombol start untuk menjalankan mesin. Biarkan benda uji tertarik sampai benda uji itu putus. Catatlah besarnya gaya tarik putus (lb) atau langsung catat tegangan putusnya (lb/in²)

- Hitunglah berat volume dan kuat tarik benda uji, selanjutnya hitung rata-rata berat volume dan kekuatan tarik benda uji tersebut
- Buat tabel untuk mencatat hasil pengujian seperti tabel 3.12. di bawah ini

Tabel 3.8. Format perhitungan berat volume dan kuat tarik mortar

No.	Kode	fas	Umur	Berat (B)	Volume (V)	BV	Tegangan tarik putus (lb/in ²)	Kuat Tarik (f)
Berat Volume rata-rata							Kuat Tarik rata-rata	



Gambar 3.5. Sketsa Pembebanan Tes Tarik Mortar

3.7.4. 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 Bataco dan silinder dengan kecepatan konstan, sehingga benda uji retak. Prosedur pengujian adalah:

- a. Benda uji berbentuk Bataco dan silinder kita angkat dari tempat curing (perawatan) yang sebelumnya sudah kita rendam selama 28 hari.
- b. Benda uji dikeluarkan dari tempat perawatan dan diangin-anginkan selama 24 jam.
- c. Setiap benda uji ditimbang berat dan diukur dimensinya.
- d. Apabila permukaan benda uji masih belum rata, maka perlu perataan permukaan benda uji (Capping). Satu cara untuk meratakannya adalah dengan menggosoknya, ini akan memuaskan tetapi memakan biaya dan membutuhkan waktu. Secara umum dalam meratakannya adalah dengan menutup ujung benda uji silinder (benda uji ASTM C617) dengan bahan yang cocok. Sebuah lapisan tipis yang terbuat dari campuran semen yang pekat yang menjadikannya kaku/keras bisa digunakan pada benda uji tercetak.
- e. Lakukan pengujian tekanan pada benda uji dengan Universal Testing Machine model Torsee. Proses pengujian kekuatan tekan kemudian dilakukan dengan cara menenpatkan benda uji berbentuk silinder kedalam alat pengujian, benda uji silinder ditekan dengan mesin hidrolis yang dikerjakan dengan tenaga hidrolis, atau pada perbandingan kecepatan deformasi 1.3 mm /minimum (0.05 in./minimum) yang berlaku untuk mesin mekanis, hingga beban jatuh

yang berarti bahwa hingga batas maksimum muatan benda uji dapat dipikulnya.

f. Catat beban maksimum (P) yang tercatat pada UTM yang menyebabkan beton retak

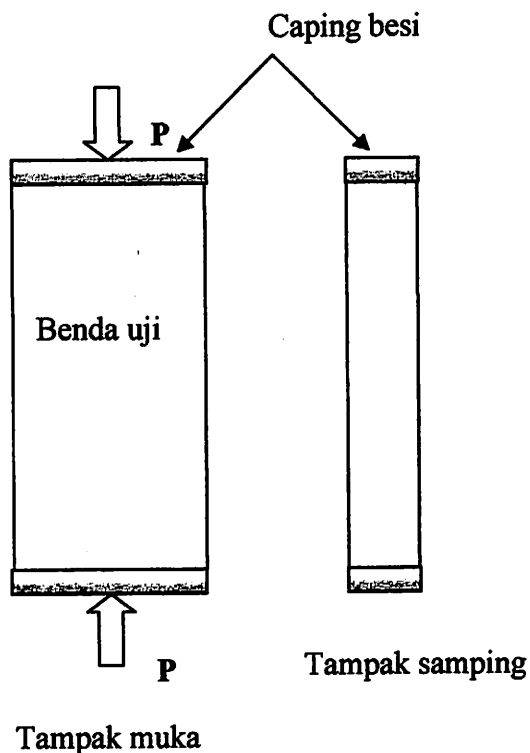
g. Nilai kuat tekan beton didapatkan dengan menggunakan rumus $f'_c = \frac{P}{A}$,

Dimana:

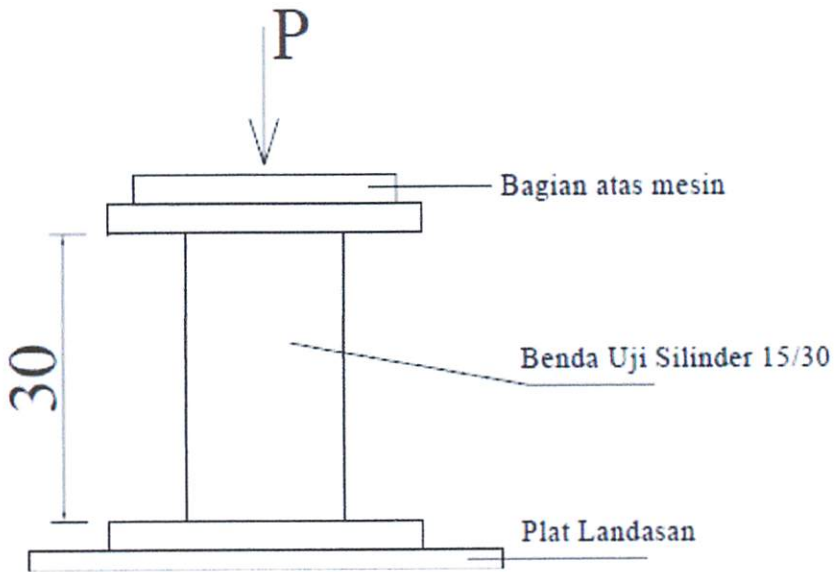
f'_c = kuat tekan beton

P = Beban maksimum yang dapat diterima beton

A = Luas alas benda uji.



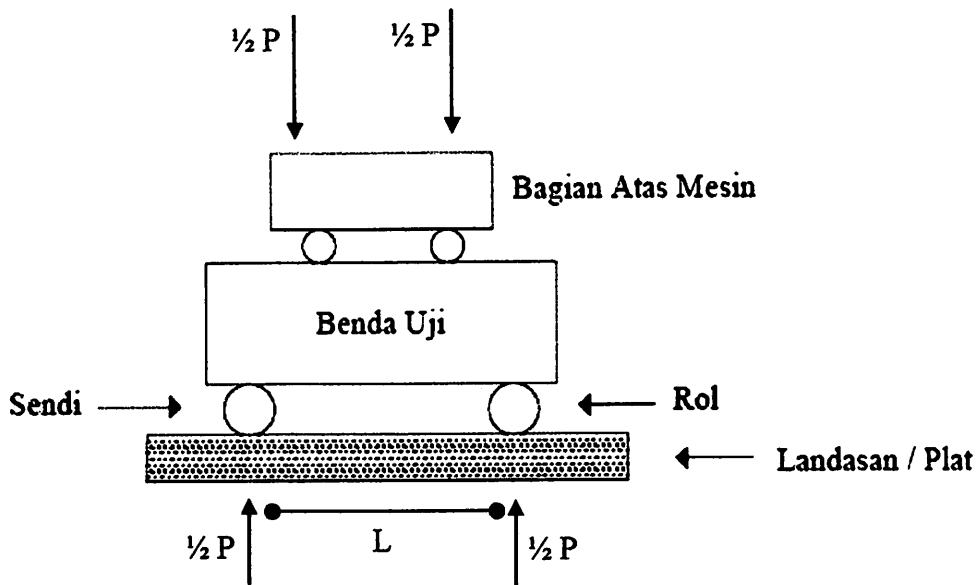
Gambar 3.6. Sketsa Pembebanan Tes Tekan Sampel



