



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PENGARUH BEBAN PENEKANAN PADA PROSES PEMBUATAN BATA RINGAN BERSERAT SEKAM PADI TERHADAP KEKUATAN LENTUR & POROSITAS PRODUK

TUGAS AKHIR



**IKLAS SYAFRIKA
07 171 027**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

ABSTRAK

Beton merupakan salah satu komponen yang digunakan dalam sebuah bangunan. Pada umumnya beton yang digunakan adalah batako yang terbuat dari campuran semen dan pasir atau kerikil. Material penyusun beton ini menghasilkan batako yang memiliki massa jenis yang tinggi. Karena sifat yang berat inilah mulai dikembangkan material pengganti batako yang lebih ringan namun juga masih memiliki kekuatan yang tak kalah dari batako konvensional.

Dalam penelitian ini dilakukan penekanan untuk melihat penyebaran porositas dari bata ringan. Adapun variasi penekanan yaitu dengan beban 6 kg, 12 kg dan 18 kg. Hasil dari penelitian ini akan dibandingkan kekuatan, dan kelembabannya dengan salah satu produk komersil.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai kekuatan flexure dengan variasi pembebanan yang berbeda, nilai kekuatan pembebanan 6 kg yaitu 0,16 MPa, pada pembebanan 12 kg memiliki kekuatan 0,19 MPa, serta nilai kekuatan pada pembebanan 18 kg yaitu 0,15 MPa, sedangkan untuk produk komersil memiliki kekuatan 0,18 MPa

Kata Kunci : Bata ringan, foam agent

KATA PENGANTAR



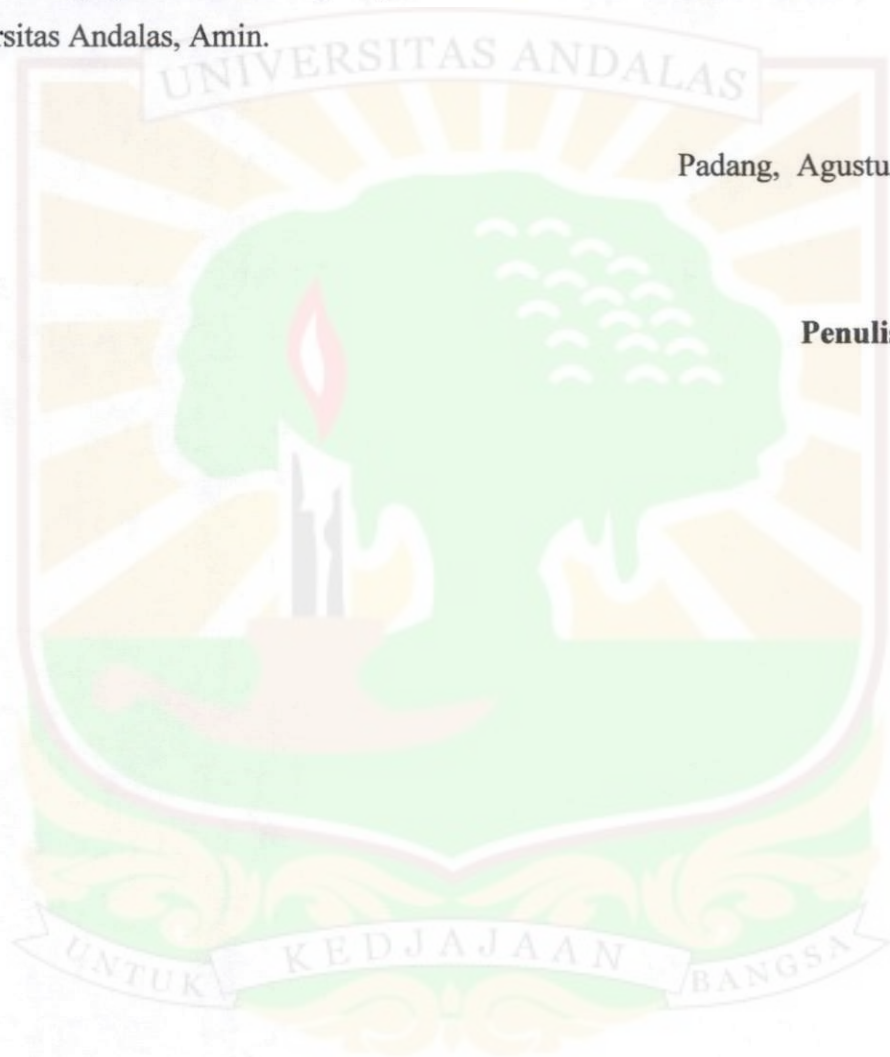
Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT dan shalawat beriring salam kepada Rasulullah SAW. Pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Pengaruh Beban Penekanan Pada Proses Pembuatan Bata Ringan Berserat Sekam Padi Terhadap Kekuatan Lentur & Porositas Produk”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan do'a, motivasi dan bantuan baik moril maupun materil.
2. Bapak Prof. Dr.-Ing. H. Hairul Abral, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, perhatian, pengarahan, dan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Ilhamdi, M.Eng selaku pembimbing dua pada tugas akhir ini, yang telah memberikan waktu dan pikiran untuk kelangsungan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. H. Gunawarman dan bapak Dr. Eng. Eka Satria selaku penguji seminar proposal dan seminar hasil dalam Tugas Akhir ini.
5. Rekan-rekan tim *“Composite Research”* atas kebersamaan, motivasi dan kerjasama dalam penyelesain Tugas akhir ini.
6. Seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas.
7. Seluruh karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2007 yang telah banyak memberikan bantuan selama proses pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas.
9. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelsaikan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis berdoa semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapat balasan pahala oleh Allah SWT, serta kesuksesan selalu diberikan-Nya kepada kita.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sangat membangun.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, terutama bagi penulis dan lingkungan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas, Amin.



Padang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
PENETAPAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	x
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Tentang Material Komposit	4
2.1.1 Klasifikasi Material	4
2.1.2 Material Komposit.....	4
2.1.3 Klasifikasi Komposit.....	5
2.1.4 Unsur Penyusun Komposit.....	8
2.1.5 Serat sebagai Penguat Komposit (<i>Fiber Reinforced Composites</i>)	9
2.2. Tinjauan tentang Serat.....	10
2.2.1 Serat Alam (<i>Natural Fiber</i>).....	10
2.2.2 Jenis-jenis Serat Alam.....	11
2.2.3 Pengaruh Panjang Serat.....	12

2.3. Tinjauan tentang Bahan Baku Bata <i>Foam</i>	12
2.3.1 Semen	12
2.3.2 Agregat	14
2.3.3 Sekam	16
2.3.4 <i>Foam Agent</i>	16
2.4. Produk Bata Ringan	18
2.4.1 Bata Ringan AAC (<i>Autoclaved Aerated Concrete</i>).....	18
2.4.2 Bata Ringan <i>Foam</i>	19
2.5. Tinjauan tentang Sifat Mekanik (<i>Flexure</i>)	20
BAB III METODOLOGI	
3.1 Skema Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	23
3.2.1 Peralatan Penelitian	23
3.2.2 Bahan Penelitian.....	26
3.3. Prosedur Pembuatan Produk	27
3.3.1 Penyiapan Serat	27
3.3.2 Pembuatan Bata <i>Foam</i>	28
3.3.3 Penyiapan Spesimen Uji.....	32
3.4. Pengujian Spesimen Bata <i>Foam</i>	33
3.4.1 Pengujian <i>Flexure</i>	33
3.4.2 Pengujian Kadar Air	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pendahuluan	34
4.2. Hasil dan Pembahasan Pengujian <i>Flexure</i>	34
4.3. Hasil dan Pembahasan Pengujian <i>Moisture Absorption</i>	38

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan 41

5.2. Saran..... 42

DAFTAR PUSTAKA

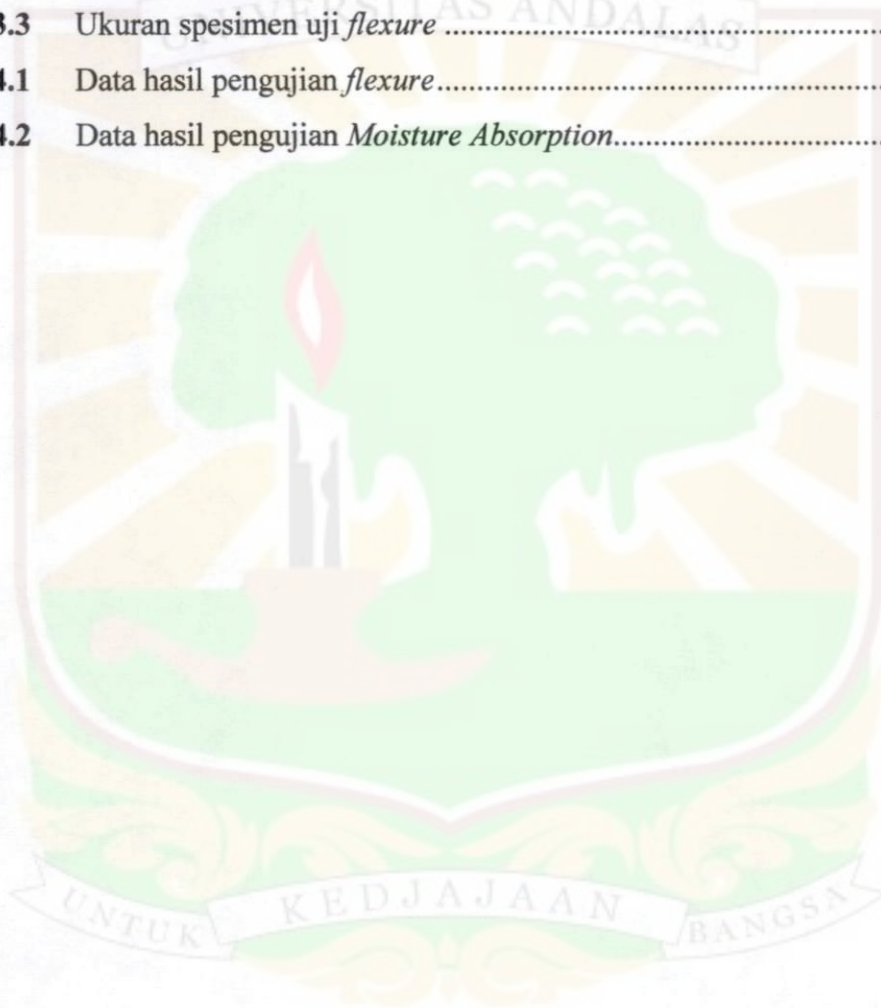
LAMPIRAN A : Foto Spesimen Pengujian

LAMPIRAN B : Grafik Tegangan-Regangan Pengujian *Flexure*



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Jenis-jenis semen.....	13
Tabel 3.1 Komposisi adukan semen.....	28
Tabel 3.2 Komposisi pembuatan <i>foam</i>	29
Tabel 3.3 Ukuran spesimen uji <i>flexure</i>	32
Tabel 4.1 Data hasil pengujian <i>flexure</i>	35
Tabel 4.2 Data hasil pengujian <i>Moisture Absorption</i>	40



DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Skematis klasifikasi material	4
Gambar 2.2 Klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya	5
Gambar 2.3 Susunan serat <i>unidirectional</i>	6
Gambar 2.4 Susunan serat <i>bidirectional</i>	6
Gambar 2.5 Susunan serat <i>discontinues</i>	6
Gambar 2.6 Susunan serat <i>random</i>	7
Gambar 2.7 Struktur <i>laminat</i>	7
Gambar 2.8 Struktur <i>sandwich</i>	7
Gambar 2.9 Komposit yang diperkuat partikel	8
Gambar 2.10 Parameter <i>fiber</i> dalam pembuatan komposit	10
Gambar 2.11 Jenis-jenis serat alam	11
Gambar 2.12 Skema serat	12
Gambar 2.13 Semen Portland Komposit	14
Gambar 2.14 Butiran Agrerat	15
Gambar 2.15 Sekam Padi	16
Gambar 2.16 (a) Cairan <i>Foam Agent</i> , (b) Busa <i>foam agent</i>	17
Gambar 2.17 Bata ringan AAC	18
Gambar 2.18 Bata ringan <i>Foam</i>	19
Gambar 2.19 Skematik pengujian <i>flexure</i>	20
Gambar 3.1 Skematik penelitian	22
Gambar 3.2 (a) Bor tangan, (b) bor tangan dan kipas yang telah dirangkai.	24
Gambar 3.3 Cetakan bata	24
Gambar 3.4 (a) <i>COM-TEN testing machine 95T series</i> dan (b) perangkat uji <i>Flexure</i>	25
Gambar 3.5 Perangkat <i>OHAUS MB45</i> (a) saat wadah terbuka dan (b) wadah tertutup	26
Gambar 3.6 Sekam padi di dalam karung	26
Gambar 3.7 (a) katalis dan (b) <i>Foam agent</i>	27

Gambar 3.8	Pengeringan sekam padi dengan memanfaatkan panas matahari dan aliran udara lingkungan.....	28
Gambar 3.9	(a) Awal pegadukan, (b) setelah diaduk beberapa saat, dan (c) hasil akhir dari pembuatan <i>foam</i>	29
Gambar 3.10	(a) pencampuran <i>foam</i> dengan adukan semen, (b) pengadukan dengan sendok semen	30
Gambar 3.11	Adukan bata <i>foam</i> dalam cetakan	30
Gambar 3.12	Proses penekanan bata ringan dengan beban (a) 6 kg, (b) 12 kg, Dan (c) 18 kg	31
Gambar 3.13	Bata yang telah dibongkar	31
Gambar 3.14	Dimensi spesimen uji <i>flexure</i> berdasarkan ASTM C 78-02	32
Gambar 3.15	Spesimen yang siap untuk diuji	32
Gambar 3.16	Diagram pengujian <i>Flexural Strength of Concrete</i> (menggunakan <i>Simple Beam with Third-Point Loading</i>)	33
Gambar 4.1	Perbandingan kekuatan bending dengan modulus keretakan ...	36
Gambar 4.2	Perbandingan gaya bending dengan defleksi.....	37
Gambar 4.3	% rongga bata terhadap beban penekanan.....	38
Gambar 4.4	Massa jenis pengujian bata <i>foam</i>	38
Gambar 4.5	Perbandingan regangan bending dengan modulus keretakan ...	39
Gambar 4.6	Besarnya pengurangan kadar air permenit pengujian.....	40

DAFTAR NOTASI

<i>Simbol</i>	<i>Arti</i>	<i>Satuan</i>
E	Regangan	%
P	Beban maksimum	N
T	Temperatur	°C, °F
L	Jarak tumpuan	MPa, psi
R	Modulus Keretakan	MPa, psi
b	Lebar spesimen	cm, mm
d	Tebal spesimen	cm, mm
a	Jarak retakan dengan tumpuan	cm, mm

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan akan bahan bangunan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk saat ini. Hal ini sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, salah satunya bidang teknik produksi pembentukan material. Kemajuan IPTEK ini mendorong pengembangan material komposit sebagai material alternatif yang memiliki kelebihan dibandingkan dengan material lainnya. Pada umumnya material komposit lebih ringan dan anti korosif.

Material komposit merupakan gabungan beberapa material yang terdiri dari fiber dan matrik yang masing-masing masih mempertahankan sifat aslinya. Pengembangan material komposit sudah dilakukan pada berbagai aspek kebutuhan, mulai dari alat-alat sederhana seperti kebutuhan rumah tangga sampai komponen-komponen pesawat antariksa.

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang tinggi membuat kebutuhan akan bangunan juga terus meningkat. Bahan-bahan bangunan yang digunakan merupakan salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam merancang *safety building*. Oleh karena itu, material komposit mempunyai andil yang besar sebagai material *safety building* yang memiliki kelebihan dari material lainnya.

Beton merupakan salah satu komponen yang digunakan dalam sebuah bangunan. Pada umumnya beton yang digunakan adalah batako yang terbuat dari campuran semen dan pasir atau kerikil. Material penyusun beton ini menghasilkan batako yang memiliki massa jenis yang tinggi. Karena sifat yang berat inilah mulai dikembangkan material pengganti batako yang lebih ringan namun juga masih memiliki kekuatan yang tak kalah dari batako konvensional.

Indonesia adalah negara agraris dimana tanaman padi merupakan tanaman utama di Indonesia, karena padi adalah sumber makanan pokok bagi masyarakat.

Di samping beras sebagai produk utama pertanian padi juga dihasilkan sekam sebagai produk sampingan dalam jumlah yang besar. Pemanfaatan sekam secara maksimal di Indonesia belum dapat dilakukan. Oleh karena itu dilakukan penggantian material pengisi pasir dalam pembuatan batako dengan sekam padi yang lebih ringan dari pada material pasir.

Pembangunan yang berkembang saat ini lebih memperhatikan lingkungan dengan memanfaatkan suatu zat kimia yang tidak berbahaya dalam penggunaannya. Zat kimia yang digunakan adalah *foam agent*. Zat ini digunakan dalam proses pembuatan batako ringan sebagai pengganti komposisi batako yang akan dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, selain semen sebagai penguat, persentase *foam agent* sangat mempengaruhi nilai kekuatan fisik dari bata beton tersebut [1].

