



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 PANJANG SERAT SERABUT KELAPA TERHADAP SIFAT MEKANIK GYPSUM**

**SKRIPSI**



**RESTI FAUZIAH  
07135005**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG  
2011**

**PENGARUH PANJANG SERAT SERABUT KELAPA TERHADAP SIFAT  
MEKANIK GYPSUM**

Disusun oleh

**RESTI FAUZIAH**  
**07 135 005**

telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 04 Agustus 2011  
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

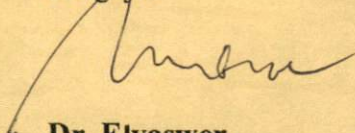
Susunan Tim Penguji

Pembimbing I



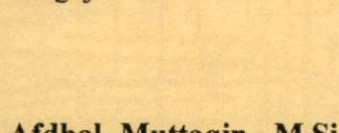
**Drs. Alimin Mahyudin, M.si**  
**NIP 196106031989011001**

Penguji I



**Dr. Elvaswer**  
**197005121998021001**

Penguji II



**Afdhal Muttaqin, M.Si**  
**197704292005011002**

Penguji III



**Arif Budiman, M.Si.**  
**NIP. 197311141999031004**

Padang, Agustus 2011  
Ketua Jurusan Fisika  
FMIPA Universitas Andalas



**Arif Budiman, M.Si.**  
**NIP. 197311141999031004**



## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*"sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri". (Ar Ra'd :11)*

Saya bersujud kepada Allah, saya berterimah kasih kepada Allah untuk semua anugrah dan nikmat yang telah diberikan, semua ujian yang telah diatur dalam hidup ini sehingga saya bisa menjadi jiwa yang lebih berarti lagi, terimah kasih allah....

### KU PERSEMBAHKAN SKRIPSI INI UNTUK SEMUA ORANG YANG BERADA DI SEKITAR HIDUP KU..

Kepada yang Terkasih dan tersayang, Bunda delfina, Papa Ardizal,,yang telah menyayangi dari kecil sampai sekarang. Bunda papa kasihmu sepanjang lajan, kau selalu tunjukkan jalan yang nyata untuk anak hui ini. Tanpa mu, tanpa kasih mu, tanpa sayang mu, tidak mungkin anak mu bisa seperti sekarang ini. Tidak cukup selembar kertas untuk menulis rasa cinta sayang dan terimah kasih ku atas pengorbana mu selama ini. Aku bangga menjadi anak dari papa dan bunda, walaupun aku manja tapi sebenarnya ku sudah bisa bertanggung jawab... Aku sayang kalian.....Pa dan bunda saat ini Baju hitam dan toga ini lah yang baru bisa ku persembahkan,aku tau ini belum seberapa tapi setidaknya papa dan bunda bisa bangga juga punya anak seperti aku."

Abang Indra Kasri, my brother.....Aku tahu aku lebih tua dari mu bg, tapi diantara kita sepertinya aku lah yang adik kamu kakak ku...hehehe...walaupun kamu masih SMP tapi kamu selalu mengatakan hal yang membangun dalam hidupku. I love u bg..., onang ku yang tercinta kasih dan tersayan. Selalu membuatkan makanan buat ku.. heheheh makasih onang....tante ku mira gustia S.Pd dan om ku Adri Candra S.Pd, Sinit dan mansur(om paketek perutnyo om hehehhe), mak rudi, mak pendu, mak buyuang, mak hitam yang tambah hitam, mak uncu dan etek ku NANA, dia(yang selalu jutek pada ku..hahah capek merid kak) dan om ku suryadi.....thx qju.....Buat nenek ku Muraini, alm Yulisni, alm Minzan, you, numi, marodi dan kakek ku Hj



Raiman asyik, halami, Hasribaldi A.md, Yurnalis dan semua keluarga besar ku di Payakumbuh dan padang

*Keluarga Besar ku di Payakumbuh dan di Padang*

Terimah kasih sebesar-besarnya kepada bapak Drs.Alimin Mahyudin M.Si atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan sehingga dapat menghasilkan karya untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir di Indonesia. Para dosen (p'wer, b'Tuti, p'Arif, p'Afdal, p'lmtaq,b' dian milvi, p'afmut and All) terima kasih atas ilmu dan wawasan yang diberikan. Para guru SMA, SMP, SD.