Gambar 3.7. Pengujian kuat tekan silinder

3.7.5 Kuat tarik lentur

Kekuatan tarik lentur bagian penting didalam menahan retak-retak akibat perubahan kadarair dan suhu.pengujian kuat tarik diadakan untuk pembuatan kontruksi jalan raya dan lapangan terbang.Cara lain menaksir kekuatan beton yang menyebarkan adalah dengan cara terlentur. Benda uji berupa balok berukuran 15x15x60 cm.balok beton dirawat dengan pedoman dan diuji kelenturannya pada 1/3 muatan, seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 3.8. Sketsa Uji Kuat Lentur Beton

Benda uji ini pada sisi-sisinya dengan memperhatikan posisinya ketika dicetak.

Benda uji harus memiliki permukaan yang halus, datar dan sejajar bagi beban

muatan. Kekuatan tarik maksimumnya secara teoritis atau rupture (R) = $\frac{P.L}{bd^2}$

Dimana :

P = Beban maksimum (Kg)

L = Panjang efektif bentang (cm)

b = Lebar benda uji (cm)

d = Tinggi benda uji (cm)

Rumus tersebut berlaku bila balok retak diantara titik muatan(pada sepertiga bagian tengah balok). Jika pada Penelitian ini rumus tersebut tidak berlaku karena

letak benda uji tidak simetris, maka perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$RA = \frac{1}{2}P$$

$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot P \cdot \frac{1}{2} \cdot L - \frac{1}{2} \cdot P(x)$$

$$\begin{aligned} (Fr) &= \frac{M_{max}}{W} \\ &= \frac{M_{max}}{\frac{1}{6}bd} \end{aligned}$$

3.7.6. 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 3.9, 3.10, 3.11, dan 3.12 berikut

Tabel 3.9 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 3.10Jadwal 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	10597.5	S	7380.788	80
						PFA	11016.101	
						Sty	18.652	
8/12/09	42.5	42.5	15	2	10597.5	S	6970.744	90
						PFA	10404.096	
						Sty	27.977	
10/12/09	40	40	20	2	10597.5	S	6560.700	83
						PFA	9792.090	
						Sty	37.303	
10/12/09	37.5	37.5	25	2	10597.5	S	6150.657	85
						PFA	9180.084	
						Sty	46.629	

Tabel 3.11Jadwal 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	92
						PFA	42099.750	
						Sty	71.280	
3/11/09	42.5	42.5	15	3	40500	S	26639.786	85
						PFA	39760.875	
						Sty	106.920	
5/11/09	40	30	20	3	40500	S	25072.740	80
						PFA	28066.500	
						Sty	142.560	
19/11/09	37.5	37.5	25	3	40500	S	23505.694	95
						PFA	35083.125	
						Sty	178.200	

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.

3.7.8. 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:

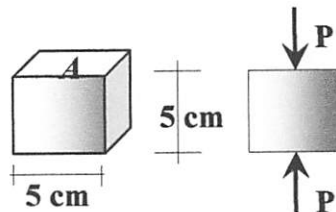
Tabel 4.1 Hasil uji material pengisi beton ringan

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 Pabrik	Unit weight	0.016 (gr/cm ³)	Kondisi kering

4.2 Pengujian Mortar

Tes Kuat Tekan Mortar

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



Gambar 4.1 Sketsa Pembebanan Tes Tekan Mortar

Tabel 4.2 Pengujian Kuat Tekan Mortar Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

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

No.	Persentase (%)			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	0.243	4000	160	160
2				17/11/09	17/12/09	28	0.250	5700	228	228
3				17/11/09	17/12/09	28	0.243	4100	164	164
4				17/11/09	17/12/09	28	0.264	6000	240	240

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{4000}{25} \\ &= 160 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'ci &= \frac{P}{A.Fu} \\ &= \frac{4000}{25.1} \\ &= 160 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'c}{n} \\ &= \frac{792}{4} \\ &= 198 \text{ Kg/cm}^2 = 19.8 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(160-198)^2 + (228-198)^2 + (164-198)^2 + (240-198)^2}{4-1}}$$

$$= 41.889 \text{ Kg/cm}^2 = 4.189 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1.64 \times (4.189))$$

$$= 19.8 - 8.518$$

$$= 12.93 \text{ Mpa}$$

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.	Persentase (%)			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	0.240	3500	140	140
2				3/11/09	3/12/09	28	0.240	3500	140	140
3				3/11/09	3/12/09	28	0.248	5500	220	220
4				3/11/09	3/12/09	28	0.240	4000	160	160

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

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

$$= \frac{3500}{25}$$

$$= 140 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$= \frac{3500}{25.1}$$

$$= 140 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'c}{n} \\ &= \frac{660}{4} \\ &= 165 \text{ Kg/cm}^2 = 16.5 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(140-165)^2 + (140-165)^2 + (220-165)^2 + (160-165)^2}{4-1}} \\ &= 37.859 \text{ Kg/cm}^2 = 3.786 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned} f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\ &= f_{cr} - (1.64 \times (3.786)) \\ &= 16.5 - 6.20 \\ &= 10,29 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

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.	Persentase (%)			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	0.232	3100	124	124
2				19/11/09	12/12/09	28	0.229	2800	112	112
3				19/11/09	12/12/09	28	0.236	3300	132	132
4				19/11/09	12/12/09	28	0.227	2300	92	92

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{3100}{25} \\
 &= 124 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur 28 hari : } f^{lci} &= \frac{P}{A.Fu} \\
 &= \frac{3100}{25.1} \\
 &= 124 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

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

$$= \frac{460}{4}$$

$$= 115 \text{ Kg/cm}^2 = 11.5 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(124 - 115)^2 + (112 - 115)^2 + (132 - 115)^2 + (92 - 115)^2}{4-1}}$$

$$= 17.397 \text{ Kg/cm}^2 = 1.74 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

$$= f_{cr} - (1.64 \times (1.74))$$

$$= 11.5 - 2.853$$

$$= 8.64 \text{ Mpa}$$

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.	Persentase (%)			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	0.225	2500	100	100
2				29/10/09	28/11/09	28	0.226	3000	120	120
3				29/10/09	28/11/09	28	0.215	2000	80	53 80
4				29/10/09	28/11/09	28	0.218	2000	80	80