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam penelitian ini adalah keberadaan porositas dalam produk yang dihasilkan. Porositas ini mempengaruhi nilai kekuatan dari produk itu sendiri. Oleh karena itu, didapatkan cara untuk mengurangi keberadaan porositas yaitu dengan cara memberikan pembebanan ketika proses pembuatan produk. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui besarnya pembebanan optimum yang diberikan untuk mencapai kekuatan yang mendekati nilai kekuatan bata yang sesuai dengan standar yang ada.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut;

- a) Mengetahui pengaruh beban penekanan terhadap kekuatan bending pada bata ringan *foam*.
- b) Melihat korelasi porositas akibat beban penekanan terhadap kekuatan bata ringan *foam*.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang hendak dicapai dari penelitian ini diantaranya adalah;

- a) Meningkatkan nilai guna sekam padi.
- b) Menemukan penggunaan material alternatif.

- c) Mengetahui nilai optimum variasi pembebanan dari penggantian pasir oleh sekam padi.

1.4. Batasan masalah

Pada penelitian ini yang menjadi inti pembahasan yaitu sebagai berikut;

- a) Menggunakan semen PCC (*Portland cement composite*).
- b) Menggunakan sekam padi dari salah satu tempat penggilingan padi di daerah Belimbing, kecamatan Kuranji.
- c) Arah penekanan dilakukan satu arah yaitu arah vertikal.
- d) Mengetahui nilai kekuatan bending dengan pengujian yang dilakukan yaitu *Third-Point Loading*.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini secara garis besar terbagi atas lima bagian, yaitu:

- a) BAB I PENDAHULUAN
Menjelaskan mengenai latar belakang, batasan masalah, tujuan, manfaat, serta sistematika penulisan.
- b) BAB II TINJAUAN PUSTAKA
Menjelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dengan penulisan laporan.
- c) BAB III METODOLOGI
Menguraikan langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian berlangsung.
- d) BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN
Menjelaskan tentang hasil yang didapatkan serta analisisnya.
- e) BAB V PENUTUP
Berisi tentang kesimpulan yang didapatkan selama penelitian beserta saran.

BAB II

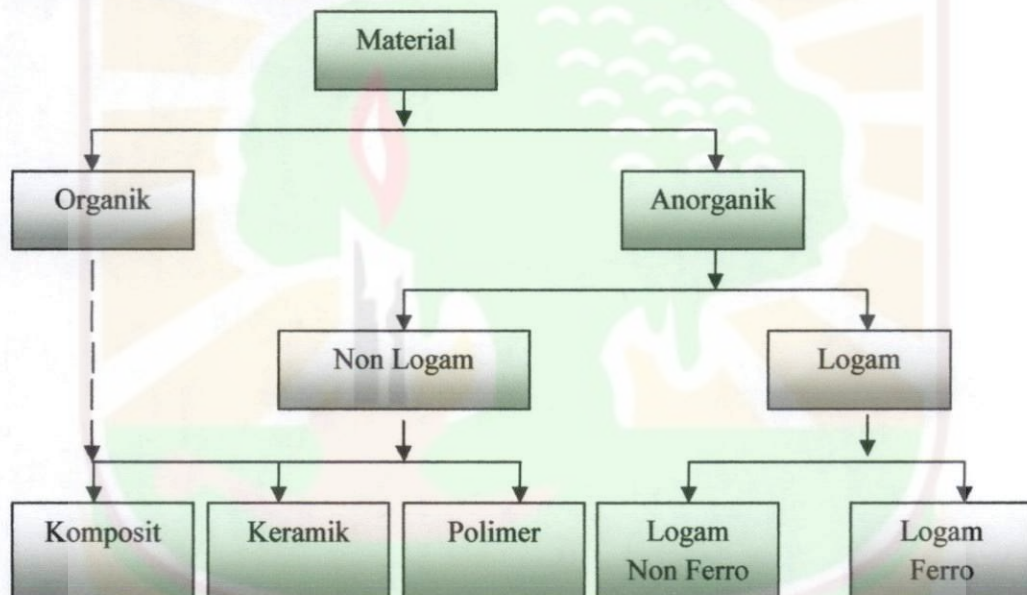
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Tentang Material Komposit

Pada bagian ini akan meninjau tentang material, klasifikasinya dan sifat – sifat penting material.

2.1.1 Klasifikasi Material

Material adalah segala sesuatu yang menempati ruang dan memiliki massa. Adapun klasifikasi material secara garis besar terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skematis klasifikasi material

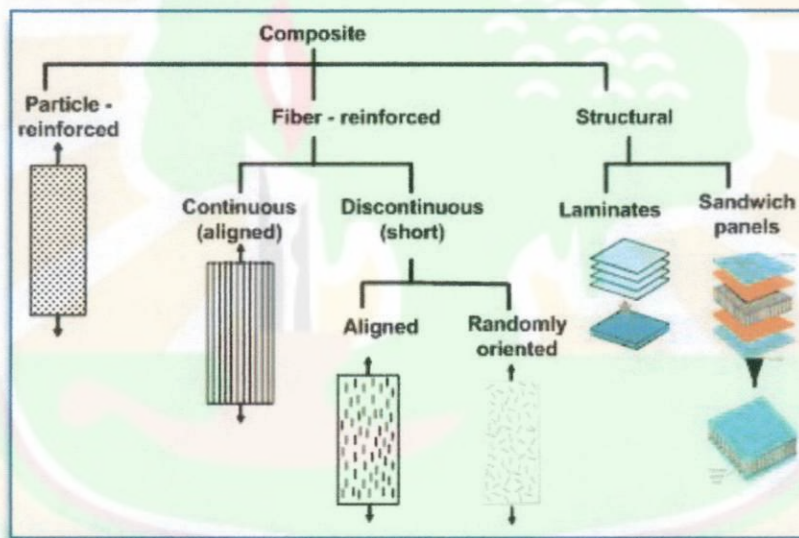
2.1.2 Material Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro atau makro, dimana sifat material yang tersebut berbeda bentuk dan komposisi kimia dari zat asalnya [2]. Material *fiber-reinforced composite* Terdiri atas *fiber* dengan kekuatan dan modulus tinggi yang melekat atau berikatan dengan matrix dengan lapisan berbeda diantara keduanya [3]. Kedua pernyataan diatas memiliki pengertian yang sama yaitu komposit merupakan gabungan material yang berbeda sifat asli dan membentuk sifat baru.

2.1.3 Klasifikasi Komposit

Secara umum material komposit dapat diklasifikasikan atas dua macam yaitu, berdasarkan matrix dan penguatnya (*reinforcement*). Berdasarkan matrix terbagi atas 3 macam yaitu *Metal Matrix Composites (MMCs)*, *Polymer Matrix Composites (PMCs)* dan *Ceramics Matrix Composites (CMCs)* [4]. Perbedaan ketiganya adalah matrik yang digunakan sesuai dengan namanya yaitu matrik logam, polimer, dan keramik. MMCs yang umum digunakan adalah aluminium paduan dengan fiber boron atau Silicon Carbide, sedangkan PMCs yang umum digunakan adalah polimer dari jenis *thermosetting*. Untuk CMCs biasanya digunakan Si_3N_4 dan Al_2O_3 .

Berdasarkan penguatnya (*reinforcement*), komposit terbagi atas tiga macam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Klasifikasi komposit berdasarkan penguatnya[5]

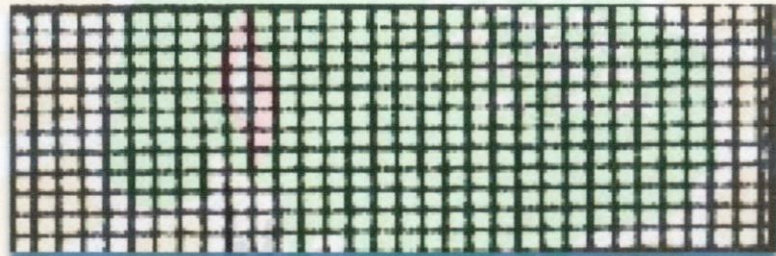
1) *Fiber Reinforced Composites*

Terdiri dari dua komponen penyusun yaitu *matrix* dan serat. Skema penyusunan serat dapat dibagi menjadi 2 :

- a) *Continues*, terbagi 2 yaitu lapisan yang menggunakan tipe susunan serat *unidirectional* dan lapisan yang menggunakan tipe susunan serat *bidirectional* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan 2.4 .



Gambar 2.3. Susunan serat *unidirectional* [3]



Gambar 2.4. Susunan serat *bidirectional* [3]

- b) *Discontinues*, memiliki kekuatan dan modulus paling rendah dari pada serat kontinu. Susunan seratnya dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Susunan serat *discontinues* [3]

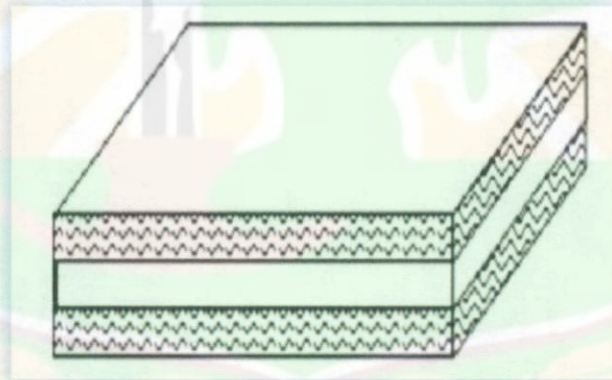
- c) *Random*, lapisan menggunakan tipe susunan serat random kemungkinan memiliki sifat mekanik dan fisik yang sama dalam segala arah di bidang lapisan. Susunan seratnya dapat dilihat pada Gambar 2.6.



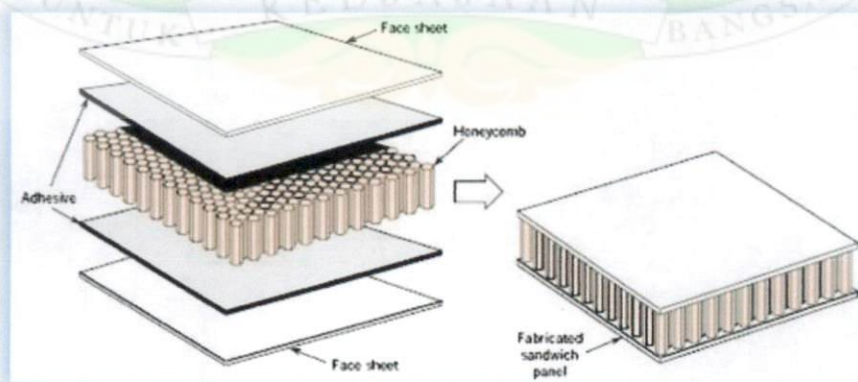
Gambar 2.6. Susunan serat *random* [3]

2) *Laminated (structural) Reinforced Composites*

Komposit jenis ini terdiri dari sekurang-kurangnya dua lapis material yang berbeda dan digabung secara bersama-sama. Laminated composite dibentuk dari lapisan-lapisan dengan berbagai macam arah penyusunan serat yang ditentukan yang disebut laminat. Yang termasuk Laminated composites (komposit berlapis) yaitu struktur laminate dan struktur sandwich, perbedaan dari kedua struktur komposit tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2.7 Struktur *laminate* [6]



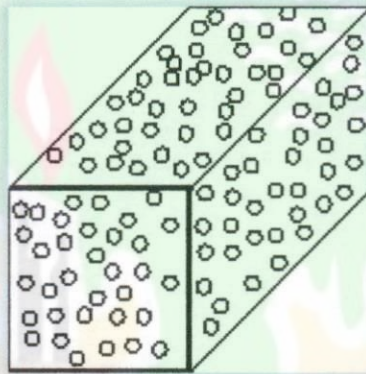
Gambar 2.8 Struktur *sandwich* [7]

3) *Particulate Composite Material*

Particulate composite material (material komposit partikel) terdiri dari satu atau lebih partikel yang tersuspensi di dalam matrix dari matrix lainnya. Partikel logam dan non-logam dapat digunakan sebagai matrix. Empat kombinasi yang dapat digunakan sebagai matriks komposit partikel;

- a) Material komposit partikel non-logam di dalam *matrix* non-logam
- b) Material komposit partikel logam di dalam *matrix* non-logam
- c) Material komposit partikel non-logam di dalam *matrix* logam
- d) Material komposit partikel logam di dalam *matrix* logam

Bentuk komposit yang diperkuat partikel dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Komposit yang diperkuat partikel [5]

2.1.4 **Unsur Penyusun Komposit**

Komposit tersusun atas berbagai unsur pembentuk, secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian utama, yaitu;

1) **Matriks**

Matriks adalah unsur pokok pada komposit yang menjadi bagian penutup dan pengikat struktur komposit. Matriks dapat terdiri atas resin (*Polyester*, *epoxide*, dll) dan *filler* atau *additive*.

2) **Material pengisi (*filler*) dan material penambah (*additive*)**

Filler dan *additive* pada prinsipnya adalah bertujuan untuk memodifikasi sifat dari resin dan mengurangi biaya pembuatan. Perbedaan keduanya terletak pada persentase yang ditambahkan pada resin.

- a) *Filler* : penambahan zat $\geq 10\%$ dari massa matriks

- b) *Additive* : penambahan zat $< 10\%$ dari massa matriks

Filler/additive yang dicampur dengan resin nantinya akan menjadi suatu kesatuan yang utuh (homogen).

3) Material penguat (*reinforcement*)

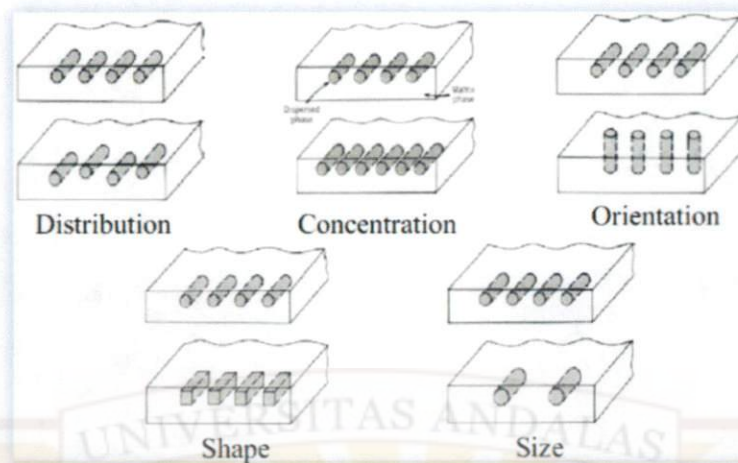
Reinforcement pada komposit juga biasa disebut dengan fiber atau serat. Serat ini yang akan menentukan karakteristik material komposit, seperti: kekakuan, serta sifat-sifat mekanik lainnya. Syarat suatu material dapat dijadikan sebagai *reinforcement* atau serat yaitu; mempunyai sifat mekanik yang baik, stabilitas termal yang bagus, tahan terhadap korosi, ringan, ekonomis, dan mudah didapatkan.

Hadi [8] menerangkan bahwa pada material komposit, serat berfungsi untuk menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja. Sedangkan matriks bertugas mentransmisikan gaya-gaya yang bekerja pada serat serta melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk “diarahkan” sehingga kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang kita kehendaki. Hal ini dinamakan dengan “*tailoring properties*” dan ini merupakan salah satu sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya.

2.1.5 Serat sebagai Penguat Komposit (*Fiber Reinforced Composites*)

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang diberikan pada komposit mulanya diterima oleh matrix akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

Parameter fiber dalam pembuatan komposit dapat dilihat pada Gambar 2.10;



Gambar 2.10 Parameter *fiber* dalam pembuatan komposit [7]

2.2. Tinjauan tentang Serat

Material komposit yang banyak dijumpai pada tahun-tahun belakangan ini masih menggunakan serat sintetis sebagai bahan penguatnya seperti halnya *fiber glass*. Tetapi dengan semakin gencarnya isu global yang menitikberatkan kesadaran akan lingkungan hidup, maka pemakaian serat alam yang berasal dari makhluk hidup mulai dikembangkan dan penggunaannya semakin banyak ditemukan.