Untuk teman-teman fisika (**kak herny**, terimah kasih atas info-infonya kak dan banyak saran lainnya yg didapat dr kakak.**osna** dan **yona** yang selalu ku panggil kebalik..hehe maev ya friend...soalnya ente berdua rada mirip,buat ona thx atas kiriman pulsa nya.**IIN**,yg samapai skrg msh tetap pelupa,makasih ya in atas dukungannya...palagi dihari H.udah setia nemenin mpei malam.....Nah ini dya si **Gebong** teman dari zaman asrama mpei skrg si bebeb gue,gue thxs bgt ma lu by...atas cup tempat duduk wktu ujian dan msh bnyk kebaikan lu yg lain yg hanya gue dan yg diatas yang tau...Mn.mm syang ku **Okuta Liani** yang selalu cerewet dan bawel u menyingati diriku ini,thx beb udh mau nemenan hari-hri ku selama ini,loe org yg paling enak klw dibonceng...cckkckck.**Ika** juga thx bgt ya ka..jgn ngmbek2 lgi ma gue,gue plg g bisa liat lu diamin gue....walaupun lu lg g mood....ayo ka semangat,kita semua selalu ada disamping lu.**aci** juga mksh byk ya ci.**SI susi** yang selalu exsis,tetap semangat si.**Adel** yang tambah manis aza,kita pernah janji kan del u bareng-bareng wisuda..ayo del semangat.**Adex**,makasih ya dx dah setia dengan persahabatan qt.**Sumar** yang sudah banyak memberikan cerita lucu di lokal.**Novi** yang g pernah sedih dan selalu tertawa bahagia,sehingga jurusan jd tambah rame.**ISIL** makasih udh bersama-sama setiap hari bikin tugas,bikin jimat ckkckck.**OOM** yang always bersedia meninstal laptop uthi,thx om semoga awet dengan tante.**Uci come-come** yang kdng ada kdng antah kemana,aku doakan kamu cepat menikah taon depan kan ci..????**Rika hardiwan** yang lucu dan calm,cepat nyusul di...semoga langgeng ma 004 ya di.**Dedet** yang menghilang ntah kmn,ayo det balek ke fisika kita kuliah Radiasi lagi.**Ayu** yang selalu setia ke teknik,ke pasar,tempat ngeprint nya anak2 NC,yang g prnh ngambek,marah,selalu tenag,damai...ayu is the best.Beruntung orang berikut ini klw bisa menaklukan hati ayu... Next **OOS**....kemana za os?knp g datang di hri H ty?os kpn mkn2 bareng lagi nehh...**Rindy** yang paling pintar ngomong,aku suka mu ndy.**Echa** si manusia tanpa beban,tapi sebenarnya ada loh...**Nela**,makasih ya nel atas bantuannya selama ini.Nah ini dya si **INCHIM** sebenarnya name nye LUSI,thx ya chim udh minjamin motor nya disaat penting.**Tek Rima** yng tambah cantik aza.**Achan** komting nya 007,thx alot of chan.**Oya** yang selalu jadi kakak,mkasih atas nasehat oya.**Ely** yang kita jarang bersama tapi makasih ya li....**IIK** yang selalu setia menggoda anak2 ce...lah tu ik,kerjakan TA nya lagi.**Faizal** sang anggota baru NC.**Izam** thx ya udah bersama difisika selama beberapa taon ini. **Ega** teman ngulang fismat ku.**Aso** yang selalu setia bantuin aku



soal fotocopian dan cerewetnya ampunnnnn.....semangat so. Nanda juga makasih nda...Dan terakhir buat sahabat ku **YEFRI HENDRIZON** dima kamu beb,i mizu.....

Saudara BP galoeh budi otomoe eheheh tambah budi nya ga...cepat nyusul gue ya ga....Uda bp da deri,makasih uda udah mendidik dan membimbing selama uda berada difisika.Kak bp Kak VIVI dan Kak ENO yang semakin-makin za.Adiak BP uci yang cerewet setiap hari, ayo kuliah yang rajin,g ush pacaran dulu diak...cepat susul kakak. Buat vivi09,buat uci2010,dayat2010,vonny2010 siapa lagi nama adx bp kak yang lainnya...makasih....

Buat anak-anak gratiser thx ya udh menganggap kakak seperti kakak sendiri....uci,kiki,sonya,juju,oji,lina dan rika dan juga rima yang setia nyarian tempat duduk klw ujian buat kakak....dan ibet,hendra and all 2009..chayo....semoga lucky seperti 2007....

Senior ku kak pipin06,yang ketawa2 terus,kak megi06,kak lusi06,kak ayu06,kak nola06 and geng beb lainnya.Juga buat geng cin kak gemilang,mbak sri, kak rina and all deh.....