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{2500}{25} \\ &= 100 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{2500}{25.1} \\ &= 100 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \frac{\sum_1^4 f'c}{n} \\ &= \frac{380}{4} \\ &= 95 \text{ Kg/cm}^2 = 9.5 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(100-95)^2 + (120-95)^2 + (80-95)^2 + (80-95)^2}{4-1}} \\ &= 19.149 \text{ Kg/cm}^2 = 1.915 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

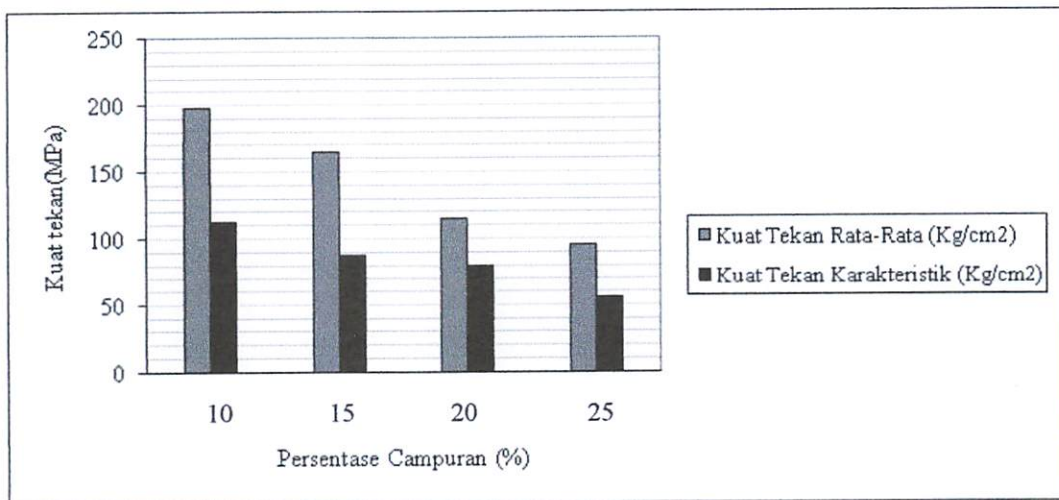
$$= f_{cr} - (1,64 \times (1,915))$$

$$= 9,5 - 3,140$$

$$= 6,36 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.6 Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Mortar

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Karakteristik (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	198	129.3
2	42,5	42,5	15	165	102.9
3	40	40	20	115	86.4
4	37,5	37,5	25	95	63.6



Grafik 4.1 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton 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.	Persentase (%)			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	8/12/09	7/1/10	28	9.98	46000	260.202	260.202
2				8/12/09	7/1/10	28	9.96	38000	214.949	214.949

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{46000}{(3.14 \times 7.5^2)} \\ &= 260.202 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A.Fu} \\ &= \frac{46000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1} \\ &= 260.202 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned}
 f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\
 &= \frac{475.152}{2} \\
 &= 237.576 \text{ Kg/cm}^2 = 23.76 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(260.202 - 237.576)^2 + (214.949 - 237.576)^2}{2-1}} \\
 &= 31.998 \text{ Kg/cm}^2 = 3.2 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f_{cr} - (1.64 \times (3.2)) \\
 &= 23.76 - 5.248 \\
 &= 18.512 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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.	Persentase (%)			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	8/12/09	7/1/10	28	9.67	33000	186.667	186.667
2				8/12/09	7/1/10	28	9.79	38000	214.949	214.949

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{33000}{(3.14 \times 7.5^2)} \\ &= 186.667 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{33000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1} \\ &= 186.667 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\ &= \frac{401.616}{2} \\ &= 200.808 \text{ Kg/cm}^2 = 20.1 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(186.667 - 200.808)^2 + (214.949 - 200.808)^2}{2-1}} \\ &= 19.999 \text{ Kg/cm}^2 = 2 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S_1)$$

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

$$= 20,1 - 3,28$$

$$= 16,82 \text{ Mpa}$$

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.	Persentase (%)			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	10/12/09	9/1/10	28	8.82	26000	147.071	147.071
2				10/12/09	9/1/10	28	8.89	29000	164.040	164.040

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{26000}{(3,14 \times 7,5^2)} \\ &= 147,071 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{26000}{(3,14 \times 7,5^2) \times 1} \\ &= 147,071 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\
 &= \frac{311.111}{2} \\
 &= 155.556 \text{ Kg/cm}^2 = 15.56 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(147.071 - 155.556)^2 + (164.040 - 155.556)^2}{2-1}} \\
 &= 11.999 \text{ Kg/cm}^2 = 1.2 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f'_{cr} - (1,64 \times S) \\
 &= f'_{cr} - (1.64 \times (1.2)) \\
 &= 15.56 - 1.968 \\
 &= 13.59 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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.	Persentase (%)			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	10/12/09	9/1/10	28	8.70	25000	141.414	141.414
2				10/12/09	9/1/10	28	8.65	24000	135.758	135.758

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{25000}{(3.14 \times 7.5^2)} \\ &= 141.414 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{25000}{(3.14 \times 7.5^2) \times 1} \\ &= 141.414 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned}f_{cr} &= \frac{\sum_1^2 f'c}{n} \\ &= \frac{277.172}{2} \\ &= 138.586 \text{ Kg/cm}^2 = 13.86 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'_{cr})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(141.414 - 138.586)^2 + (135.758 - 138.586)^2}{2-1}} \\ &= 3.999 \text{ Kg/cm}^2 = 0.4 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

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

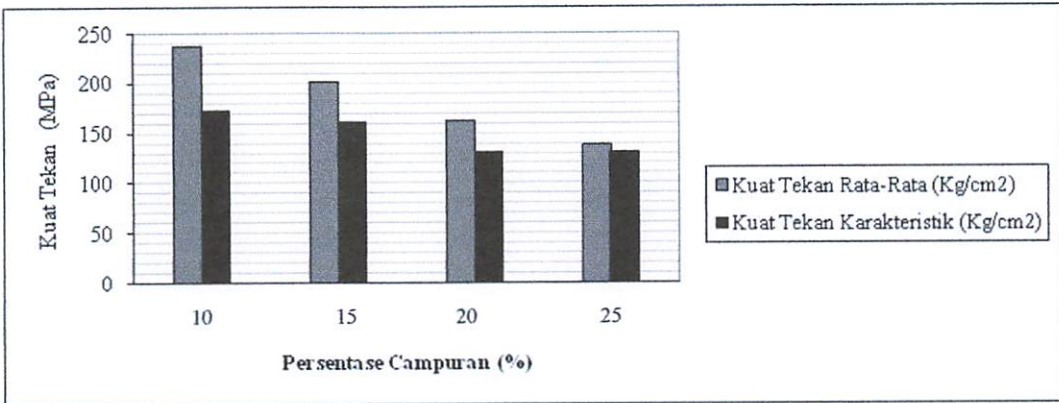
$$= f_{cr} - (1.64 \times (0.4))$$

$$= 13.86 - 0.656$$

$$= 13.204 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.11 Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Silinder

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Karakteristik (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	237,576	185.1
2	42,5	42,5	15	200,808	168.2
3	40	40	20	155,556	135.9
4	37,5	37,5	25	138,586	132.0