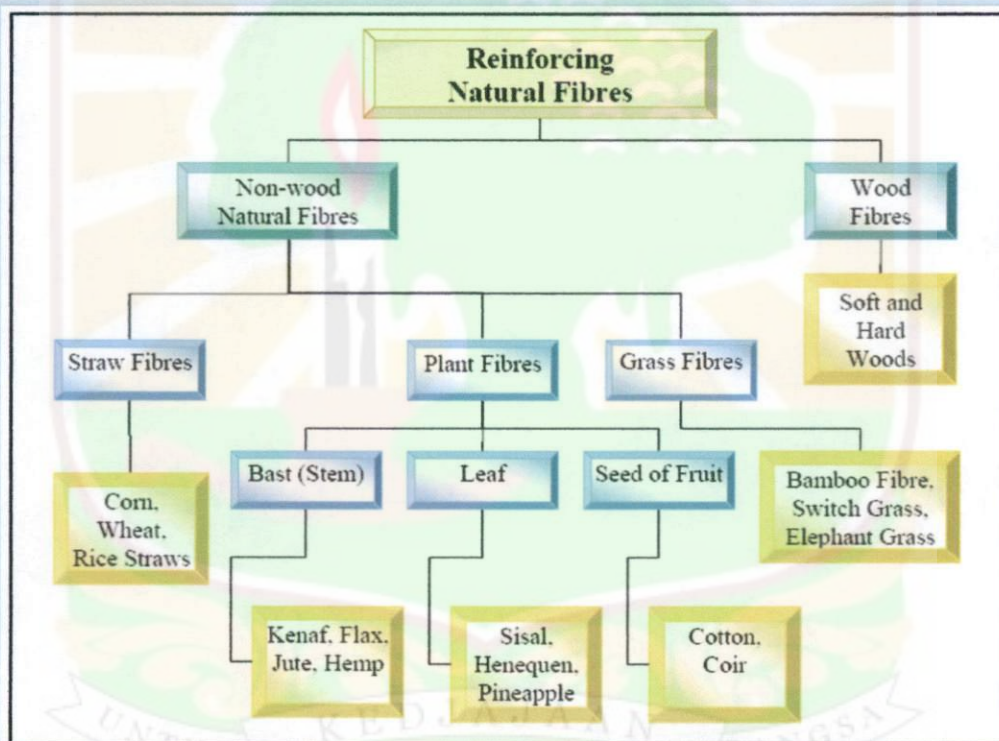
2.2.1. Serat Alam (*Natural Fiber*)

Alam telah banyak menyediakan kebutuhan manusia mulai dari makanan sampai bahan bangunan. Salah satunya adalah bahan-bahan serat alam. Serat alam mempunyai banyak keuntungan seperti ekonomis, kerapatan rendah, kekuatan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pengganti serat sintetis seperti *fiber glass*[9]. Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis. Sepanjang kebudayaan manusia penggunaan serat alam sebagai salah satu material pendukung kehidupan, mulai dari serat ijuk sebagai bahan bangunan, serat nanas atau tanaman kayu sebagai bahan sandang dan serat alam yang dapat digunakan untuk membuat tambang. Seiring dengan perkembangan teknologi bahan, peran serat-serat alam mulai tergantikan oleh jenis bahan serat sintetis seperti serat gelas atau serat karbon.

Serat alam dapat diklasifikasikan berdasarkan asalnya yakni berasal dari tumbuhan, hewan dan berasal dari mineral. Serat tumbuhan meliputi serat pada tumbuhan dikotil dan pembuluh pada tumbuhan monokotil (misalnya rami, jute, benang goni), rambut (misalnya kapas, kapuk), serat kasar (sabut kelapa, henequen) dan serat-serat lain (kelapa sawit, nenas, pisang abaca dls).

2.2.2. Jenis – Jenis Serat Alam

Serat alam dibagi berdasarkan keadaan sifat aslinya berasal dari tumbuhan, hewan atau mineral. Umumnya serat tumbuhan dan sayur-sayuran digunakan sebagai penguat plastik. Serat tumbuhan meliputi *wood* dan *non-wood fibres*. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.11.

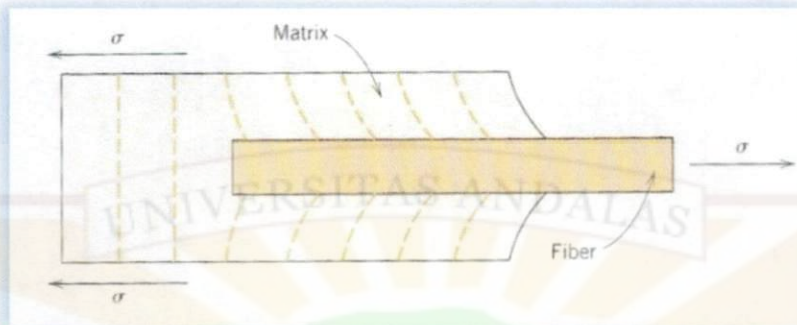


Gambar 2.11 Jenis-jenis serat alam [8]

Pada penggunaannya serat alam harus mengalami proses perlakuan dengan cara yang serupa. Penggantian *fiber glass* dengan serat alam adalah hal utama menghalangi alasan ekonomi.

2.2.3. Pengaruh Panjang Serat

Karakteristik mekanik dari komposit dengan penguatan serat tidak hanya bergantung pada *properties* dari serat, namun juga dipengaruhi oleh bagaimana beban yang diberikan dapat diteruskan ke serat oleh bagian matrix.



Gambar 2.12 Skema serat[7]

Panjang kritis serat dibutuhkan agar penguatan dan kekakuan pada material menjadi lebih efektif. Panjang kritis (l_c) ini dipengaruhi oleh diameter serat (d) dan kekuatan ultimate (atau tensile) σ_f^* dan kekuatan ikatan fiber-matrix (atau kekuatan yield geser matrix, jika lebih kecil) τ_c yang berdasarkan pada jumlah kombinasi fiber-matrix dari glass dan carbon.

$$l_c = \frac{\sigma_f^* d}{2\tau_c}$$

Bila tegangan sama dengan σ_f^* diberikan pada suatu serat yang hanya memiliki panjang kritis, bentuk (profile) stress-position ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Dari gambar 2.12 dapat diketahui bahwa pembebanan maksimum pada serat terjadi hanya di bagian pusat axial dari serat. Jika panjang serat ditingkatkan maka penguatan serat menjadi lebih efektif, bentuk stress-position untuk $l > l_c$ saat tegangan diberikan sama dengan kekuatan serat. Gambar di bawah ini juga menunjukkan bentuk stress-position untuk $l < l_c$.

2.3. Tinjauan Tentang Bahan Baku Bata Foam

2.3.1. Semen

Semen merupakan perekat hidraulis bahan bangunan, dengan artian akan menjadi perekat apabila dicampur dengan air. Bahan dasar semen pada umumnya ada 3 macam yaitu klinker/terak (70% hingga 95%, merupakan hasil olahan

pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi dan lempung), gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, pozzolan, abu terbang, dan lain-lain [10].

1) Jenis-Jenis Semen

Tabel 2.1 merupakan jenis-jenis semen beserta standar-standarnya yang beredar di Indonesia;

Tabel 2.1 Jenis-jenis Semen [10].

NO	NO. SNI	Nama
1	SNI 15-0129-2004	Semen portland putih
2	SNI 15-0302-2004	Semen portland pozzolan / Portland Pozzolan Cement (PPC)
3	SNI 15-2049-2004	Semen portland / Ordinary Portland Cement (OPC)
4	SNI 15-3500-2004	Semen portland campur
5	SNI 15-3758-2004	Semen masonry
6	SNI 15-7064-2004	Semen portland komposit

2) Semen Portland Komposit (PCC)

Semen PCC merupakan suatu variasi produk semen yang pada dasarnya merupakan semen portland tipe I yang dicampur dengan aditif bersifat *cementitious*. Di Indonesia, PCC diproduksi berdasarkan SNI 15-7064-2004. Bahan campuran untuk PCC di Indonesia pada saat ini sebagian besar menggunakan abu terbang dan bahan-bahan *cementitious* lainnya (dalam jumlah yang lebih kecil), dengan porsi semen portland berkisar antara 80% hingga 85% [11].

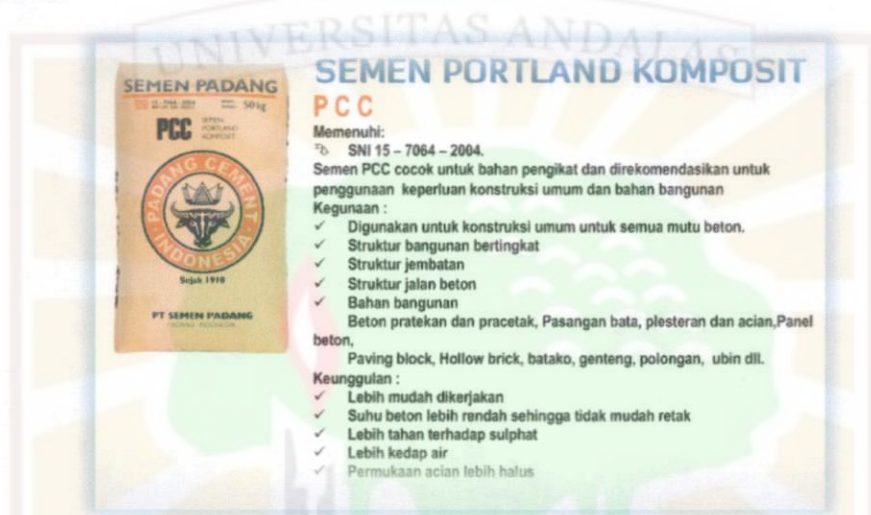
Semen PCC cocok untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum dan bahan bangunan [12].

Semen jenis ini secara umum dapat digunakan pada hal-hal berikut [12];

- a) Digunakan untuk konstruksi umum untuk semua mutu beton.
- b) Struktur bangunan bertingkat

- c) Struktur jembatan
- d) Struktur jalan beton
- e) Bahan bangunan
- f) Beton pratekan dan pracetak, Pasangan bata, plesteran dan acian, Panel beton, Paving block, Hollow brick, batako, genteng, polongan, ubin dll.

Gambar 2.13 merupakan tampilan salah satu produk semen PCC yang ada di pasaran.



Gambar 2.13 Semen Portland Komposit [12]

Semen jenis ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya sebagai berikut [12];

- a) Lebih mudah dikerjakan
- b) Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak
- c) Lebih tahan terhadap sulphat
- d) Lebih kedap air
- e) Permukaan acian lebih halus

2.3.2. Agregat

Agregat merupakan batuan mineral murni yang berfungsi sebagai bahan pengisi beton atau mortar. Sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi sifat beton atau mortar, karena agregat menempati kira-kira sekitar 70% dari volume beton atau mortar [13].

Agregat menurut kelasnya dapat dibagi atas 3 jenis [13] [14]:

- a) Agregat Alam. Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.
- b) Agregat melalui proses pengolahan. Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.
- c) Agregat Buatan. Agregat yang merupakan mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

Agregat, berdasarkan ukuran butirannya dapat dibagi atas 3 jenis [14]:

- a) Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan *mesh* No. 8.
- b) Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan *mesh* No.8 .
- c) Bahan Pengisi (filler), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan *mesh* No. 30.

Tampak butiran dari agrerat seperti yang terlihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Butiran Agrerat [15]

2.3.3. Sekam

Sekam adalah bagian dari bulir padi-padian (*serealia*) berupa lembaran yang kering, bersisik, dan tidak dapat dimakan, yang melindungi bagian dalam (endospermium dan embrio). Sekam dapat dijumpai pada hampir semua anggota rumput-rumputan (*Poaceae*), meskipun pada beberapa jenis budidaya ditemukan pula variasi bulir tanpa sekam (misalnya jagung dan gandum) [16].

Dalam pertanian, sekam dapat dipakai sebagai campuran pakan, alas kandang, dicampur di tanah sebagai pupuk, dibakar, atau arangnya dijadikan media tanam [16].

Bentuk dari sekam itu sendiri dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Sekam Padi [16]

Sekam tidak dapat dimakan. Sekam digunakan sebagai alas kandang karena sangat higroskopis sehingga menyerap cairan atau kelembaban. Beberapa hewan dapat menoleransi sekam sehingga campuran pakannya mengandung sekam. Selain itu, sekam dapat dibakar di ladang untuk dicampurkan ke tanah. Suatu teknik hidroponik murah telah dikembangkan menggunakan arang sekam sebagai media untuk menahan tanaman [16].

2.3.4. Foam Agent

Foam Agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan yang apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah bahan aktif

permukaan yang bekerja menurunkan tegangan permukaan cairan. Surfaktan banyak ditemui pada bahan deterjen, kosmetik, farmasi dan tekstil [17].

Deterjen ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{OSO}_3^- \text{Na}^+$) mengandung surfaktan. Dilihat dari struktur molekulnya, deterjen mempunyai dua gugus yang penting yaitu gugus liofil (yang menarik pelarut) dan gugus liofob (yang menolak pelarut) [1].

Gugus liofil dapat berupa gugus khlorida atau gugus bromida, atau gugus lain yang umumnya merupakan gugus yang pendek. Gugus liofob biasanya terdiri dari rantai alifatik atau aromatik yang umumnya terdiri dari paling sedikit sepuluh atom karbon. Dalam pelarut air, gugus liofil yang juga disebut gugus hidrofil akan menarik molekul air, sedangkan gugus liofob yang juga disebut hidrofob akan menghadap ke udara. Larutan deterjen di dalam air merupakan larutan kolid dan pada konsentrasi yang tinggi maka partikel-partikel koloid tersebut akan menggumpal [1].

Cairan dari *Foam Agent* itu sendiri seperti yang tampak pada Gambar 2.16.



(a)

(b)

Gambar 2.16 (a) Cairan foam agent, (b) Busa foam aget

2.4. Produk Bata Ringan

2.4.1. Bata Ringan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*)

Beton ringan adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada beton pada umumnya. Beton ringan bisa disebut sebagai beton ringan aerasi (*Aerated Lightweight Concrete/ALC*) atau sering disebut juga (*Autoclaved Aerated Concrete/ AAC*) [18]. Adonannya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan alumunium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi). Setelah adonan tercampur sempurna, nantinya akan mengembang selama 7-8 jam [18].

Alumunium pasta yang digunakan dalam adonan tadi, selain berfungsi sebagai pengembang juga berperan dalam mempengaruhi kekerasan beton. Volume aluminium pasta ini berkisar antara 5% - 8% dari adonan yang dibuat, tergantung kepadatan yang diinginkan. Adonan beton aerasi ini kemudian dipotong sesuai ukuran [18].

Setelah melalui proses pemotongan, beton ringan dimasukkan kedalam *autoclave chamber* selama ± 12 jam. Dalam proses ini beton ringan diberi tekanan sebesar 11 bar atau sebesar 264 psi ($= 1,82$ MPa) dengan temperatur sebesar 374°F, sehingga nilai kekuatannya menjadi lebih baik [18].

Bentuk dari bata ini sendiri seperti tampak pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Bata ringan AAC [19]

Secara garis besar beton ringan dapat dibagi tiga yaitu (Tjokrodinuljo, 1996)[20]:

- (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.

2.4.2. Bata Ringan *Foam*

Bata ringan *foam* adalah salah satu jenis beton ringan dimana dalam campuran ini tidak ditemukan adanya agregat kasar. Sebagai bahan pengisi biasanya debu halus (lolos ayakan *mesh* No. 70). Berat jenis bata ringan *foam* sangat tergantung dari jumlah bahan pembentuk gelembung yang ditambahkan. Biasanya berkisar antara 800 kg/m³ – 1.600 kg/m³ [1].

Jika pada bata ringan AAC yang memberikan pengaruh kekuatan adalah aluminium pasta, maka pada bata ringan *Foam* yang memberikan kekuatan yaitu *Foam Agent*. Bata ringan *Foam* tidak membutuhkan perlakuan tambahan seperti pemberian tekanan dan pemasukan ke dalam *autoclave chamber* seperti halnya bata ringan AAC karena tidak terdapatnya aluminium pasta [17].

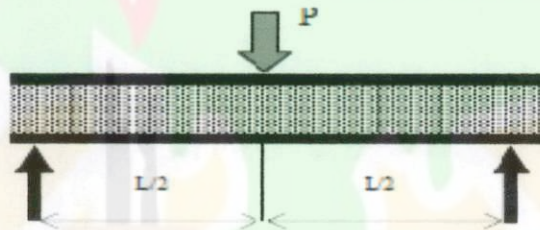
Bata ringan *foam* menggunakan cara *foaming mixture* yaitu cara dimana busa ditambahkan ke dalam bubur semen kemudian diaduk sampai rata. Cara ini dibuat dengan memasukkan udara secara mekanis dalam campuran dan diaduk dengan bahan pembuih (*mix foam technique*). Dapat juga dibuat dengan membuat buih terlebih dahulu dan kemudian menembarkannya ke dalam campuran air-semen (*preformed foam technique*) [1].

Tampilan dari bata ringan *Foam* yang ada seperti pada Gambar 2.18.

**Gambar 2.18** Bata ringan *Foam*

2.5. Tinjauan tentang Sifat Mekanik (*Flexure*)

Kekuatan *flexure* atau lentur adalah tegangan lentur terbesar yang mampu diterima atau ditahan material akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Gambar 2.19 memperlihatkan skematik pengujian *flexure* [23].