Special thx for my mmmm:mmm.....thx udah belian printer,jdinya g banyak duit yang keluar selama TA ini,thx udah buatin alat-alat untuk TA,thx udah berikan syg nya.....thx bnyak ..... cepat menyusul jadi sarjana ya beb....hehehe



## **PENGARUH PANJANG SERAT SERABUT KELAPA TERHADAP SIFAT MEKANIK GYPSUM**

### **Abstrak**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material telah mengembangkan penelitian mengenai material komposit dengan penggunaan serat alam serabut kelapa. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh ukuran panjang serat (5 variasi serat; 2, 3, 4, 5, 6 cm) terhadap ikatan antara serat dan matrik dalam pembentukan bahan komposit dengan metode cetakan. Parameter uji untuk mengetahui sifat mekanik gypsum meliputi: uji tekan dan uji lentur menggunakan mesin COM-TEN Testing Machine. Hasil pengujian menunjukkan (1) Serat serabut kelapa dengan panjang 5 cm memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar yaitu 7,63 MPa (2) yang paling tinggi kekuatannya terdapat pada benda uji dengan panjang serat 5 cm sebesar 126,75 MPa (3) serat serabut kelapa optimal dalam pengujian kekuatan tekan dan kekuatan lentur terjadi pada panjang serat 5 cm, karena pada benda uji tersebut, serat serabut kelapa terikat kuat dengan gypsum dan dapat menahan beban yang diberikan.

Kata Kunci: komposit, serat serabut kelapa, uji kekuatan tekan, uji kekuatan lentur.



## **EFFECT OF COCONUT FIBERS LENGTH ON THE NATURE OF MECHANICAL GYPSUM**

### **Abstract**

Development of science and technology in the field of materials have been expanded the study about composite material with the use of natural fiber of coconut fibers. The study focused to determine the effect of fiber length (5 variations of fiber, 2, 3, 4, 5, 6 cm) of the bond between fiber and matrix in the formation of composite materials with mold method. Test parameters to determine the mechanical properties of gypsum include: stress test and flexure test using the COM-TEN Testing Machine. Test results showed (1) Fiber coconut fibers with a length of 5 cm has a value greater compressive strength of 7.63 MPa (2) the highest flexure strength contained in the test specimen with a fiber length of 5 cm at 126.75 MPa (3) optimal fiber head in testing the compressive strength and flexural strength occurred in fiber length of 5 cm, because the test object, the stronger the fiber coconut fibers bonded with gypsum and can withstand a given load.

Keywords: composites, fiber coconut fibers, test the compressive strength, flexural strength test.



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, para sahabat dan pengikutnya yang selalu istiqomah hingga akhir zaman.

Skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata I di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Skripsi ini membahas pengaruh panjang serat serabut kelapa terhadap sifat mekanik *gypsum*.

Penulis menyadari dengan bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, dan Abang atas segala doa, semangat, dorongan, perhatian dan curahan kasih sayangnya sehingga penulisan skripsi berjalan dengan lancar.
2. Bapak Arif Budiman, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Andalas.
3. Bapak Drs. Alimin Mahyudin, M.Si selaku pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk berbagi ilmu. Semoga mendapatkan RidhoNya. Amin.



4. Bapak Dr. Elvaswer, Afdhal Muttaqin M.Si, dan Arif Budiman, M.Si selaku penguji yang telah memberikan kritikan, petunjuk, serta saran selama penulisan skripsi.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas yang telah berbagi ilmu, pemahaman dan pengalamannya, serta seluruh pegawai Jurusan Fisika.
6. Teman-teman di Jurusan Fisika Universitas Andalas, semoga menjadi teman dan sahabat yang baik, khususnya RELATIVITAS 07
7. Dan semua pihak yang mendukung penulis untuk menyelesaikan studi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.

Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan yang penulis miliki dalam penulisan skripsi ini. Dan untuk itu, penulis membutuhkan bimbingan, kritik, saran dan pengarahan yang bersifat membangun guna kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap agar skripsi ini berguna bagi pihak-pihak yang membutuhkan, terutama bagi penulis sendiri. Amin.

Padang, Agustus 2011

Penulis



## DARTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori .....	5
2.2.1 Sifat Mekanik Material.....	5
2.2.2 Material Komposit.....	11
2.2.3 Komposit Matriks.....	13
2.2.4 Komposit Serat .....	19
2.2.5 Ikatan Matriks dengan Serat.....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Bahan dan Alat .....	31
3.1.1 Bahan Penelitian.....	31
3.1.2 Alat Penelitian .....	32
3.2. Prosedur Pembuatan Komposit .....	34
3.2.1 Penyiapan Serat .....	34
3.2.2 Pembuatan Komposit .....	35
3.3. Pengujian Sifat Mekanik Gypsum .....	36