Grafik 4.2 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Silinder

Tes Kuat Tekan Elemen Dinding Beton Ringan

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

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

Perihal : 10 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	17.2	48000	125.943	125.943
2				16/11/09	15/12/09	28	17.09	47000	123.319	123.319
3				16/11/09	15/12/09	28	16.75	47500	124.631	124.631

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{48000}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)} \\ &= 125.943 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{48000}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1} \\ &= 125.943 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \frac{\sum_1^3 f'_{ci}}{n} \\ &= \frac{373.893}{3} \\ &= 124.631 \text{ Kg/cm}^2 = 12.46 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(125.943 - 124.631)^2 + (123.319 - 124.631)^2 + (124.631 - 124.631)^2}{3-1}} \\
 &= 1.312 \text{ Kg/cm}^2 = 0.13 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}
 f_c &= f'cr - (1,64 \times S) \\
 &= f'cr - (1.64 \times (0.13)) \\
 &= 12.46 - 0.213 \\
 &= 12.247 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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

Perihal : 15 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	16.66	44000	115.448	115.448
2				16/11/09	15/12/09	28	16.5	40000	104.952	104.952
3				16/11/09	15/12/09	28	15.05	38000	99.705	99.705

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{44000}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)} \\
 &= 115.448 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{44000}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1}$$

$$= 115.448 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata

$$f_{cr} = \frac{\sum_1^3 f'_c}{n}$$

$$= \frac{320.105}{3}$$

$$= 106.702 \text{ Kg/cm}^2 = 10.67 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(77.402 - 75.128)^2 + (85.011 - 75.128)^2 + (62.971 - 75.128)^2}{3-1}}$$

$$= 8.016 \text{ Kg/cm}^2 = 0.8 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1.64 \times S_1)$$

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

$$= 10.67 - 1.312$$

$$= 9.358 \text{ Mpa}$$

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

Perihal : 20 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	14.89	35000	91.833	91.833
2				16/11/09	15/12/09	28	15.04	35500	93.145	93.145
3				16/11/09	15/12/09	28	14.72	35000	91.833	91.833

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{35000}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)} \\ &= 91.833 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan hancur 28 hari : } f'_{ci} &= \frac{P}{A \cdot Fu} \\ &= \frac{35000}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1} \\ &= 91.833 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \frac{\sum_1^3 f'_{ci}}{n} \\ &= \frac{276.812}{3} \\ &= 92.271 \text{ Kg/cm}^2 = 9.23 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Standar deviasi

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(91.833 - 92.271)^2 + (93.145 - 92.271)^2 + (91.833 - 92.271)^2}{3-1}} \\
 &= 0.758 \text{ Kg/cm}^2 = 0.08 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S_1)$$

$$= f_{cr} - (1.64 \times (0.08))$$

$$= 9.23 - 0.164$$

$$= 9.066 \text{ Mpa}$$

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

Perihal : 25 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	14.5	29000	76.091	76.091
2				16/11/09	15/12/09	28	14.45	27500	72.155	72.155
3				16/11/09	15/12/09	28	13.66	24000	62.971	62.971

Keterangan :

- Contoh perhitungan benda uji 1

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan hancur riil :} &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{29000}{(11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)} \\
 &= 76.091 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{29000}{((11 \times 40) - ((3.14 \times 2.5^2) \times 3)) \times 1}$$

$$= 76.091 \text{ kg/cm}^2$$

- Kuat tekan rata – rata

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

$$= \frac{211.217}{3}$$

$$= 70.406 \text{ Kg/cm}^2 = 7.04 \text{ Mpa}$$

- Standar deviasi

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

$$= \sqrt{\frac{(76.091 - 70.406)^2 + (72.155 - 70.406)^2 + (62.971 - 70.406)^2}{3-1}}$$

$$= 6.732 \text{ Kg/cm}^2 = 0.67 \text{ Mpa}$$

- Kuat tekan karakteristik beton

$$f_c = f_{cr} - (1,64 \times S_1)$$

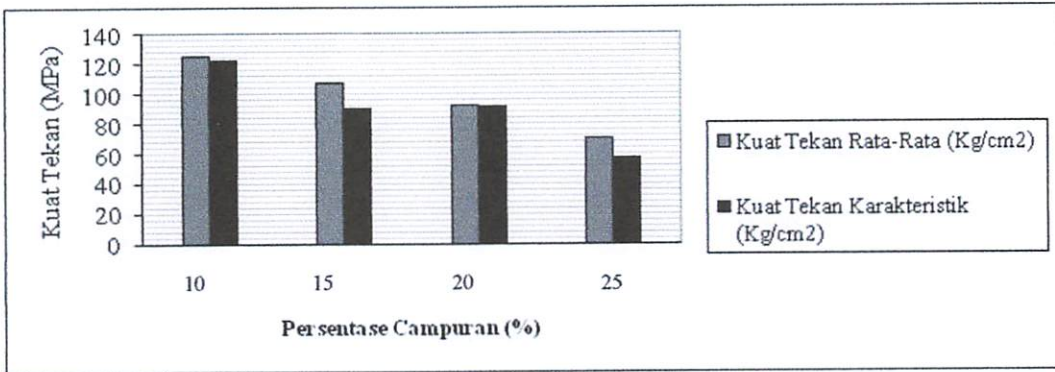
$$= f_{cr} - (1.64 \times (0.67))$$

$$= 7.04 - 1.099$$

$$= 5.941 \text{ Mpa}$$

Tabel 4.16 Nilai Kuat Tekan Dengan Benda Uji Batako

No.	Persentase Campuran (%)			Kuat Tekan Rata-Rata (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Karakteristik (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty		
1	45	45	10	124,631	122.47
2	42,5	42,5	15	106,702	93.58
3	40	40	20	92,271	90.66
4	37,5	37,5	25	70,406	59.41



Grafik 4.3 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Rata – Rata Dan Kuat Tekan Karakteristik Beton Dengan Benda Uji Batako

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.	Persentase (%)			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	6/12/09	5/1/10	28	27.49	1800	29.696
2				6/12/09	5/1/10	28	27.66	2000	32.996
3				6/12/09	5/1/10	28	22.60	1800	29.696

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,96 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0,96 \frac{1800.58}{15.15^2} \\
 &= 29.696 \text{ Kg/cm}^2 = 2.97 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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.	Persentase (%)			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	3/11/09	3/12/09	28	25.21	1950	32.171
2				3/11/09	3/12/09	28	24.37	1700	28.046
3				3/11/09	3/12/09	28	23.53	1650	27.221

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0,96 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0,96 \frac{1950.58}{15.15^2} \\
 &= 32.171 \text{ Kg/cm}^2 = 3.22 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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.	Persentase (%)			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm2)
	S	PFA	Sty						
1	40	40	20	5/11/09	3/12/09	28	22.69	1300	21.447
2				5/11/09	3/12/09	28	25.13	1900	31.346
3				5/11/09	3/12/09	28	23.74	900	14.848