**Gambar 2.19** Skematik pengujian *Flexure* [23]

Akibat pengujian *flexure*, pada bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan, sedangkan bagian bawah dari spesimen akan mengalami tegangan tarik. Material komposit memiliki kecenderungan kekuatan tekan lebih baik dibandingkan dengan kekuatan tarik. Sehingga kegagalan yang terjadi akibat pengujian *flexure* adalah pada bagian bawah yang disebabkan oleh ketidakmampuan material komposit menahan tegangan tarik yang diterimanya. Besarnya kekuatan *flexure* bergantung pada jenis material dan pembebanan. Besarnya tegangan atau kekuatan *flexure* dapat ditentukan dengan persamaan awal sebagai berikut [23].

$$\sigma_b = \frac{M \cdot y}{I}$$

Dimana :

σ_b	= kekuatan <i>flexure</i>	(MPa)
M	= momen	(Nm)
y	= 0.5 Tebal spesimen	(mm)
I	= Momen Inersia	(Nmm)

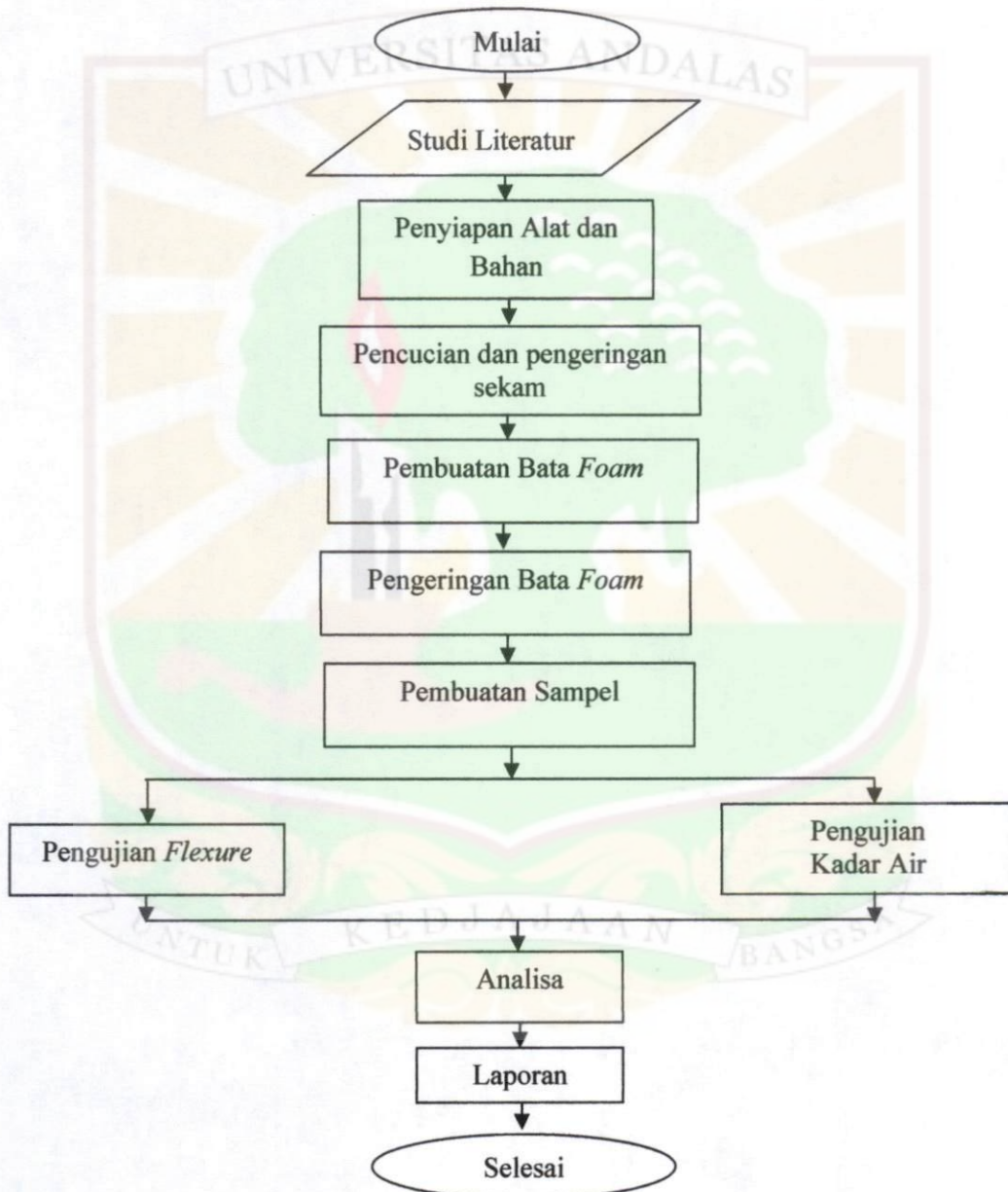
Sifat mekanik sangat erat hubungannya dengan sifat mekanik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik. Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan perkembangan material hingga menghasilkan material baru [23].

BAB III

METODOLOGI

3.1. Skema Penelitian

Penelitian dilakukan dengan urutan kerja seperti Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1. Skematik penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Pada bagian ini dijelaskan tentang peralatan dan bahan yang dibutuhkan selama penelitian.

3.2.1. Peralatan Penelitian

a) Sendok Semen

Sendok semen digunakan sebagai pengaduk campuran semen, sekam, pasir, air, dan *Foam*.

b) Wadah Tempat Mengaduk Semen

Wadah tempat mengaduk semen digunakan sebagai wadah untuk mengaduk campuran semen, sekam, pasir, air, dan *Foam* sebelum masuk kedalam cetakan bata.

c) Wadah Tempat Menghasilkan *Foam*

Wadah tempat menghasilkan *foam* digunakan sebagai wadah tempat menghasilkan *Foam* sebelum dicampurkan dengan adukan semen.

d) Bor Tangan dan Kipas

Bor tangan dan kipas digunakan seperti halnya *blender* yang memanfaatkan putaran kipas sebagai penghasil *Foam*. Alat ini seperti pada Gambar 3.2. Data teknis dari bor tangan tersebut yaitu;

Daya : 550 watt

Listrik : 220-230 volt

Frekuensi : 50-60 Hz

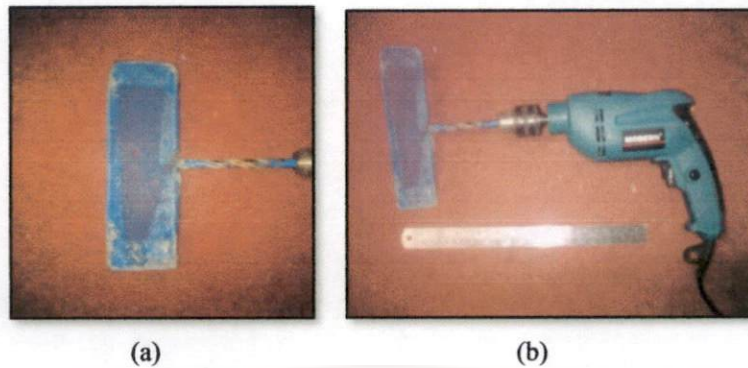
Kecepatan tanpa beban : 3000 r/min

Sedangkan data teknis untuk kipas sebagai berikut;

Panjang : 215 mm

Lebar : 55 mm

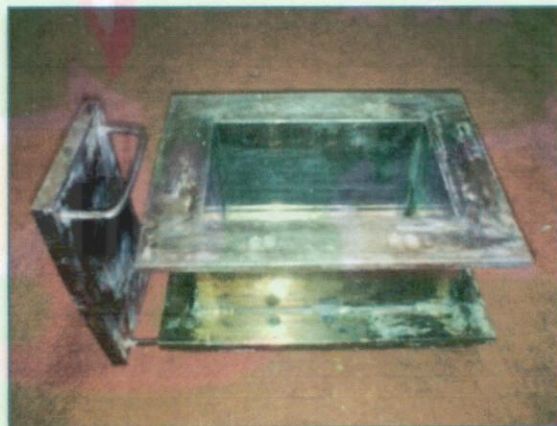
Panjang Lengan : 155 mm



Gambar 3.2. (a) Bor tangan, (b) bor tangan dan kipas yang telah dirangkai

e) Cetakan Bata

Cetakan bata ini terbuat dari besi dan akan menghasilkan bata dengan dimensi 17 x 11 x 10 cm (panjang x lebar x tinggi). Cetakan itu seperti pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Cetakan bata ringan

f) Beban

Beban digunakan untuk penekanan dalam pembuatan bata dengan massa 6 kg, 12 kg, 18 kg.

g) Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menentukan massa dari bahan yang akan digunakan. Timbangan yang digunakan seperti pada Gambar 3.4. Data teknisnya sebagai berikut.

Merk	: SETRA BL-4100 L
Satuan	: gram - ons

h) Amplas *Belt*

Amplas *belt* digunakan pada saat pembentukan spesimen uji.

i) Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik digunakan untuk menentukan besarnya nilai gaya *flexure* yang mampu ditahan spesimen. Mesin ini seperti pada Gambar 3.4. Data teknisnya sebagai berikut.

Merk	: COM-TEN testing machine 95T series
Kapasitas maksimum	: 5000 pounds
Range kecepatan	: 0,06 – 3 ^{inch} /min
Load cell	: S-Block load cell
Kontrol pengujian	: Otomatis dengan <i>com-touch</i> total kontrol



(a)



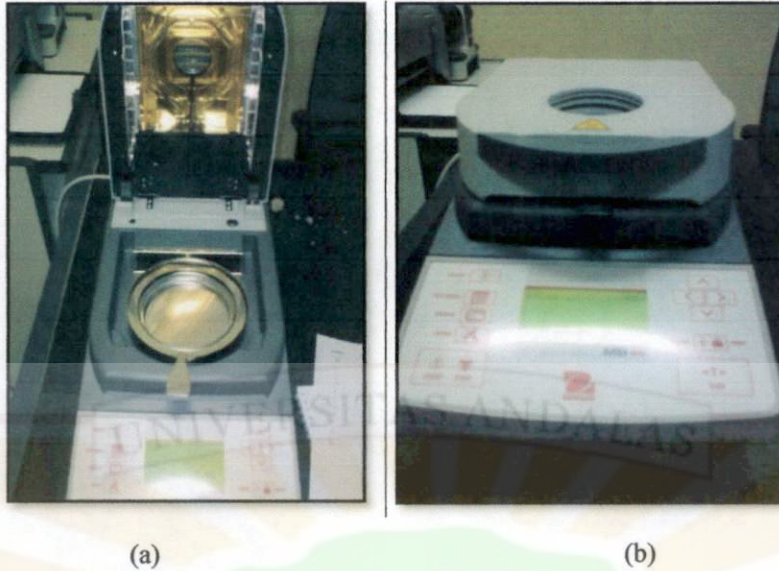
(b)

Gambar 3.4 (a) COM-TEN testing machine 95T series dan (b) perangkat uji *Flexure*

j) Mesin Uji *Moisture*

Mesin uji *moisture* ini digunakan untuk mengetahui pengurangan kadar air yang ada di dalam sampel. Bentuk dari mesin ini seperti pada Gambar 3.5 Data teknisnya sebagai berikut;

Merk	: OHAUS MB45
Kapasitas maksimum	: 45 g
Result	: Moisture (%), dry content (%), Wt (g), Wt (custom), regain (%)
Temp. settings	: 50°C – 200°C
Increments	: 1°C

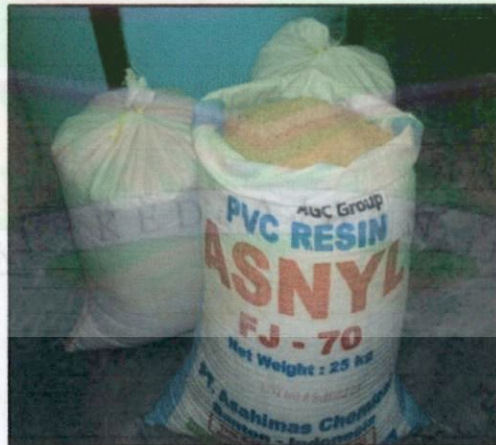


Gambar 3.5 Perangkat *OHAUS MB45* (a) saat wadah terbuka dan (b) wadah tertutup

3.2.2. Bahan Penelitian

a) Sekam Padi

Sekam padi yang digunakan diambil dari salah satu tempat penggilingan padi yang terletak di daerah Belimbing, Kecamatan Kuranji, dan berada sekitar 15 Km dari kota Padang. Berdasarkan penelitian yang telah ada, sekam padi memiliki massa jenis sebesar $0,32 \text{ g/cm}^3$. Sekam tersebut seperti pada Gambar 3.6.

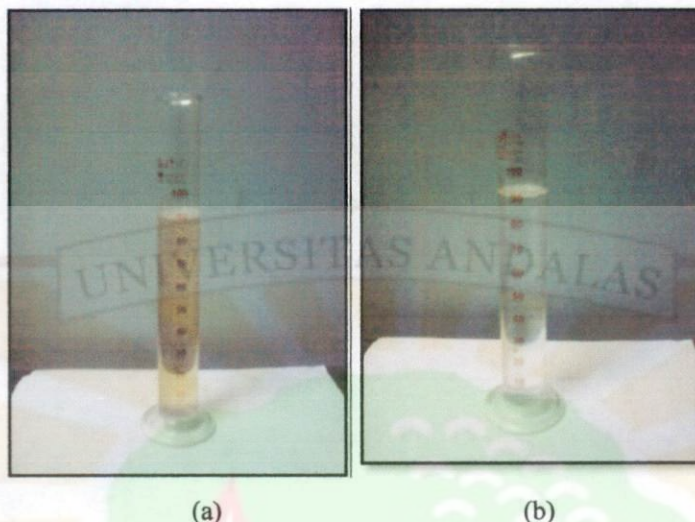


Gambar 3.6. Sekam padi di dalam karung

b) *Foam Agent* dan Katalis

Pada penelitian ini menggunakan *Foam Agent* yang telah dipesan melalui internet kepada bapak Ir. Susanto Darmadi. *Foam Agent* dan katalis tersebut

dikirim dengan paket yang dikemas didalam beberapa drum. *Foam Agent* berbentuk cairan putih kental, sedangkan katalis berwarna kuning dan sedikit lebih encer. Bentuk cairan tersebut seperti yang tampak pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 (a) katalis dan (b) *Foam agent*

c) Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen PCC (*Portland Cement Composite*) dengan merk Semen Padang.

3.3. Prosedur Pembuatan Produk

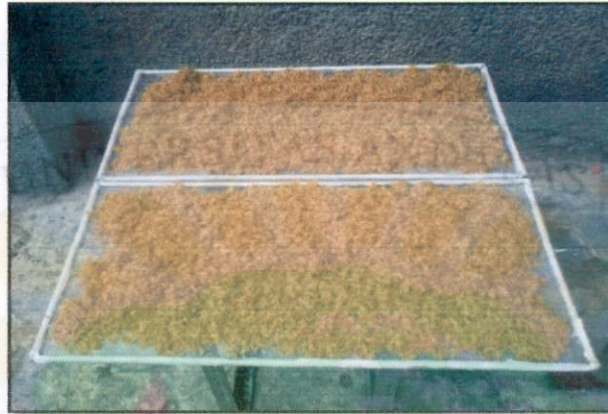
3.3.1. Penyiapan Serat

Persiapan serat dibutuhkan sebelum menggunakan serat sekam sebagai fiber komposit. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a) Serat terlebih dahulu dicuci dengan media air dengan tujuan membersihkan kotoran-kotoran fisik yang berada pada permukaan serat.
- b) Proses selanjutnya adalah pengeringan dengan memanfaatkan panas matahari dari aliran udara lingkungan. Proses pengeringan berlangsung selama beberapa hari. Sekam dianggap kering apabila pada setiap penimbangan setelah penjemuran massanya tidak berkurang lagi.

- c) Selanjutnya sekam yang telah kering diayak (*screening*) untuk mendapatkn serat yang seragam. Proses ini dilakukan dengan menggunakan ayakan dengan ukuran 10 dan 15 *mesh*.

Proses pengeringan sekam tersebut seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Pengeringan sekam padi dengan memanfaatkan panas matahari dan aliran udara lingkungan

3.3.2. Pembuatan Bata *Foam*

Prosedur pembuatan bata *foam* ini terdiri dari tiga prosedur utama sebelum dimasukkan ke dalam cetakan. Urutan langkah tersebut seperti dijelaskan di bawah ini.

- a) Pembuatan Adonan

Adukan semen yang digunakan pada penelitian ini menggunakan perbandingan komposisi yang didapat dari literatur dan disesuaikan dengan spesimen yang akan dihasilkan. Pada penelitian ini, pasir diganti dengan sekam padi.