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Pengaruh Panjang Serat Serabut Kelapa terhadap Kuat Tekan <i>Gypsum</i> .....	39
4.1.1 Hasil Perhitungan Kekuatan Tekan .....	40
4.1.2 Analisa Pengujian Kuat Tekan .....	41
4.2. Pengaruh Panjang Serat Serabut Kelapa terhadap Kuat Lentur <i>Gypsum</i> .....	44
4.2.1 Hasil Perhitungan Kekuatan Lentur.....	45
4.2.2 Analisa Pengujian Kuat Lentur.....	46

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	50
-----------------------------	----



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Melukiskan suatu batang dengan tegangan tarik .....	7
Gambar 2.2. Regangan pada sebuah balok.....	8
Gambar 2.3. Hubungan tegangan dan regangan bahan .....	9
Gambar 2.4. Skematik Klasifikasi Material .....	11
Gambar 2.5. Parameter <i>fiber</i> dalam komposit.....	22
Gambar 2.6. Pemodelan struktur serat alam.....	24
Gambar 2.7. Pemodelan penyusun serat-serat alam .....	21
Gambar 2.8. Tipe serat pada komposit.....	38
Gambar 2.9. Bentuk ikatan antara serat dengan matriks pada penarikan.....	30
Gambar 3.1. Tepung <i>gypsum</i> .....	31
Gambar 3.2. Serat serabut kelapa .....	32
Gambar 3.3. Timbangan digital.....	32
Gambar 3.4. Cetakan kuat tekan.....	33
Gambar 3.5. Cetakan kuat lentur .....	33
Gambar 3.6. Mesin uji lentur.....	34
Gambar 3.7. <i>COM-TEN Testing Machine</i> .....	34
Gambar 3.8. Standar Uji <i>Flexure</i> .....	37
Gambar 4.1. Grafik Data Uji Tekan .....	41
Gambar 4.2. Grafik Data Uji Lentur .....	46

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Sifat-sifat mekanik material .....	11
Tabel 2.2. Komposisi bahan <i>gypsum</i> .....	16
Tabel 2.3. Perbandingan produksi serat alam dengan serat <i>e-glass</i> .....	20
Tabel 2.4. Perbandingan sifat mekanik serat alam dengan serat sintetis.....	20
Tabel 2.5. Sifat fisik dan kimia serat serabut kelapa .....	27
Tabel 2.5. Komposisi bahan <i>gypsum</i> .....	25
Tabel 3.1. Komposisi serat, gypsum, aquades untuk cetakan uji lentur.....	33
Tabel 3.2. Komposisi serat, gypsum, aquades untuk cetakan uji tekan .....	34
Tabel 4.1. Data Pengujian Kuat Tekan.....	39
Tabel 4.2. Beban Maksimum Benda Uji Kuat Tekan $\pm$ Standar Deviasi.....	40
Tabel 4.3. Perhitungan Uji Kuat tekan .....	41
Tabel 4.4. Data Pengujian Kuat Lentur .....	44
Tabel 4.5. Beban Maksimum Benda Uji Kuat Lentur $\pm$ Standar Deviasi .....	45
Tabel 4.6. Perhitungan Uji Kuat Lentur .....	46



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Perhitungan massa serat serabut kelapa pada setiap cetakan.....	53
Lampiran 2. Standar Deviasi Beban Maksimum uji Kuat Tekan .....	55
Lampiran 3. Perhitungan hasil uji kuat Tekan .....	57
Lampiran 4. Standar Deviasi Beban Maksimum uji Kuat Tekan .....	61
Lampiran 5. Perhitungan hasil uji kuat Tekan .....	63
Lampiran 6. Gambar mesin uji kuat tekan kuat lentur .....	68
Lampiran 7. Gambar specimen dalam cetakan .....	69
Lampiran 8. Gambar spesimen sebelum diuji.....	70

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Komposit serat alami merupakan komposit yang kandungannya terdiri dari serat sebagai penguat dan matrik sebagai pengikatnya. Serat alami yang dimaksud dalam komposit ini adalah serat yang berasal dari alam, tanpa melalui proses kimia dan industri. Pada umumnya serat alami yang dipakai berupa serat bambu, rotan, serat dahan pisang, serabut tandan, serbuk papan, serat nenas, serat serabut kelapa (*coir fiber*), dan serat alami lainnya yang masih bisa dimanfaatkan

Ada berbagai alasan penting dalam pemanfaatan serat alami ini. Pemanfaatan serat alami tentunya diharapkan mendapatkan berbagai keuntungan, antara lain: segi ramah lingkungan, segi kesehatan yang berkaitan dengan proses pembuatan fiber, segi kekuatan materialnya yang ditinjau dalam kekuatan tekan dan kekuatan lenturnya, serta segi ketahanannya terhadap korosi.