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0,96 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0,96 \frac{1300.58}{15.15^2} \\
 &= 21.447 \text{ Kg/cm}^2 = 2.14 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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

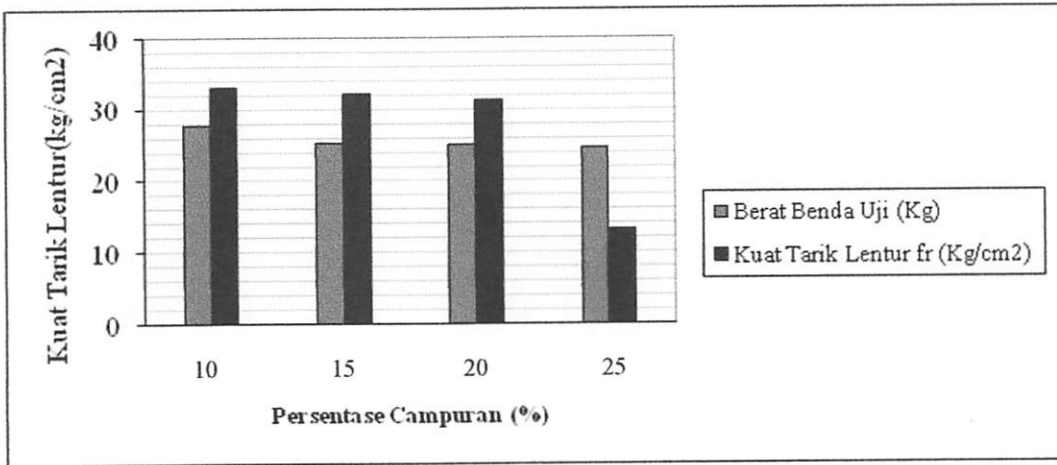
No.	Persentase (%)			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty						
1	37.5	37.5	25	19/11/09	19/12/09	28	24.16	400	6.599
2				19/11/09	19/12/09	28	22.63	500	8.249
3				19/11/09	19/12/09	28	24.67	800	13.198

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0,96 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0,96 \frac{400.58}{15.15^2} \\
 &= 6.599 \text{ Kg/cm}^2 = 0.66 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.21 Nilai Kuat Tarik Lentur tertinggi antar Persentase campuran dengan Benda Uji Balok

No.	Persentase Campuran (%)			No. Benda Uji	Berat Benda Uji (Kg)	Kuat Tarik Lentur fr (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty			
1	45	45	10	2	27.66	32.996
2	42.5	42.5	15	1	25.21	32.171
3	40	40	20	2	25.13	31.346
4	37.5	37.5	25	3	24.67	13.198



Grafik 4.4 Perbandingan Berat Benda Uji Dan Kuat Tarik lentur Beton Dengan Benda Uji Balok

Tes Kuat Lentur Elemen Dinding Beton Ringan

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perilaku lentur beton dan beban pada balok beton sederhana pada umur rendaman benda uji beton 28 hari. Benda uji adalah batako ukuran 110 x 210 x 400 mm yang ditumpu sederhana. Alat yang digunakan adalah Universal testing Machine model Torsee untuk pembebanannya. Standar pengujian menggunakan batako dengan Pembebanan Pada Segitiga Bentang (Simple Beam With Third Point Loading) sesuai ASTM C.78-02.

Tabel 4.22 Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 10 %

Perihal : 10 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	17.16	34100	336.571
2				16/11/09	15/12/09	28	16.8	32900	324.727
3				16/11/09	15/12/09	28	17.06	33400	329.662

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0.66 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \frac{34100.38}{21.11^2} \\
 &= 336.571 \text{ Kg/cm}^2 = 33.66 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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

Perihal : 15 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	16.55	29500	291.169
2				16/11/09	15/12/09	28	16.7	32400	319.792
3				16/11/09	15/12/09	28	16.52	24000	236.883

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0.66 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \frac{29500.38}{21.11^2} \\
 &= 291.169 \text{ Kg/cm}^2 = 29.12 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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

Perihal : 20 % Styrofoam
 Pekerjaan : Beton Ringan
 Bentuk Benda Uji : Batako 11 x 21 x 40 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	16/11/09	15/12/09	28	16.17	22500	222.078
2				16/11/09	15/12/09	28	16.35	23000	227.013
3				16/11/09	15/12/09	28	16.01	21000	207.273

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 fr &= 0.66 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \frac{22500.38}{21.11^2} \\
 &= 222.078 \text{ Kg/cm}^2 = 22.21 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.25 Pengujian Kuat Lentur Batako Beton Dengan Persentase Campuran Styrofoam 25 %

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

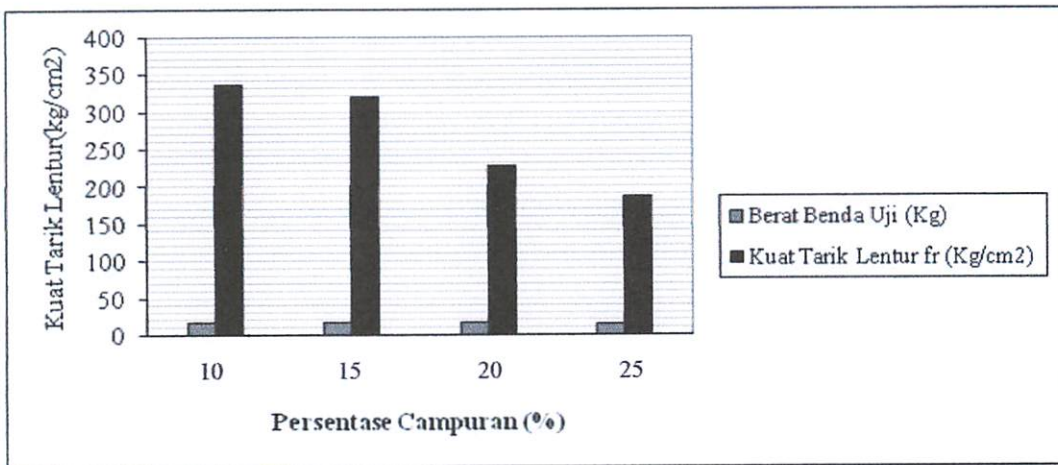
No.	Prosentase			Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Berat (Kg)	Tekanan P (Kg)	Kuat Tarik Lentur Fr (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty						
1	37.5	37.5	25	16/11/09	15/12/09	28	14.23	17500	172.727
2				16/11/09	15/12/09	28	14.52	18000	177.662
3				16/11/09	15/12/09	28	14.82	19000	187.532

Contoh perhitungan Benda Uji 1 :

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0.66 \frac{P.L}{b.d^2} \\
 &= 0.66 \frac{17500.38}{21.11^2} \\
 &= 172.727 \text{ Kg/cm}^2 = 17.27 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

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

No.	Persentase Campuran (%)			No. Benda Uji	Berat Benda Uji (Kg)	Kuat Tarik Lentur f_r (Kg/cm ²)
	S	PFA	Sty			
1	45	45	10	1	17.16	336.571
2	42.5	42.5	15	2	16.70	319.792
3	40	40	20	2	16.35	227.013
4	37.5	37.5	25	3	14.82	187.532