Tabel 3.1. Komposisi adukan semen

NO	BAHAN	SEKAM
1	Semen	934 g
2	Air	467,4 ml
3	Sekam	49,86 g

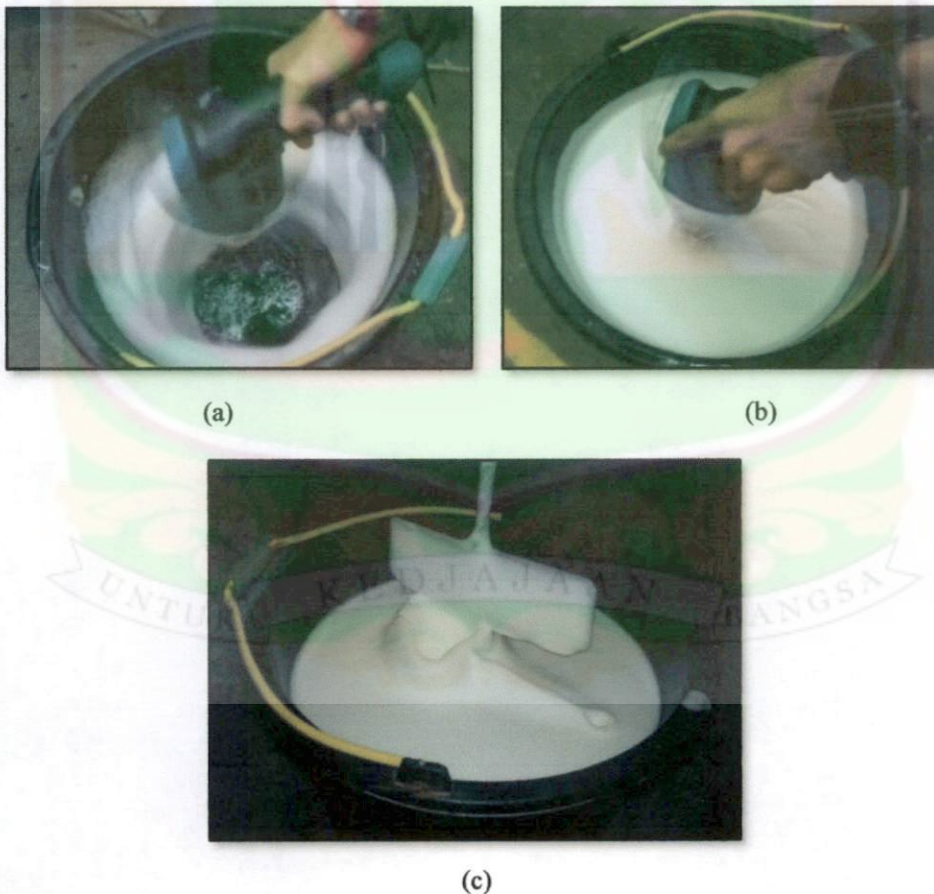
b) Pembuatan *Foam*

Langkah berikutnya adalah pembuatan *foam*. Komposisi *foam* yang digunakan sama pada setiap persentase sekam. Komposisi dari pembuatan *foam* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Komposisi pembuatan *foam*

NO	BAHAN	VOLUME (ml)
1	<i>Foam Agent</i>	6,35
2	Air	190,66
3	Katalis	2,21

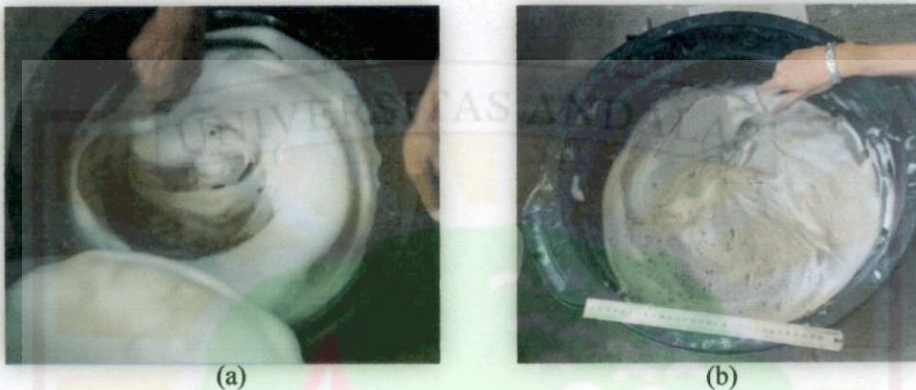
Hasil dari komposisi pembuatan *foam* seperti yang tampak pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 (a) Awal pegadukan, (b) setelah diaduk beberapa saat, dan (c) hasil akhir dari pembuatan *foam*

c) Pencampuran Adukan Semen dengan *Foam*

Setelah dua proses sebelumnya selesai, selanjutnya *foam* yang telah dihasilkan dicampurkan ke dalam adukan semen dan diaduk hingga keduanya tercampur rata dan memiliki warna dan kekentalan yang sama. Proses pencampuran itu sendiri dapat dilihat seperti pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 (a) pencampuran *foam* dengan adukan semen, dan (b) pengadukan dengan sendok semen

Setelah adukan rata, selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan sambil tetap diaduk dengan menggunakan sendok semen untuk mengurangi endapan pada bagian bawah.

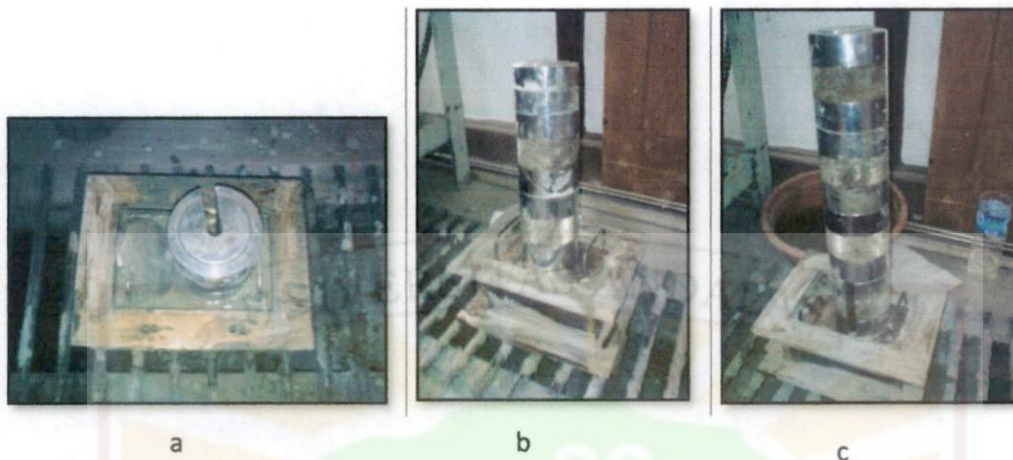
Hasil akhir dari penyalinan tersebut seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Adukan bata *foam* dalam cetakan

Setelah dimasukan ke dalam cetakan kemudian dilakukan penekanan, penekanan dilakukan pada saat bata dalam peralihan dari cair ke padat lebih

kurang 1 ½ jam setelah dimasukan kedalam cetakan. Proses penekanan bata tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Proses penekanan bata ringan dengan beban (a) 6 kg, (b) 12 kg, dan (c) 18 kg.

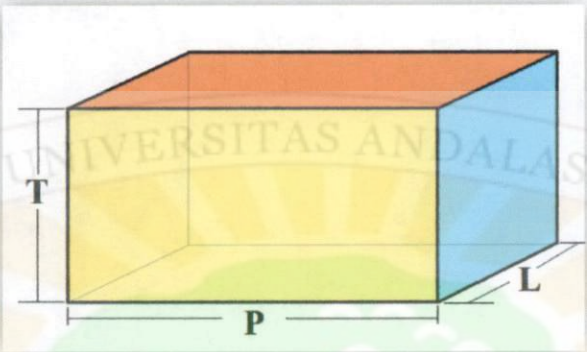
Setelah berumur lebih dari 12 jam, maka bata telah dapat dibongkar dari cetakannya dan selanjutnya dibiarkan hingga berumur 14 hari (waktu minimal bata ringan dapat dipindahkan ke tempat pemasangan) sebelum dilakukan pengujian. Gambar 3.13 merupakan bata yang telah dibongkar.



Gambar 3.13 Bata yang telah dibongkar dari cetakan

3.3.3. Penyiapan Spesimen Uji

Spesimen uji yang hendak disiapkan disesuaikan dengan perbandingan yang ada pada standar ASTM C 78-02. Dimensi tersebut seperti yang tampak pada ilustrasi Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Dimensi spesimen uji *flexure* berdasarkan ASTM C 78-02

Adapun keterangan dimensi spesimen tersebut akan dijelaskan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Ukuran spesimen uji *flexure*

NO	SPESIFIKASI	UKURAN (mm)
1	Panjang (P)	150
2	Lebar (L)	43
3	Tinggi (T)	43

Hasil dari pemotongan spesimen berdasarkan dimensi yang telah ditentukan seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Spesimen yang siap untuk diuji

3.4. Pengujian Spesimen Bata *Foam*

3.4.1. Pengujian *Flexure*

Pengujian dengan menggunakan metode ini mengacu kepada standar ASTM C 78-02. Pembebanan rata-rata dapat ditentukan dengan persamaan (3.1),

$$r = \frac{sbd^2}{L}$$

(3.1)

dimana:

- r = pembebanan rata-rata

s = peningkatan rata-rata tegangan fiber

b = lebar rata-rata spesimen

d = tebal rata-rata spesimen

L = jarak tumpuan
- MN/min

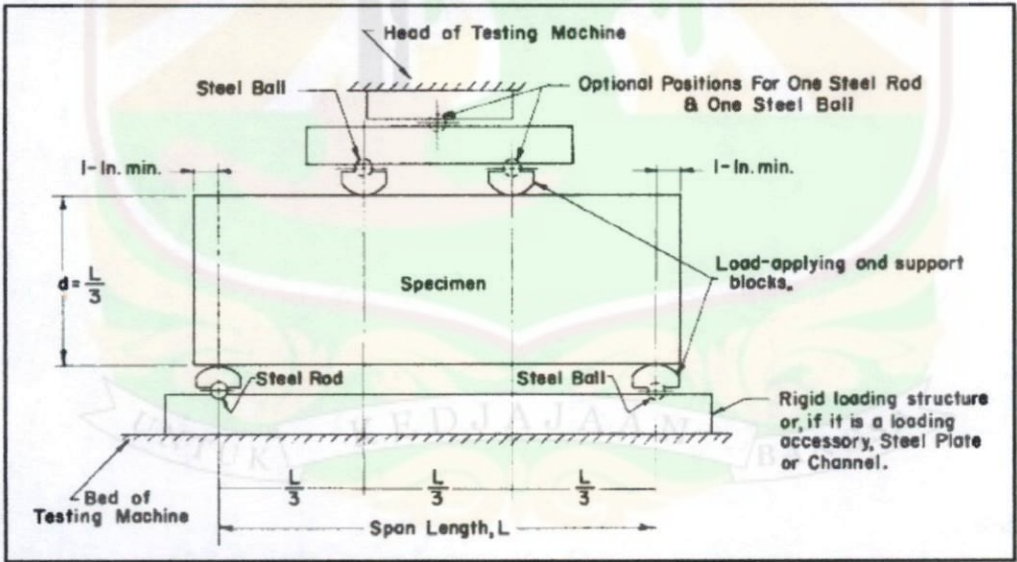
MPa/min

mm

mm

mm

Adapun tampak diagram pengujian seperti pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Diagram pengujian *Flexural Strength of Concrete* (menggunakan *Simple Beam with Third-Point Loading*)

Setelah proses pengujian dilakukan akan terjadi dua macam fenomena retakan. Fenomena tersebut yaitu retakan yang terjadi di bagian tengah tumpuan dan di luar bagian tengah tumpuan. Apabila retakan terjadi di bagian tengah tumpuan, maka modulus retakan ditentukan dengan persamaan (3.2) berikut,

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (3.2)$$

dimana:

R = modulus retakan	MPa
P = beban maximum yang terukur	N
L = jarak tumpuan	mm
b = lebar rata-rata spesimen	mm
d = tebal rata-rata spesimen	mm

Sebaliknya, apabila retakan justru terjadi di luar bagian tengah tumpuan, maka persamaan yang digunakan yaitu persamaan (3.3),

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \quad (3.3)$$

dimana:

a = jarak rata-rata terdekat antara retakan dengan tumpuan beban	mm
--	----

3.4.2. Pengujian Kadar Air

Pengujian ini untuk mengetahui kadar air yang ada pada sampel. Pada pengujian ini diambil potongan masing-masing sampel dengan massa kurang dari 1 gram. Sampel tersebut dimasukkan kedalam alat OHAUS MB45.

Di dalam alat, spesimen akan dipanaskan hingga temperatur 100°C selama 10 menit. Setiap menitnya akan dicatat persentase pengurangan kelembaban dan massa yang ditampilkan oleh alat tersebut.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini mengacu pada metodologi yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil yang didapatkan dari pengujian tersebut dibahas dalam bab ini berdasarkan literatur dan hasil saat penelitian. Secara garis besar, pengujian dalam penelitian ini dapat dibedakan menjadi 2 tahap yaitu, pengujian *flexure*, dan pengujian kadar air.

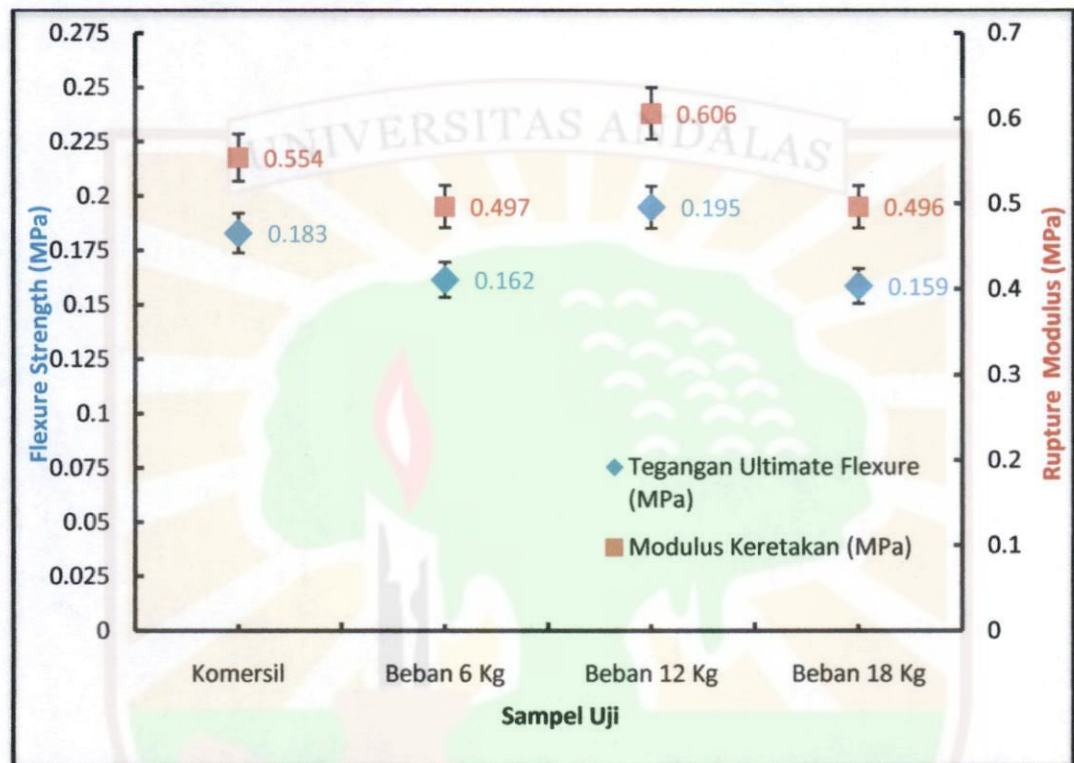
4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian *Flexure*

Pengujian *flexure* dilakukan untuk mengetahui besarnya beban maksimum yang dapat ditahan sebelum akhirnya spesimen mengalami kegagalan. Pengujian ini dilakukan untuk keseluruhan sampel. Sampel uji bending dibuat 5 buah sampel untuk masing – masing variasi penekanan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1. Tabel 4.1 memuat beberapa informasi penting hasil pengujian *flexure* komposit bata ringan *foam*.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian *Flexure*

Sampel	Spesimen	Beban Maksimum (N)	Modulus Keretakan (MPa)	Tegangan Ultimate Flexure (MPa)	Modulus Elastic (MPa)	Regangan Ultimate Flexure (%)	Kecepatan Penekanan (mm/min)	Defleksi (mm)
(A) Beban 6 kg	1	459.944	0.804	0.255	43.22	0.9	64.52	1.168
	2	355.856	0.555	0.186	156.88	0.8	116.13	1.067
	3	291.802	0.458	0.154	62.01	1.3	90.32	1.651
	4	226.413	0.403	0.127	63.68	0.3	51.61	0.406
	5	398.559	0.675	0.219	48.76	1.9	90.32	2.489
	Rata-rata	297.511	0.497	0.162	65.91	0.87	83.87	1.356
(B) Beban 12 kg	1	403.341	0.775	0.236	45.85	0.2	141.94	0.305
	2	272.23	0.474	0.152	81.45	2.2	890.32	2.845
	3	259.775	0.441	0.143	71.88	2.2	90.32	2.896
	4	270.895	0.457	0.148	73.97	0.9	103.23	1.219
	5	158.356	0.265	0.086	38.89	0.5	77.42	0.686
	Rata-rata	352.057	0.606	0.195	72.12	1.77	236.56	1.590
(C) Beban 18 kg	1	245.985	0.401	0.133	32.55	2.1	-	2.769
	2	378.097	0.636	0.206	44.55	1.3	-	1.753
	3	241.537	0.400	0.131	48.73	0.1	103.23	0.178
	4	255.772	0.429	0.139	91	2	64.52	2.565
	5	245.985	0.507	0.148	68.53	0.2	51.61	0.229
	Rata-rata	286.572	0.496	0.159	59.580	1.244	113.980	1.514
Komersil		338.953	0.554	0.183	54.18	0.4	-	0.457

Berdasarkan hasil yang didapat, terlihat bahwa rata-rata beban yang dapat ditahan untuk masing-masing variasi pembebanan berbeda dan bahkan ada yang melebihi besarnya beban yang dapat ditahan oleh bata ringan komersil (sampel pembanding). Nilai *flexure strength* dan modulus retakan untuk masing – masing sampel uji ditunjukkan pada Gambar 4.1.