Saat ini fiber merupakan material yang sedang populer. Adapun produk fiber yang digunakan untuk segi material, antara lain : atap fiber dan dinding fiber. Selain itu dari segi maritim, fiber sering digunakan untuk bodi kapal, *speed boat*, pipa fiber yang tahan terhadap karat (digunakan untuk mengalirkan fluida yang tidak berbahaya).

Isu terbesar dunia rancang bangun saat ini adalah dalam pembuatan *fiberglass* (bahan sintesis) yang sangat bergantung kepada bahan api fosil yang mana pembakarannya akan membebaskan sejumlah CO<sub>2</sub> ke dalam atmosfer akan memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan (Joshi et al,2003). Selain



ditinjau dari segi pembuatan, bahan sintetis yang sudah tidak terpakai lagi sangat sulit dimusnahkan karena bahan sintetis mengandung bahan *anorganik* yang sulit terurai. Sedangkan fiber komposit alam (fiber yang diperkuat serat alam) yang tidak layak pakai dapat dimusnahkan. Adapun caranya cukup dengan membenamkannya di dasar laut, sehingga binatang laut akan mampu mengurai fiber komposit karena bersifat organik.

Penggunaan fiber komposit dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin meningkat menjadikan sebuah tantangan dalam ilmu material untuk mencari dan mendapatkan material baru yang memiliki nilai guna lebih serta memiliki dampak positif bagi lingkungan hidup. Fiber komposit masih memiliki banyak kemungkinan dalam hal pengembangannya, mengingat sumber material dan perlakuan pada material tersebut sangat melimpah sehingga masih memungkinkan untuk mendapatkan material-material baru.

Material komposit mulai dilirik karena memiliki beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan material anorganik lainnya, diantaranya adalah massanya yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi dan juga ketahanan terhadap korosi yang lebih baik. Atas dasar tersebut material organik kini hadir dan mulai menggantikan material anorganik yang telah lama dipakai di dunia.

Untuk itu, pembuatan komposit produk bahan bangunan dari campuran serat serabut kelapa dengan *gypsum* menjadi perhatian dalam penelitian ini. Serat serabut kelapa dicampur dengan *gypsum* akan menghasilkan bahan panel dinding dari *gypsum* yang berserat serabut kelapa.

Pada penulisan tugas akhir ini, serat alam yang digunakan sebagai fiber pada komposit serat alam adalah serabut kelapa (*coir fiber*). Penggunaan serat serabut kelapa banyak dimanfaatkan karena serat serabut kelapa memiliki sifat tahan lama, sangat ulet, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, tahan terhadap air, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama serta tidak dihuni oleh rayap dan tikus. Oleh karena itu, serat serabut kelapa menjadi alternatif perkembangan material komposit, karena selain murah, mudah didapat juga sangat berlimpah. Sedangkan Matriks yang digunakan adalah *gypsum*. Dengan memberikan perlakuan variasi panjang serat serabut kelapa sebesar 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 6cm.

Kemudian dilakukan pengujian tekan dan lentur terhadap komposit, sehingga didapatkan nilai optimum dari perlakuan pengaruh panjang serat serabut kelapa terhadap kekuatan mekanik komposit *gypsum* berserat serabut kelapa. Volume fraksi yang digunakan untuk setiap sampel adalah 20% serat dan 80% *gypsum* ditambah *aquades*. Sehingga komposit *gypsum* berserat serabut kelapa dapat memberikan manfaat diantaranya adalah meningkatkan nilai guna serabut kelapa, menemukan material alternatif baru, mendapatkan nilai optimum dari variasi panjang serat serabut kelapa dalam pembuatan komposit *gypsum* berserat serabut kelapa

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan limbah serabut kelapa serta meningkatkan nilai guna dari limbah tersebut.



2. Menjadikan limbah serabut kelapa sebagai alternatif pilihan material dalam penggunaannya sehari-hari.
3. Mengetahui pengaruh variasi panjang serat serabut kelapa terhadap sifat mekanik komposit serabut kelapa (uji kuat tekan dan kuat lentur *gypsum* berserat serabut kelapa).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Percobaan dan penelitian terdahulu yang melatarbelakangi penelitian tentang komposit yang diperkuat serat serabut kelapa telah dilakukan oleh Ulfa (2003) Jurusan Fisika Universitas Andalas dengan menambah persentase serat serabut kelapa dengan campuran beton. Penelitian berikutnya telah dilakukan oleh Sabardi (2005) Jurusan Fisika Universitas Andalas dengan bervariasi panjang serat serabut kelapa dengan jumlah pasir yang digunakan untuk pembuatan beton.