Grafik 4.5 Perbandingan Berat Benda Uji Dan Kuat Tarik lentur Beton Dengan Benda Uji Batako

4.5 Pembahasan Hasil Analisa

4.5.1 Mortar

Dari pengujian Mortar diatas maka didapat Nilai Kuat Tekan Rata – Rata dan Kuat Tekan Karakteristik Mortar yang Tertinggi dari masing – masing persentase campuran. Nilai Kuat Tekan Mortar yang tertinggi dihasilkan oleh persentase campuran 45% : 45% : 10 %, yaitu sebesar 198 Kg/cm^2 atau 19.8 Mpa untuk Kuat Tekan Rata – Rata Mortar dan 112.82 Kg/cm^2 atau 11.28 MPa untuk Kuat Tekan Karakteristik Mortar. Sedangkan Nilai Tegangan Hancur 28 hari tertinggi dihasilkan oleh Benda Uji nomor 4 dengan campuran 45% : 45% : 10%, yaitu sebesar 240 Kg/cm^2 atau 24 Mpa .

4.5.2 Kuat Tekan

Didapat nilai kuat tekan terbesar dengan benda uji Silinder yang digunakan pada penelitian dan pengujian, yaitu nilai kuat tekan rata – rata sebesar 237.576 Kg/cm^2 atau 23.76 Mpa dan 172.52 Kg/cm^2 atau 17.25 Mpa untuk nilai kuat tekan karakteristik dengan persentase campuran 45% : 45% : 10%. Sedangkan nilai tegangan hancur terbesar didapat dari sampel nomor 1 sebesar 260.202 Kg/cm^2 atau 26.02 Mpa dengan persentase campuran yang sama.

Dari pengujian didapat juga nilai kuat tekan yang terbesar pada benda uji Batako dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% dengan nilai kuat tekan rata – rata sebesar 124.631 Kg/cm^2 atau 12.46 Mpa dan kuat tekan karakteristik sebesar 121.96 Kg/cm^2 atau 12.2 Mpa . Sedangkan nilai tegangan hancur tertinggi

didapat nilai 125.943 Kg/cm² atau 12.59 Mpa pada benda uji Batako dengan nomor sampel 1 dengan persentase campuran yang sama.

4.5.3 Kuat Lentur

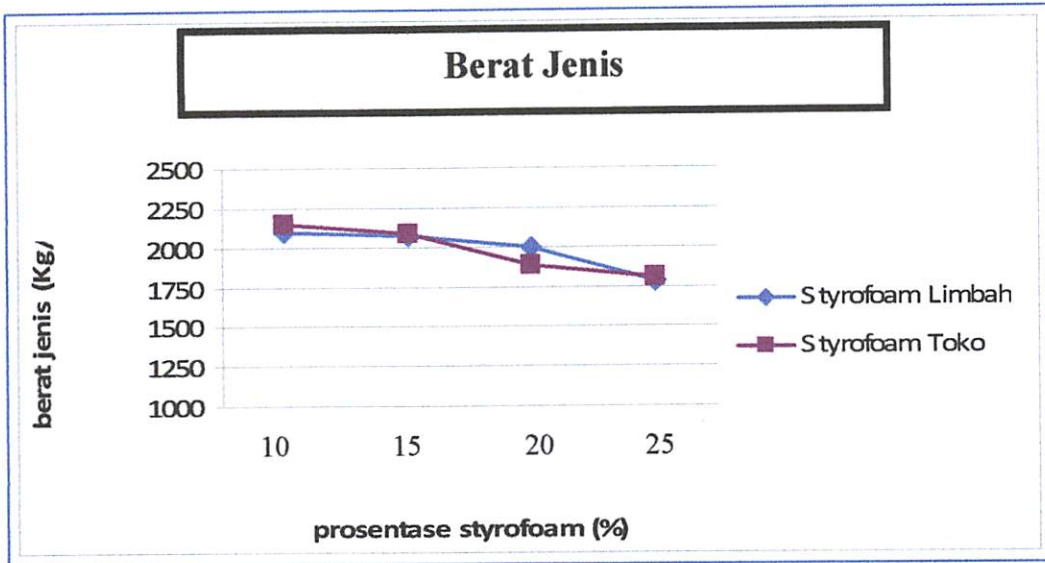
Dari penelitian dan pengujian dengan benda uji balok, maka didapat nilai kuat lentur yang terbesar terdapat pada benda uji Balok dengan nomor sampel 2 dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% yaitu 32.996 Kg/cm² atau 3.3 Mpa. Sedangkan pada benda uji Batako didapat nilai kuat lentur terbesar pada nomor sampel 1 dengan persentase campuran 45% : 45% : 10% yaitu 336.571 Kg/cm² atau 33.66 Mpa.

4.5.4 Hipotesis

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

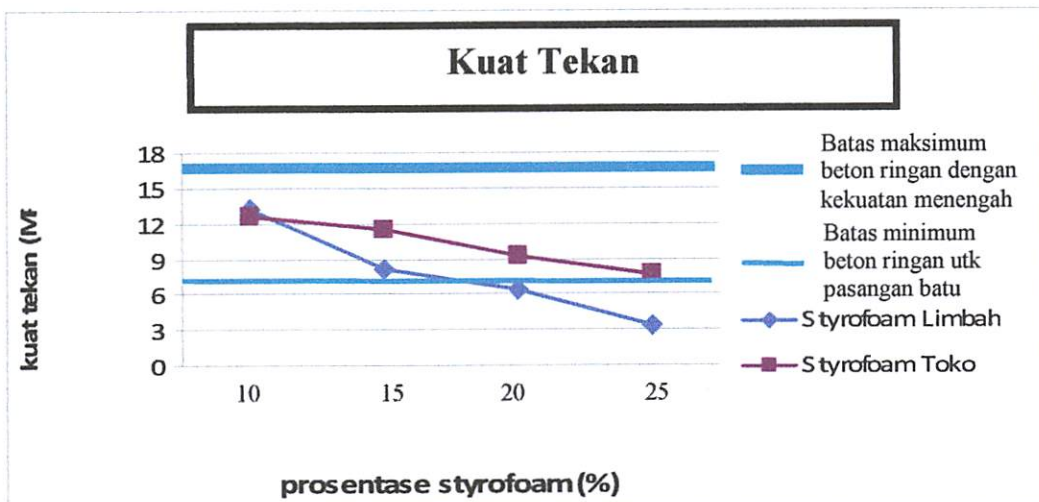
Tabel 4.27 Perbandingan Mutu Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Benda Uji Batako

Komposisi Styrofoam	Styrofoam Limbah		Styrofoam pabrik	
	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	33,65
15%	1229,42	36,42	1059,67	31,97
20%	1188,27	30,86	1044,24	22,7
25%	1162,55	27,47	1003,09	18,75