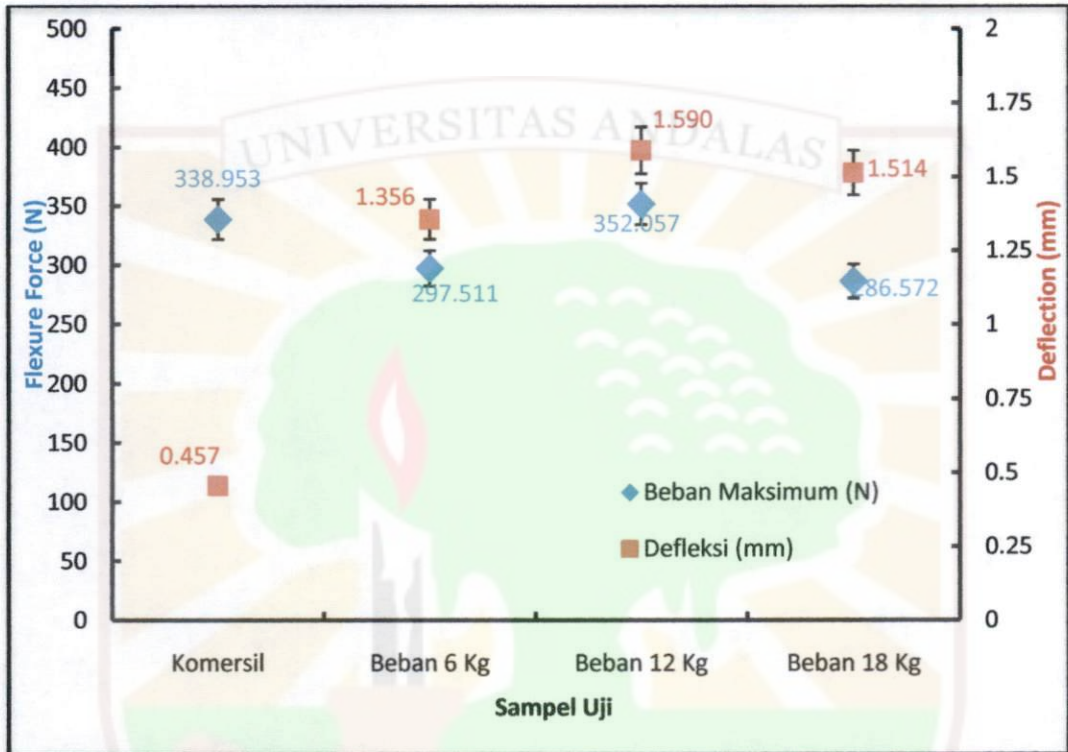
Gambar 4.1. Perbandingan kekuatan bending dengan modulus keretakan

Berdasarkan Gambar 4.1, terlihat bahwa kekuatan bending sebanding dengan modulus keretakan. Kekuatan bending akan semakin meningkat seiring meningkatnya nilai modulus keretakan.

Selain itu, juga bisa dilihat bahwa bata ringan dengan beban 12 kg memiliki kekuatan yang paling tinggi (0.19 MPa) dari beberapa sampel pengujian bahkan melebihi kekuatan bata ringan yang telah ada di pasaran (0.18 MPa). Sedangkan sampel uji beban 18 kg mengalami penurunan kekuatan (0.15 MPa). Hal ini kemungkinan karena penyebaran sekam dan semen yang tidak merata pada proses pengadukan yang dilakukan secara manual.

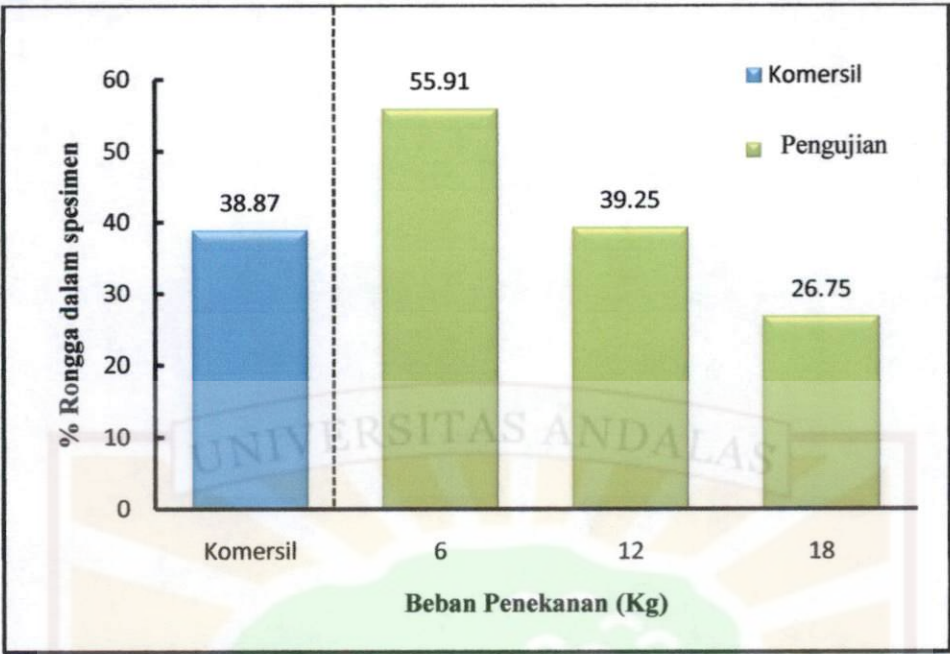
Dari grafik pada gambar 4.2 tampak bahwa sampel penelitian memiliki keuletan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang ada dipasaran. Ini

dikarenakan nilai defleksi pada sampel bata ringan sekam lebih tinggi dari nilai defleksi bata komersil. Grafik pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa defleksi pada beban 18 kg memiliki nilai yang hampir sama dengan defleksi pada beban 12 kg, jadi dapat disimpulkan bahwa beban 12 kg sudah cukup memberikan defleksi yang tinggi.



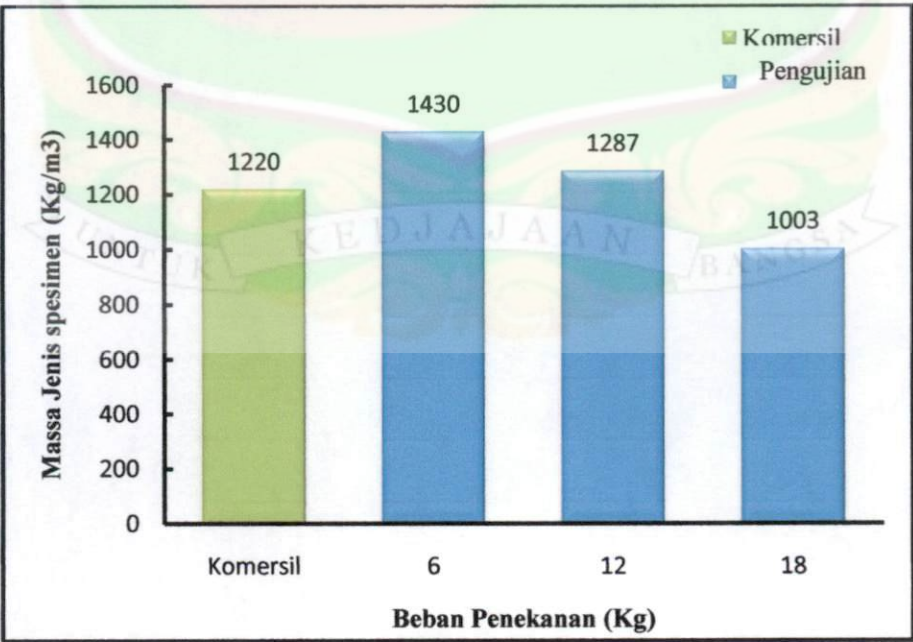
Gambar 4.2 Perbandingan gaya bending dengan defleksi

Ditinjau dari persentase porositas bata yang didapatkan, pada gambar 4.3 menunjukkan persentase rongga bata untuk masing – masing pembebanan. Beban 6 kg menghasilkan sampel yang mempunyai rongga terbanyak dibanding sampel pengujian yang lain, kemudian pada sampel beban 12 kg penyebaran porositas yang dihasilkan dibawah sampel beban 6 kg dan penyebaran porositas sampel beban 18 kg yang paling sedikit diantara sampel penelitian, jadi dapat disimpulkan bahwa porositas dapat diminimalisir dengan diberi beban penekanan pada produk dan juga dapat meningkatkan kekuatan.

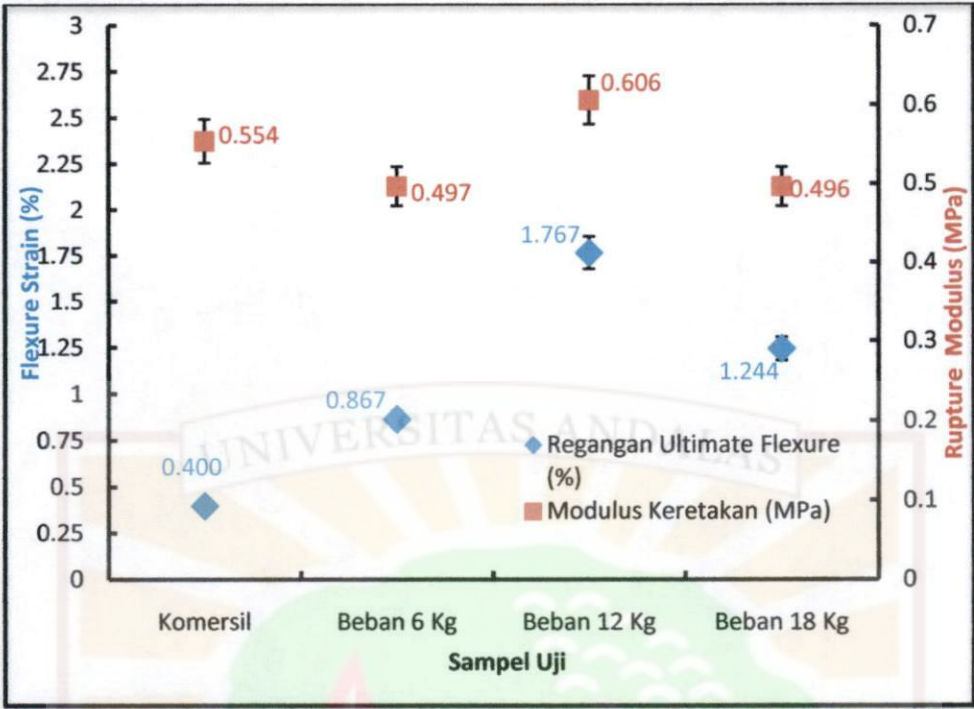


Gambar 4.3 % rongga bata terhadap beban penekanan

Sedangkan massa jenis untuk bata foam dapat dilihat pada Gambar 4.4. Sampel pengujian beban 6 kg yang memiliki persentase rongga yang banyak tetapi memiliki massa jenis yang tinggi dibandingkan dengan sampel pengujian yang lain. Hal ini disebabkan bahwa pada sampel beban 6 kg terdapat pengendapan semen yang ada pada sampel sehingga mengakibatkan sampel memiliki massa jenis yang tinggi.



Gambar 4.4 Massa jenis pengujian bata foam



Gambar 4.5 Perbandingan regangan bending dengan modulus keretakan

Pada Gambar 4.5 tampak bahwa sampel uji dari salah satu produk komersil memiliki nilai persentase regangan terendah diantara sampel uji yang lain. Hal ini disebabkan karena sampel produk komersil memiliki tingkat kegetasan yang lebih tinggi, sehingga jika sampel telah retak, maka sampel tidak bias lagi menahan gaya.

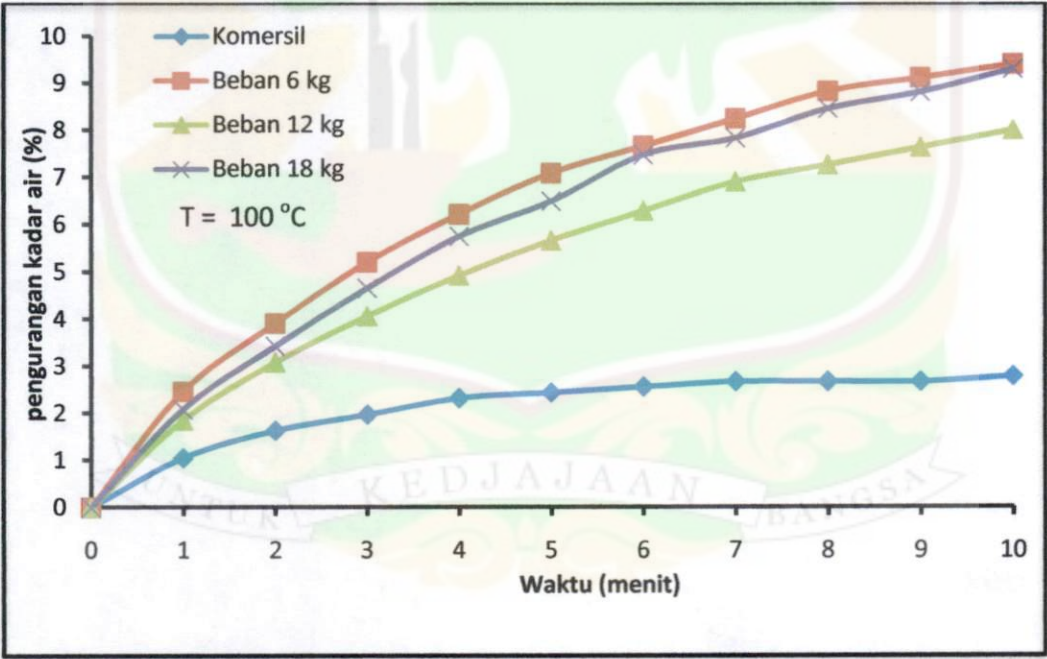
Hal ini berbeda dengan sampel yang mengandung sekam. Sampel tidak patah begitu saja disaat mengalami keretakan. Ini disebabkan oleh sekam yang ada di dalam bata ringan. Sekam bisa dikatakan sebagai penguat agar tidak terjadi patah getas pada bata ringan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa serat alam meningkatkan ikatan antar partikel pembentuk bata ringan *foam*.

4.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya kadar air di dalam sampel yang diuji. Penghitungan dilakukan setiap menit selama 10 menit. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data hasil pengujian Kadar Air

Waktu (menit)	Komersil		Beban 6 kg		Beban 12 kg		Beban 18 kg	
	Moisture (%)	Massa (g)	Moisture (%)	Massa (g)	Moisture (%)	Massa (g)	Moisture (%)	Massa (g)
0	0	0.861	0	0.691	0	0.672	0	0.815
1	1.05	0.851	2.46	0.674	1.85	0.664	2.08	0.8
2	1.63	0.846	3.91	0.664	3.08	0.657	3.43	7.88
3	1.97	0.844	5.21	0.665	4.07	0.651	4.66	0.778
4	2.32	0.841	6.22	0.648	4.93	0.646	5.76	0.769
5	2.44	0.84	7.09	0.642	5.67	0.643	6.5	0.763
6	2.56	0.839	7.67	0.638	6.29	0.639	7.48	0.755
7	2.67	0.838	8.25	0.634	6.91	0.637	7.84	0.752
8	2.67	0.838	8.83	0.63	7.27	0.635	8.46	0.747
9	2.67	0.838	9.12	0.628	7.64	0.633	8.82	0.744
10	2.79	0.837	9.41	0.626	8.01	0.631	9.31	0.74



Gambar 4.6 Besarnya pengurangan kadar air permenit pengujian

Gambar 4.6 menunjukkan grafik antara pengurangan kadar air terhadap perubahan waktu pada masing – masing pengujian. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 tampak bahwa salah satu produk komersil yang diuji memiliki kadar

air paling sedikit. Pada sampel pengujian, kadar air terbanyak terdapat pada sampel uji dengan beban penekanan 6 kg dan yang paling sedikit pada beban penekanan 12 kg. Spesimen dengan pembebanan 12 kg lebih kuat dari pada spesimen dengan pembebanan 6 kg. Produk komersil memiliki nilai kekuatan yang lebih tinggi dari sampel pembebanan 6 kg tetapi lebih rendah dari sampel bata ringan dengan pembebanan 12 kg. Namun jika dilihat dari kadar air produk komersil lebih rendah dari sampel bata ringan dengan pembebanan 12 kg. Hal ini bisa dikatakan bahwa kadar air tidak terlalu mempengaruhi nilai kekuatan dari bata ringan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut;

1. Kekuatan bending bata ringan hasil penelitian lebih tinggi dari bata ringan komersil, yaitu beban 6 kg memiliki kekuatan sebesar 0,16 Mpa, beban 12 kg sebesar 0,19 Mpa, dan beban 18 kg sebesar 0,15 Mpa, serta nilai kekuatan bata ringan komersil sebesar 0,18 Mpa.
2. Semakin besar beban penekanan maka porositas yang dihasilkan sedikit. Porositas yang didapatkan yaitu beban 6 kg (55,91%), beban 12 kg (39,25%), dan beban 18 kg (26,75%), serta bata ringan komersil (38,87%).
3. Bata ringan hasil penelitian memiliki kadar air yang tinggi dibandingkan dengan bata ringan komersil.