Pada tahun (2010) Misriadi Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi kelautan telah melakukan pemanfaatan serat alami (serat serabut kelapa) sebagai pengganti serat sintetis pada *fiberglass* pada campuran resin guna mendapatkan kekuatan tarik yang optimal. Sedangkan disini penulis bervariasi panjang serat serabut kelapa dengan gipsum untuk mendapat hasil uji mekanik yang optimal.

#### 2.2 Landasan Teori

##### 2.2.1 Sifat Mekanik Material

Setiap material memiliki karakteristik dan sifat masing-masing dengan mengetahui sifat mekanik pada material, pemilihan proses yang tepat menjadi hal yang mudah untuk dilakukan. Sifat material yang menjadi pertimbangan



dalam pemilihan dan juga proses adalah sifat dasar material seperti sifat fisik, sifat teknologi dan sifat mekanik.

### 1. Sifat fisik

Sifat fisik merupakan kelakuan material yang bukan disebabkan oleh pembebanan dari luar seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah kepada struktur material. Sifat fisik material antara lain adalah : temperatur cair, konduktifitas panas, dan panas spesifik.

### 2. Sifat Teknologi

Sifat Teknologi merupakan sifat material yang menyatakan kemampuan suatu material untuk dibentuk atau di proses. Produk dengan kekuatan tinggi dapat dibuat dengan proses pembentukan misalnya dengan cara penempaan atau pengerollan. Produk dengan bentuk yang rumit dapat dicapai dengan proses pengecoran. Sifat-sifat teknologi diantaranya adalah sifat mampu las, sifat mampu cor, sifat mampu tempa, sifat mampu mesin dan sifat mampu bentuk.

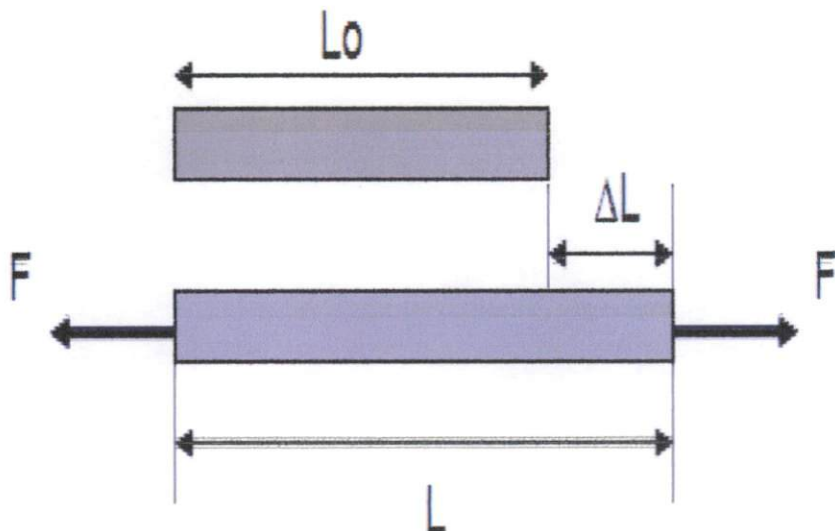
### 3. Sifat Mekanik

Sifat mekanik material merupakan faktor penting yang mendasari pemilihan suatu bahan dalam setiap perancangan. Sifat mekanik merupakan respon yang diberikan oleh material ketika material tersebut mengalami pembebanan. Pembebanan dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Benda yang mendapatkan gaya didealkan sebagai benda tegar, tidak mengalami perubahan bentuk bila mendapatkan gaya. Tetapi sebenarnya setiap benda mengalami perubahan bentuk ketika mendapatkan sebuah gaya. Berikut ini merupakan hubungan perubahan bentuk dengan gaya yang menyebabkannya :

batang dan menghasilkan bentuk batang seperti Gambar B. Dimana terdapat gaya-gaya yang merata di penampang batang. Dari sini dapat didefinisikan tegangan di batang sebagai perbandingan antara gaya  $F$  dengan luas penampang  $A$ . Dan tegangan ini disebut tegangan tarik. Bila diberikan gaya tarik sebesar  $F$  dan terjadiperubahan bentuk batang seperti Gambar C, maka gaya yang bekerja bisa diuraikan menjadi dua komponen, yaitu  $F_{\perp}$  seperti Gambar D (tegak lurus/normal terhadap  $A$ ) maka menghasilkan tegangan normal. Dan jika  $F$  sejajar terhadap  $A$  seperti Gambar D maka akan menghasilkan tegangan tangensial (geser)

## 2) Regangan (*strain*)

Bila gaya yang diberikan pada balok memberikan tegangan tarik, maka balok juga mengalami perubahan bentuk yang disebut regangan (*strain*), seperti yang terlihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** Regangan pada sebuah balok