Grafik 4.6 Perbedaan Berat Jenis

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



Grafik 4.7 Perbedaan Kuat Tekan

Dari grafik diatas diperoleh perbandingan kuat tekan beton ringan dengan campuran styrofoam pabrik dan limbah. Dalam variasi campuran beton ringan termasuk dalam kategori beton ringan dengan kekuatan menengah dengan kuat tekan berada pada di atas 17,3 MPa yang dapat digunakan sebagai beton ringan untuk struktur.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

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

1. Dari hasil penelitian didapatkan kualitas beton ringan dengan bahan pengisi Styrofoam Limbah mempunyai kualitas yang lebih baik dibanding dengan campuran beton yang menggunakan Styrofoam Pabrik. Hal ini dikarenakan faktor bentuk dari Styrofoam limbah yang tidak teratur dengan permukaan yang kasar sehingga material lebih mengikat pada campuran beton.
2. Nilai Kuat Tekan yang didapat dari campuran menggunakan Styrofoam Pabrik lebih rendah dari pada campuran dengan menggunakan Styrofoam Limbah. Didapat nilai kuat tekan rata – rata tertinggi pada benda uji Bata dengan persentase Styrofoam Pabrik 10% yaitu sebesar $353,4 \text{ Kg/cm}^2$ dan $321,19 \text{ Kg/cm}^2$ untuk kuat tekan karakteristik. Dan Kuat Lentur yang dihasilkan beton dengan campuran Styrofoam Pabrik pun lebih rendah dibanding dengan menggunakan Styrofoam Limbah yaitu sebesar $21,4 \text{ Kg/cm}^2$ dengan persentase styrofoam pabrik yang sama.

Sedangkan pada campuran dengan penggunaan Styrofoam Limbah didapat nilai Kuat Tekan Rata – Rata tertinggi yaitu sebesar 431,79 Kg/cm² dan 416,75 Kg/cm² untuk nilai Kuat Tekan Karakteristik. Dan Kuat Lentur yang dihasilkan sebesar 21,96 Kg/cm².

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

5.2. Saran

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

1. Perlu kiranya penelitian yang akan datang memberikan penambahan Styrofoam yang lebih banyak pada campuran beton agar mendapatkan hasil beton ringan yang maksimal.

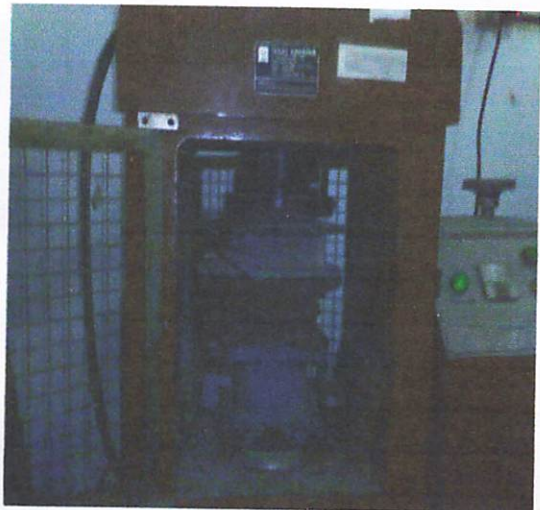
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk model yang lain dengan perilaku yang sama guna mendapatkan referensi lapangan yang lebih banyak
3. Perlunya membuat formula baru untuk membuat bahan campuran yang digunakan untuk memperoleh hasil beton yang ekonomis.
4. Perlunya menggunakan peralatan – peralatan yang baik, untuk menunjang hasil data pengujian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

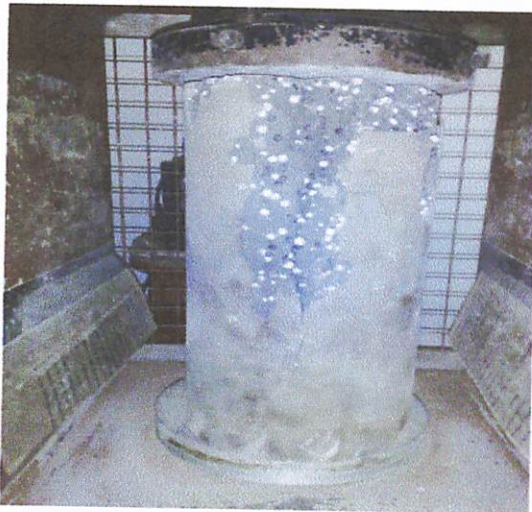
- Anonim, **Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Agregates**, 2003.
- Anonim, , **ACI Manual of Concrete Practice**, Farmington Hills : Committee, ACI Part 3, 1996.
- Anonim, **Buku Petunjuk Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi**, Malang : Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional.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

LAMPBRAN

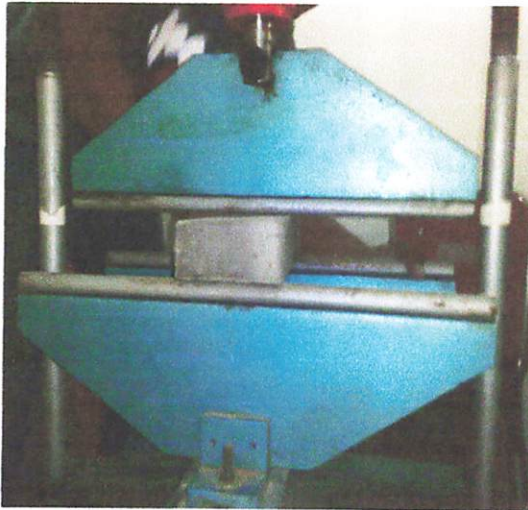
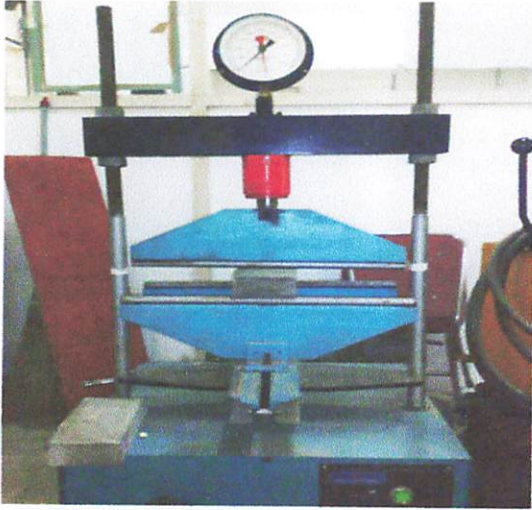
Gambar Pengujian Kuat Tekan Pada Mortar dan Bata