5.2 Saran

Pada pembuatan bata ringan *foam* terjadi pengendapan pada bagian dasar karena kurang ratanya adukan serta sekam tidak terdistribusi dengan baik. Oleh karena itu sangat disarankan agar mengaduk adonan dengan mesin pengaduk semen serta memperhatikan lama pengadukan.

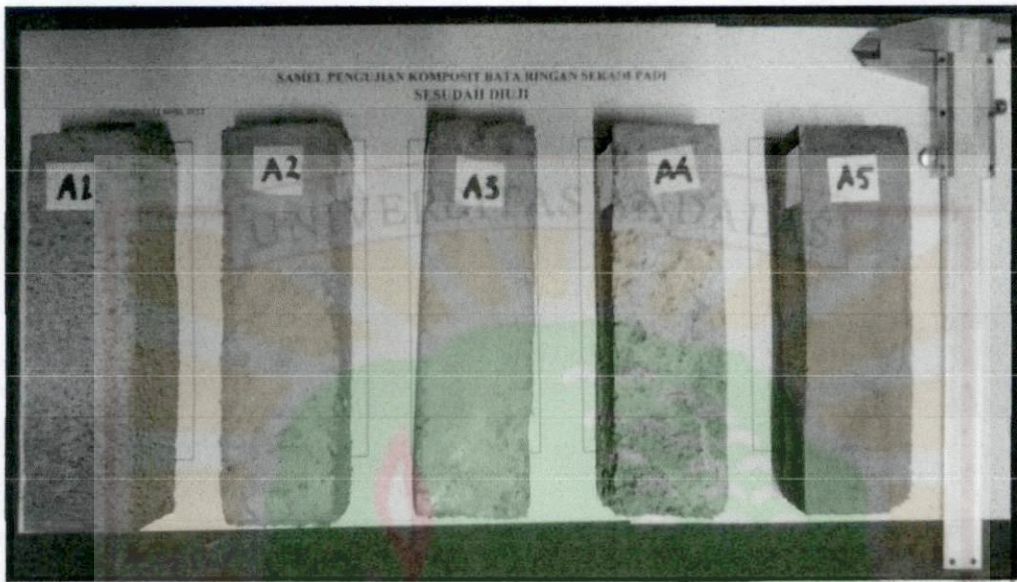
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Husin, Andriati Amir. (2008). *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*. 3:196-207.
- [2] Smith W.F., "*Principles of Materials Science and Engineering*", 2nd, Edition, Mc Graw-Hil, Singapore, 1996.
- [3] Mallick P.K., "*Fiber-reinforced composites: Materials, Manufacturing and Design*", 3rd, Edition, 1946.
- [4] Jacobs J.A., Kilduft T.K., "*Engineering Material Technology Structure Processing Property And Selection*", 2, Pretince Hall, Inc A simon Schuster Co, USA, 1994.
- [5] Saputra, Andy. (2012). *Pengaruh Persentase Volume Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Sifat Mekanik Komposit Bata Ringan Foam*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.
- [6] Digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-7204-2702100031-bab2.pdf
- [7] Callister W.D., "*Materials Science and Engineering an Introduction*", John willey & sons Inc, New York, 2006.
- [8] Harbrian, Eindra. (2007). *Pengaruh Ketebalan Inti (Core) Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat E-Glass Chopped Strand Mat-Unsaturated Polyester Resins Dengan Inti (Core) Spon*. Program Studi Teknik Mesin, JTM-FT-UNS, Semarang.
- [9] Hairul Abral, Heri Andriyanto, Rendi Samera, S.M. Sapuan, And M.R. Ishak. (2012). *Mechanical Properties Of Screw Pine (Pandanus Odoratissimus)- Unsaturated Polyester Composite, Polymer-Plastic Technology an Engineering*, 51:5, 500-506.

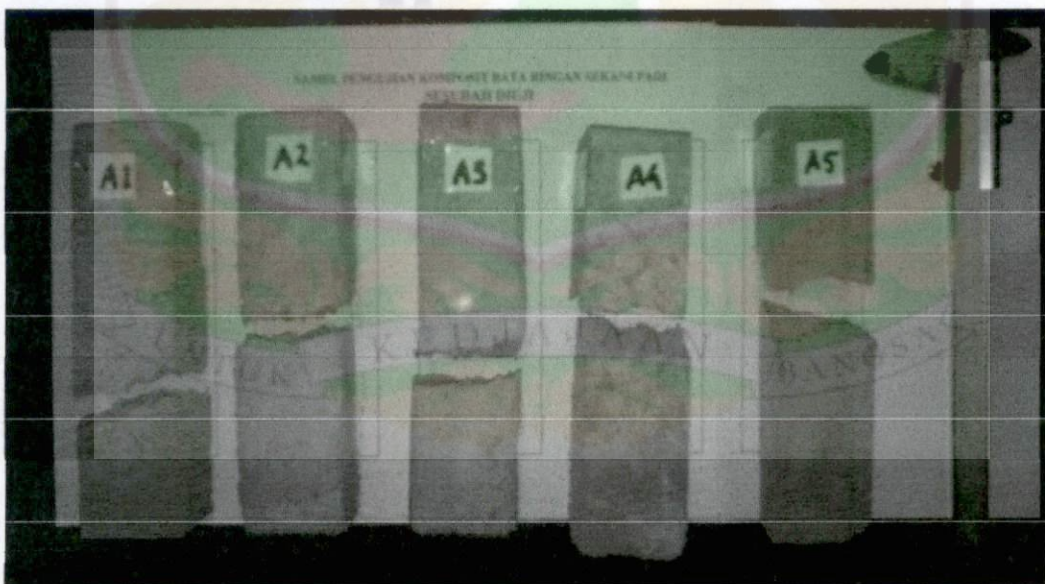
- [10] <http://id.wikipedia.org/wiki/Semen.html>.
- [11] <http://www.semen padang.co.id/?mod=produk&kat=&id=12.html>.
- [12] <http://ronymedia.wordpress.com/2011/04/07/apa-beda-semen-portland-tipe-i-pcc-scc.html>.
- [13] http://id.wikipedia.org/wiki/Aggregat_%28omposit%29.html
- [14] <http://ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id/2011/02/18/324.html>.
- [15] <http://12build.com/concrete%20articles/high%20strength%20concrete%281%29.html>.
- [16] <http://id.wikipedia.org/wiki/Sekam.html>.
- [17] <http://id.wikipedia.org/wiki/Surfaktan.html>.
- [18] <http://bagaimanacaramembuat.com/2011/04/10/bagaimana-cara-membuat-bata-ringan.html>.
- [19] <http://yogie-civil.blogspot.com/2010/07/beton-ringan-autoclaved-aerated.html>.
- [20] <http://konstruksi-wisnuwijanarko.blogspot.com/2008/07/landasan-teori-beton-ringan-dengan.html>
- [21] <http://pustaka2.ristek.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/byId/214907.html>.
- [22] ASTM. 2004. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. Volume 04.02.
- [23] Berthelot, Jean-Marie., "*Composite Materials : Mechanical Behavior and Structural analysis*", Springer, Germany, 1998.

Sampel Pembebanan 6 kg

Sampel sebelum pengujian



Sampel sesudah pengujian



Sampel Pembebanan 12 kg

Sampel sebelum pengujian

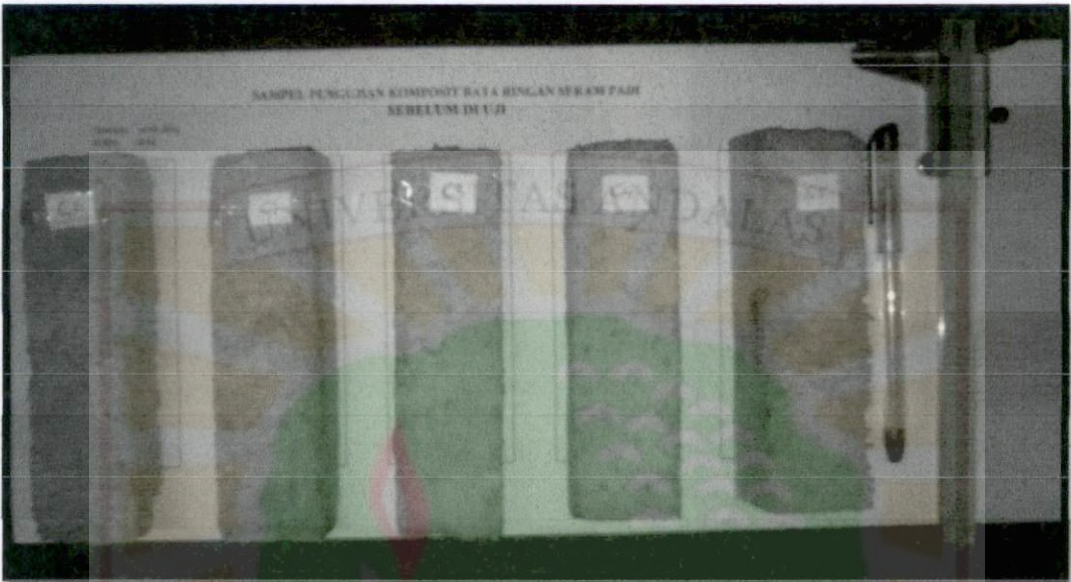


Sampel sesudah pengujian

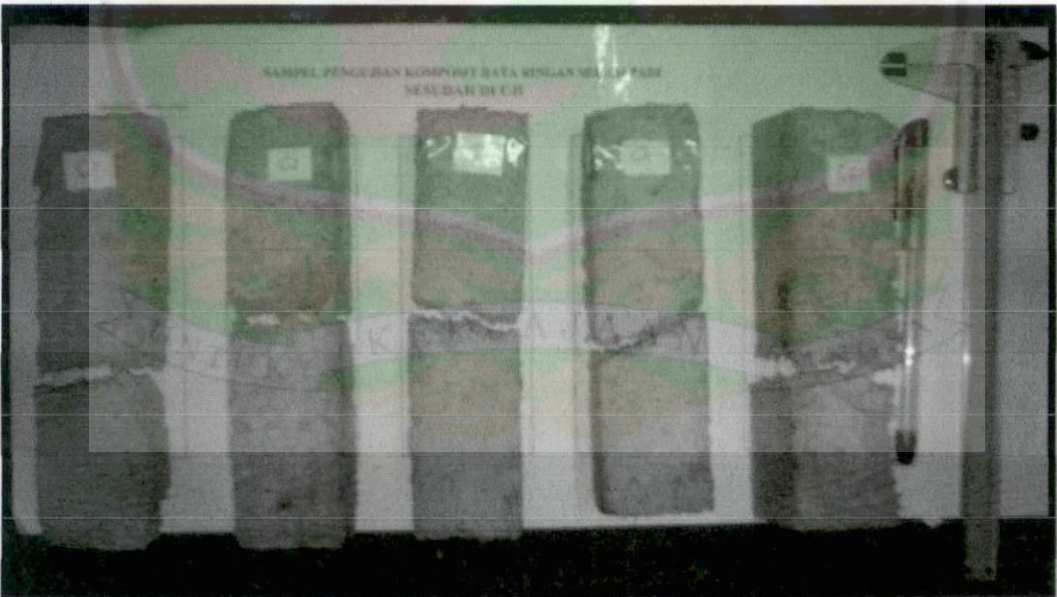


Sampel Pembebanan 18 kg

Sampel sebelum pengujian



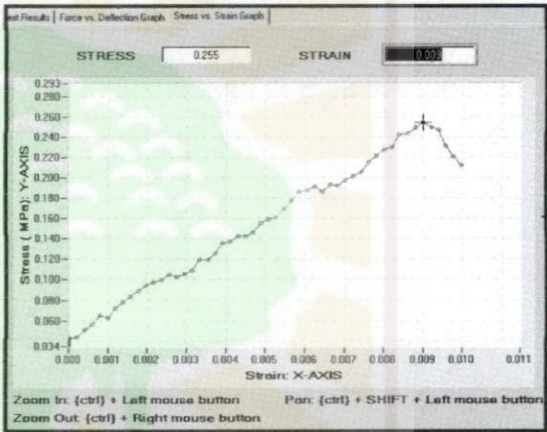
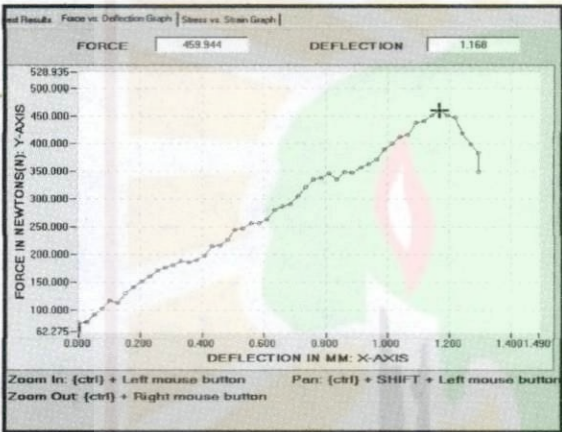
Sampel sesudah pengujian



Sampel Pembebanan 6 kg

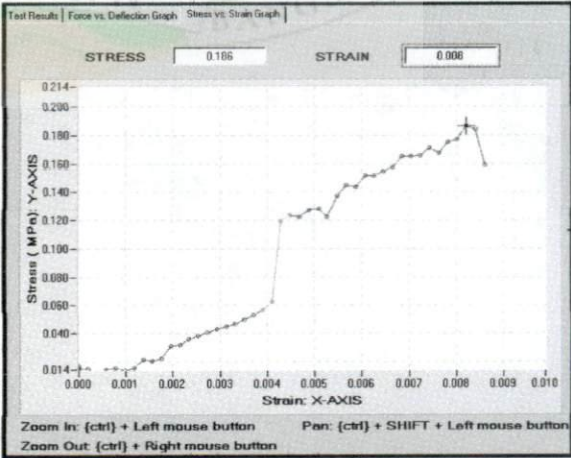
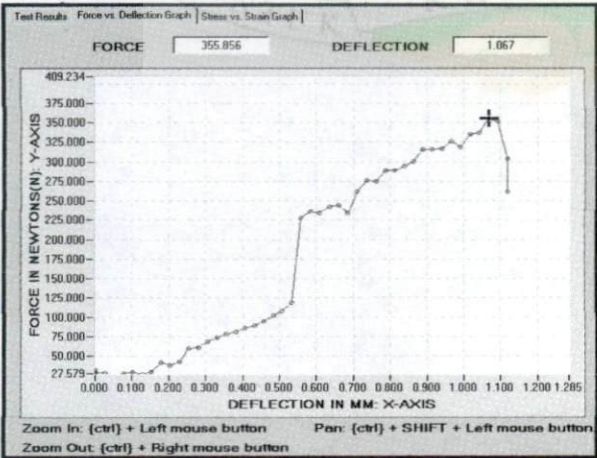
Spesimen 1 (A1)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-12-2012	64.52	1806.92	43.90	41.16	43.22	0.25	1



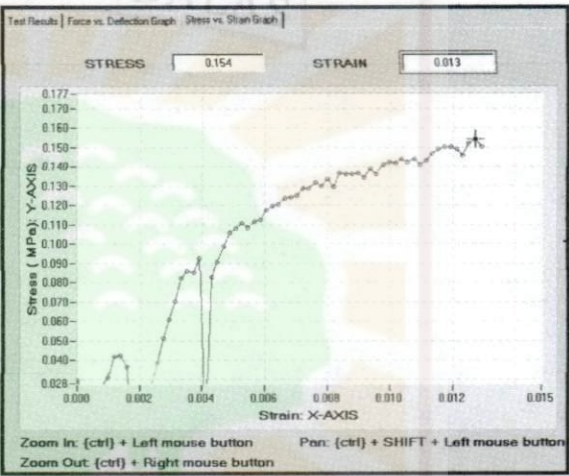
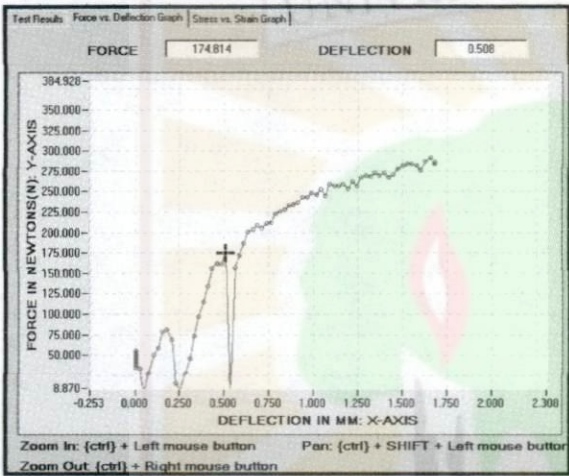
Spesimen 2 (A2)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-12-2012	116.13	1908.38	43.70	43.67	156.88	0.19	1