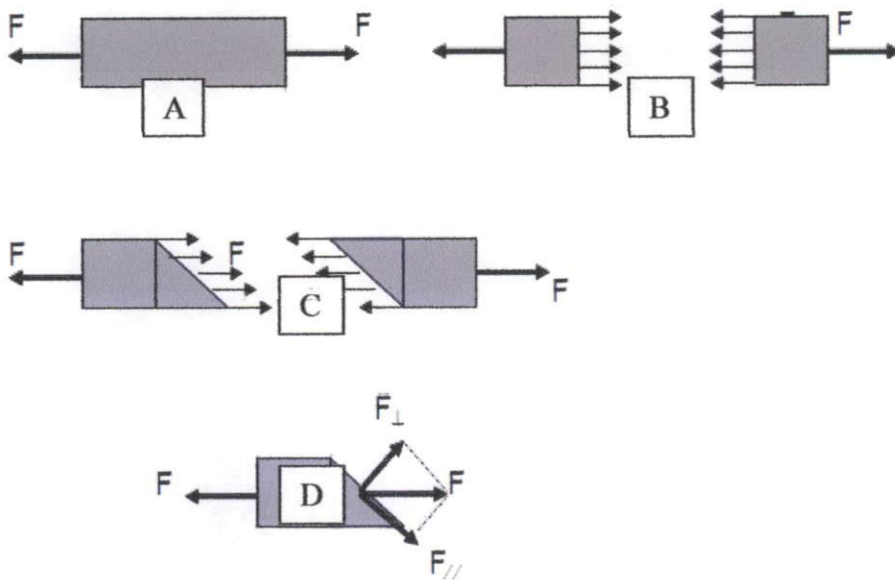


1) Tegangan (*stress*)

Tegangan adalah gaya yang diakibatkan oleh suatu benda yang bekerja pada permukaan yang menyentuh benda itu. Apabila  $F$  = gaya (newton) dan  $A$  = luas permukaan ( $m^2$ ), maka tegangan,  $S$  dapat ditulis sebagai:

$$\text{Stress } (s) = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Suatu batang yang mempunyai penampang serba sama ditarik dengan gaya  $F$  pada kedua sisinya, maka batang akan berada dalam keadaan tertarik. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1



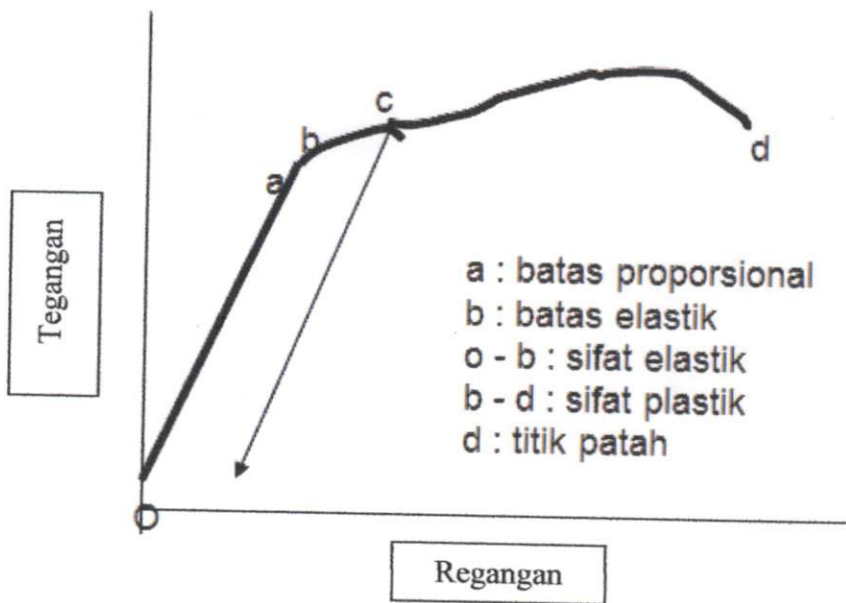
**Gambar 2.1** Hubungan suatu batang dengan tegangan tarik

Gambar diatas melukiskan suatu batang yang mempunyai penampang serba sama diatrik dengan gaya  $F$  pada kedua sisinya. Batang dalam keadaan tertarik (gambar A) dan gaya tarik yang diberikan terletak di tengah-tengah

Regangan tarik dirumuskan sebagai :

$$\text{Regangan} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.2)$$

Hubungan antara tegangan dan regangan menyatakan elastisitas bahan tersebut. Grafik tegangan sebagai fungsi dari regangan dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut :



**Gambar 2.3** Hubungan tegangan dan regangan bahan

Dari gambar diatas dapat dijelaskan, bagian pertama (O-a) tegangan sebanding dengan regangan (kurva nya berbentuk linier), a adalah batas proporsional. Bahan masih mampu menahan beban yang diberikan. Dari titik a sampai b bahan bersifat elastis, yaitu kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk semula. Bila beban di ambil setelah melewati b, misalnya di c, maka kueva kembali melalui garis tipis menuju O. Dan jika beban ditambah terus



maka akan patah di titik  $d$ ,  $d$  disebut titik patah yang menggambarkan bahan tidak bisa lagi kembali ke bentuk semula.