Gambar Pengujian Kuat Tekan Pada Silinder



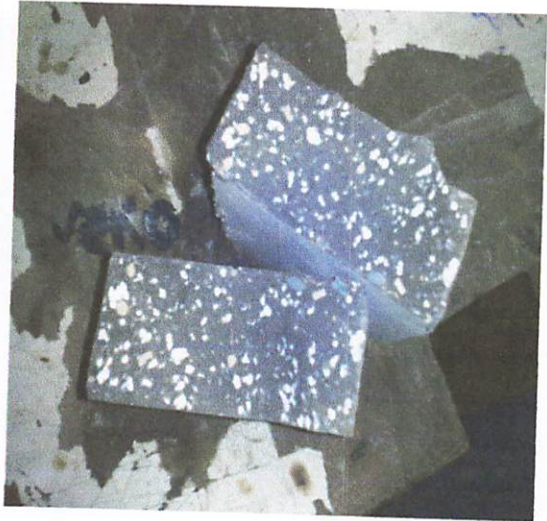
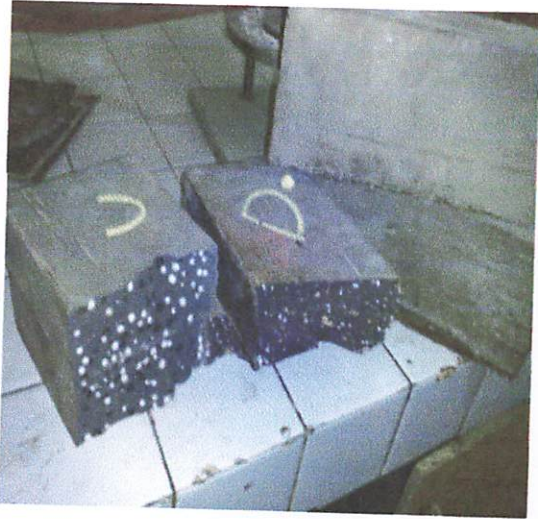
Gambar Pengujian Kuat Lentur Pada Bata



Gambar Benda Uji Bata setelah Uji Kuat Lentur



Gambar Benda Uji Bata setelah Uji Kuat Lentur



Gambar Benda Uji Bata, Balok dan Silinder



Gambar Bahan – bahan yang digunakan untuk Penelitian



Gambar Persiapan Penelitian



Gambar Perendaman Benda Uji



Gambar Benda – benda Uji setelah Uji Kuat Tekan dan Lentur



LAMPIRAN

Kelengkapan Administrasi & Lembar Asistensi



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Wahyu Tulus Widodo (03.21.109)
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Tugas : Tugas Akhir
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	27-1-2010	Babasan masalah - teori kurva lengkung - q&a pengujian yg jelas	
2	3-2-2010	Babasan masalah (2) - teori belahan lengkung - q&a yg bagus - layout bab IV	
3	9-2-2010	Analisa Biri Cantah perlu? dulu	
4	10-2-2010	q&a fil? beri keterangan	
5	12-2-2010	layout bab pendahuluan	
6	18-2-2010	Semua tabel & grafik di Biri nomor - kesimpulan Sempurna	
7	20-2-2010	A&strak -> Salah format - kesimpulan no 3 tabel Senjai - Daftar pustaka Sempurna nalan	
8	23-2-2010		



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

LEMBAR ASISTENSI

Nama : **Wahyu Tulus Widodo** (03.21.109)
Jurusan : **Teknik Sipil S - 1**
Tugas : **Tugas Akhir**
Dosen Pembimbing : **Ir. A. Agus Santosa, MT.**

No.	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	11-2-10	- Teori Leptopri syarat yg diizinkan oleh Peraturan.	
2	10-2-10	- Leptopri grafik Hubungan antara - Kuat lentur - " tahanan silinder Klein pada & lain. tambahan.	
3	22-2-10		



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG PENELITIAN

Nama : WAHYU TOLUS W.

NIM : 03.21.109

Hari / tanggal : Sabtu / 07-08-2010

Perbaiki materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

1. Latar belakang → judul ✓ Bukan masalah!

2. judul → spesifiknya apa? ✓

3. Teori → beton ringan & flyash. ✓

4. Metodologi → rancangan penelitian & bahan alir ✓

5. Nama tabel di atas

tabel Fe

⊕ : tabel s. Philleo

cek $f_c = f_{cr} - (164.S)$?

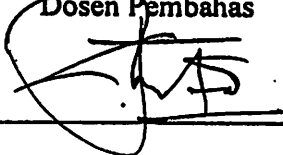
pembahasan : ⊕ pengaruh penambahan var. styrofoam, Why?
 → styrofoam pabrikan & lokal

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 :

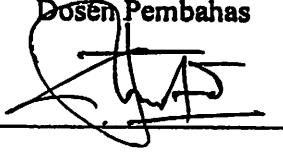
Malang, 13-08- 2010

Dosen Pembahas



Malang, 07-08- 2010

Dosen Pembahas





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 PENELITIAN

Nama :

Wahyu J W

NIM :

03.21.109

Hari / tanggal :

Sabtu

1 07 - 08 - 2010

Perbaiki materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

Jadwal

Rumusan Masalah

Daftar Kegunaan

Batasan 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

Malang, _____ 2010

Dosen Pembahas



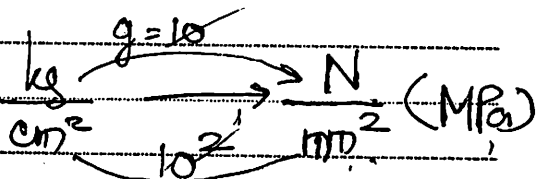
FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG PENELITIAN

Nama : WAHYU TULUS WIDODO
 NIM : 03.21.109
 Hari / tanggal : Selasa / 24-08-2010

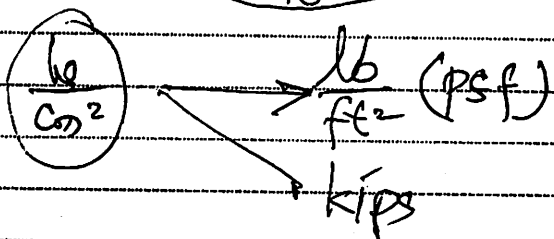
Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Lotar belakang lebih ringkas
- Rujukan pustaka diperluas & diperjelas
 - Beton ?
 - Beton ringan ?
 - Styrofoam
 - PFA ?
- Sub Bab.
- cek/ perbaiki tulisan kg/cm^2 yg. masih salah
 Uraikan nama gbr & barisan gbr.

- Uraikan notasi M^0
 $W?$



- tabel S. Pustaka?



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

Das Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 31-08- 2010

Dosen Penguji

Malang, 24-08- 2010

Dosen Penguji

(Ir. Eding Iskate I, MT.)



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

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG

Nama : Wahyu TW
 NIM : 0321109
 Hari / tanggal : Selasa , 24 08 10

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

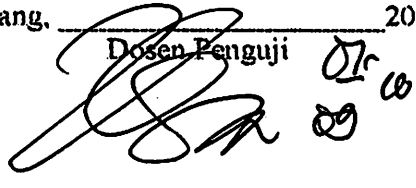
- 1. Judul
- 2. Revisi Masalah
- 3. Tujuan & Kegunaan.
- 4. Daftar pustaka
- 5. Metodologi penelitian.

Acc

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

Perbaikan Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010

Dosen Penguji


Malang, _____ 2010

Dosen Penguji