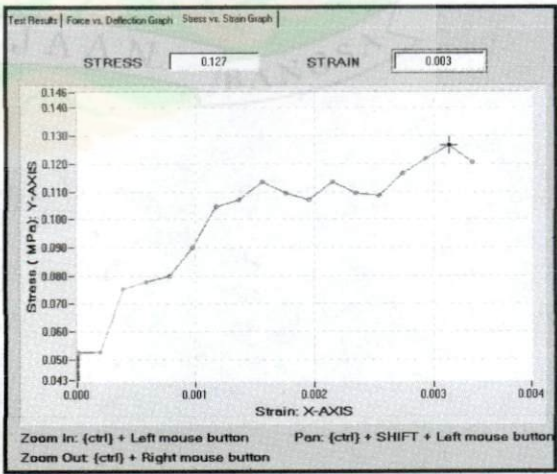
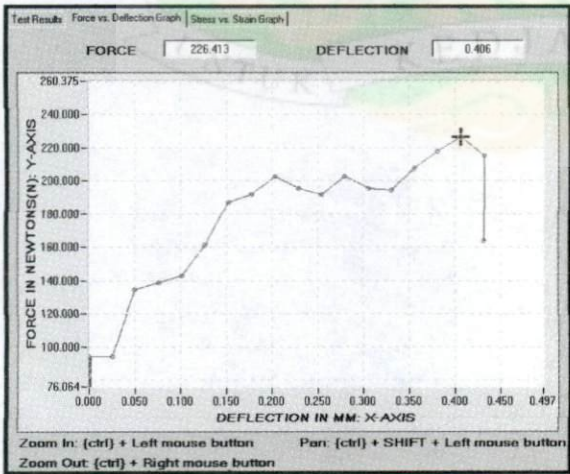
Sampel 3 (A3)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-12-2012	90.32	1890.83	43.14	43.83	62.01	0.15	1



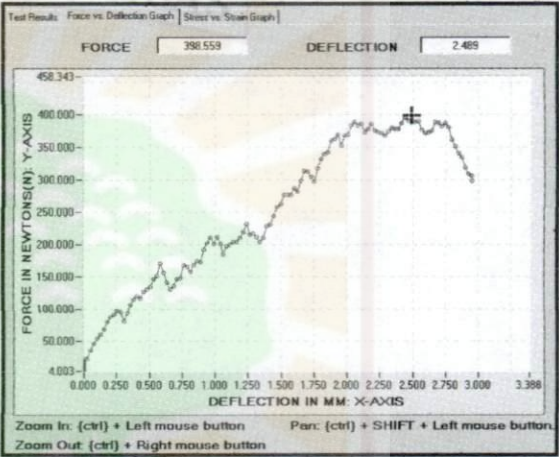
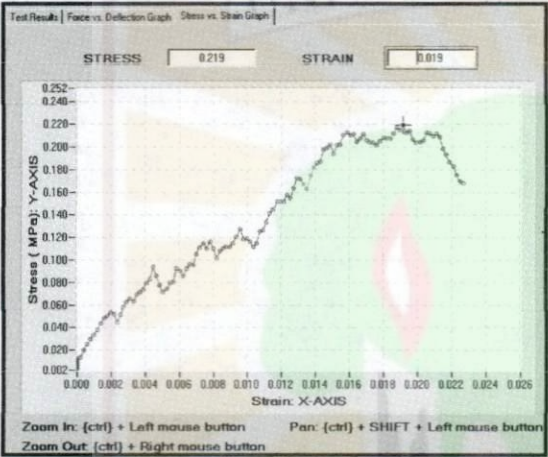
Sampel 4 (A4)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-12-2012	51.61	1787.68	43.73	40.88	63.68	0.13	1



Sampel 5 (A5)

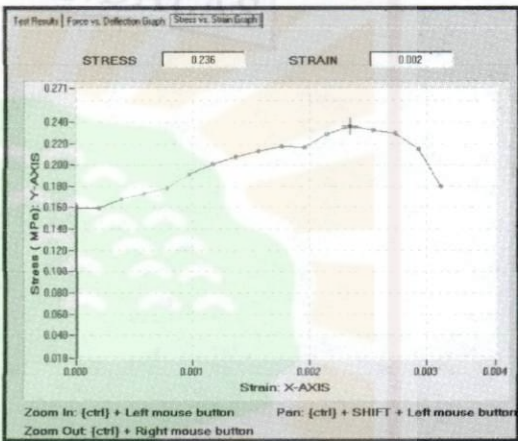
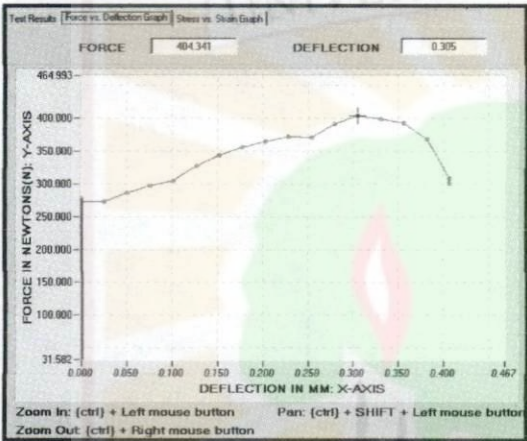
Test Results Force vs. Deflection Graph Stress vs. Strain Graph								
STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/ DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-12-2012	90.32	1820.87	43.21	42.14	48.76	0.22	1



Sampel Pembebanan 12 kg

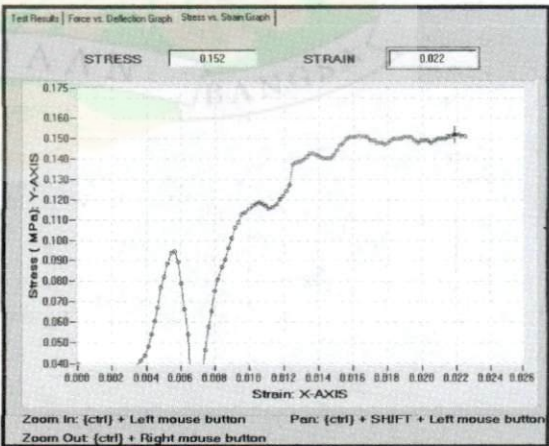
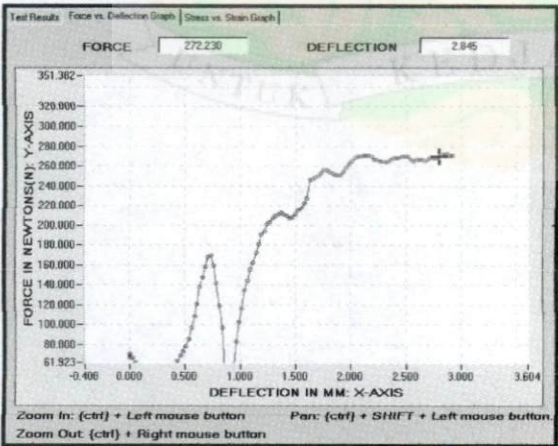
Sampel 1 (B1)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	141.94	1713.04	43.39	39.48	45.85	0.24	1



Sampel 2 (B2)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	890.32	1788.98	42.86	41.74	81.45	0.15	1



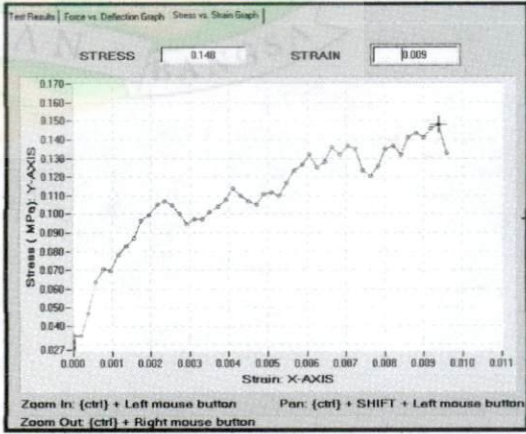
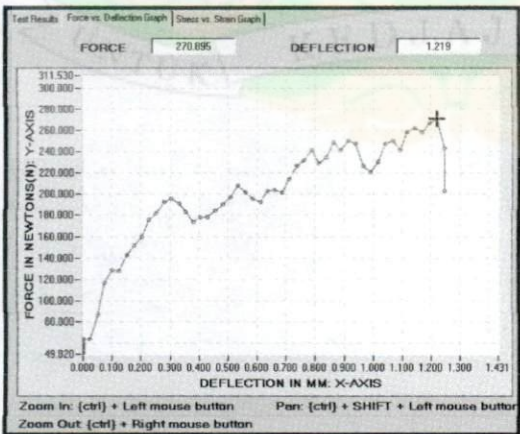
Sampel 3 (B3)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/ DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	90.32	1821.17	43.32	42.04	71.88	0.14	1



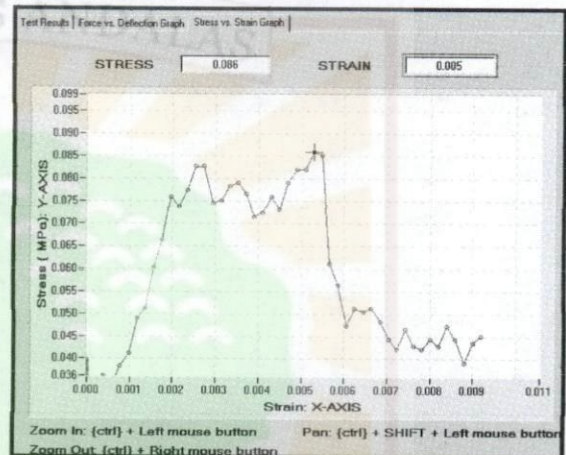
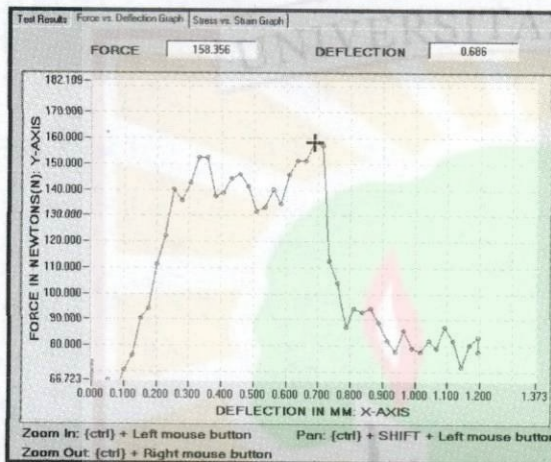
Sampel 4 (B4)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/ DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	103.23	1831.29	43.54	42.06	73.97	0.15	1



Sampel 5 (B5)

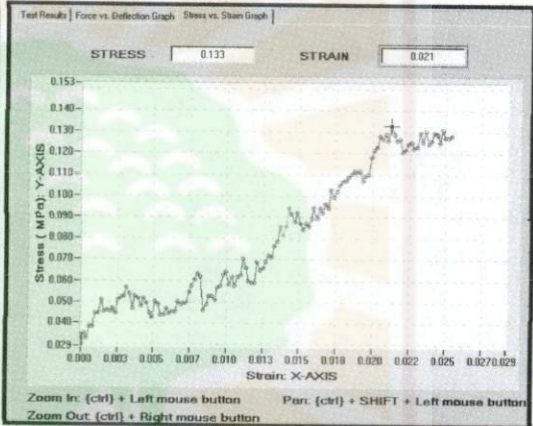
STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	77.42	1844.01	43.78	42.12	38.89	0.09	1



Sampel Pembebanan 18 kg

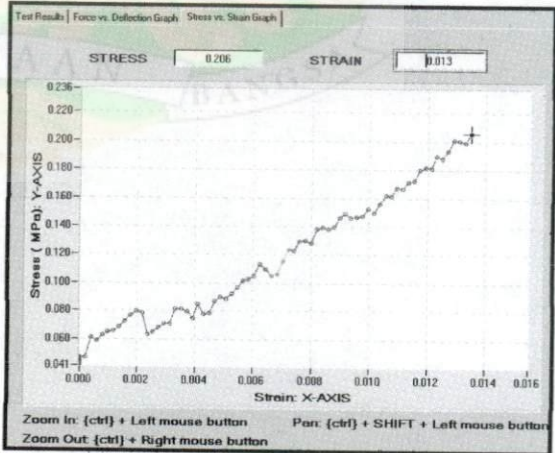
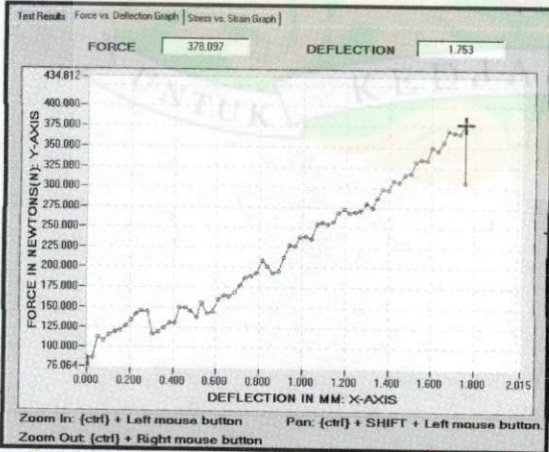
Sampel 1 (C1)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	0.00	1853.30	43.04	43.06	32.55	0.13	1



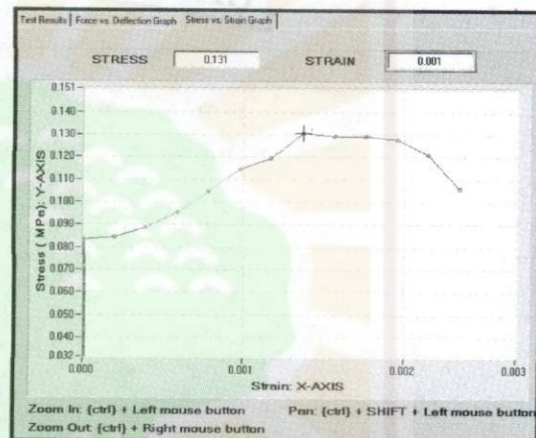
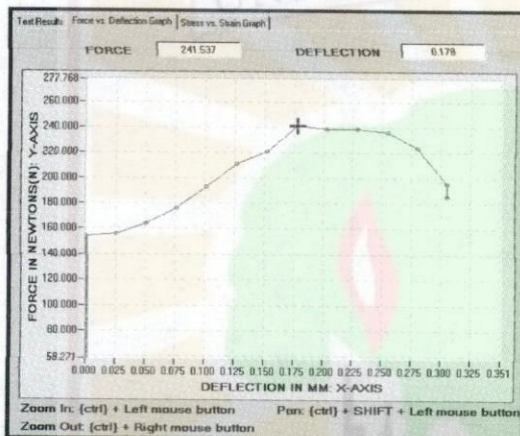
Sampel 2 (C2)

STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	0.00	1839.67	43.76	42.04	44.55	0.21	1



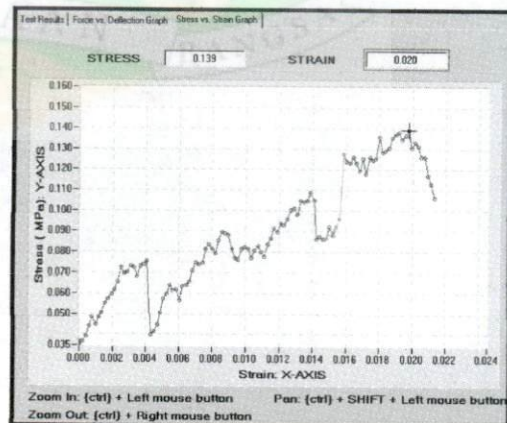
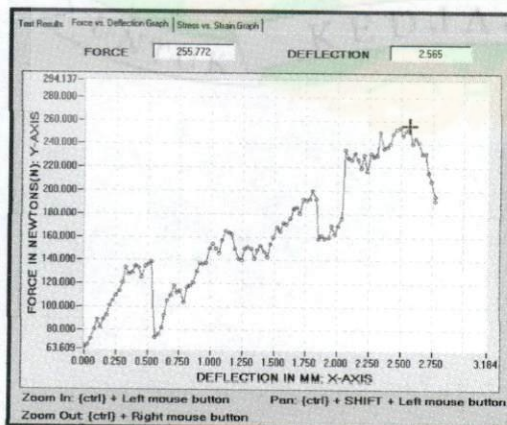
Sampel 3 (C3)

Test Results Force vs. Deflection Graph Stress vs. Strain Graph								
STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	103.23	1845.40	43.36	42.56	48.73	0.13	1



Sampel 4 (C4)

Test Results Force vs. Deflection Graph Stress vs. Strain Graph								
STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	64.52	1838.93	43.68	42.10	91.00	0.14	1



Sampel 5 (C5)

Test Results Force vs. Deflection Graph Stress vs. Strain Graph								
STANDARD TENSILE TEST RESULTS								
	DATE	TEST SPEED	AREA	WIDTH/DIAMETER	THICKNESS	ELASTIC MODULUS	TENSILE STRENGTH	TEST #
		mm/min	mm ²	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	
	04-19-2012	51.61	1660.60	43.70	38.00	68.55	0.15	1