Secara garis besar, pembebanan material terbagi dua, yaitu :

#### 1. Pembebanan Statis

Pembebanan statis merupakan pemberian beban secara statis ( konstan ) terhadap waktu ( beban merupakan fungsi dari waktu ).

#### 2. Pembebanan Dinamis

Pembebanan dinamis merupakan pemberian beban yang bekerja secara berubah-ubah terhadap waktu ( merupakan fungsi waktu ).

Beberapa sifat mekanik yang mencirikan keberadaan suatu material seperti: kekuatan tarik, kekuatan *flexure*, keuletan, ketangguhan, kekerasan, ketahanan aus, ketahanan geser, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekuatan lelah, modulus elastisitas tarik, modulus elastisitas *flexure*, dan lain sebagainya. Sifat-sifat mekanik tersebut hanya bisa didapatkan melalui pengujian mekanik yang pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*). Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perakuan yang sama.

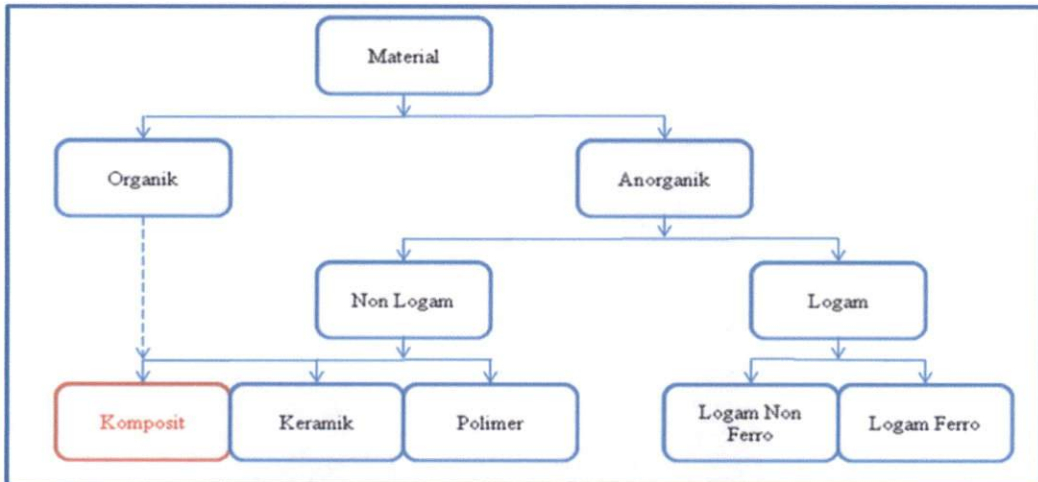
Sifat mekanik sangat erat hubungannya dengan sifat fisik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik. Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan perkembangan material hingga menghasilkan material baru. Sifat-sifat mekanik berbagai material dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Sifat-Sifat Mekanik Beberapa Material (Ashby, M.F dan D.R.H. Jones. 1986)

Material	Sifat yang menguntungkan	Sifat yang merugikan
Logam	Kekakuan ( $E \approx 100 \text{ GPa}$ ) Ulet ( $\epsilon_r \approx 20\%$ ), <i>formable</i> Tangguh ( $K_{IC} \geq 50 \text{ MPa/m}^2$ ) Titik leleh ( $T_m \approx 1000^0 \text{ C}$ ) Massa jenis tinggi	Logam murni, $\sigma_y \approx 1 \text{ MPa}$ Kekuatan leleh, $\sigma_e = \frac{1}{2}\sigma_y$ Sebahagian mudah terkorosi
Keramik	Kekakuan ( $E \approx 200 \text{ GPa}$ ) Titik leleh ( $T_m \approx 2000^0 \text{ C}$ ) Tahan korosi Massa jenis sedang	Ketangguhan rendah ( $K_{IC} \approx 2 \text{ MPa/m}^2$ ) Metode pembuatan dengan pembentukan serbuk
Polimer	Ulet Memiliki sifat mampu bentuk Tahan korosi Massa jenis rendah Kekakuan ( $E > 50 \text{ GPa}$ )	Kekakuan rendah ( $E \approx 2 \text{ GPa}$ ) Ketangguhan rendah ( $K_{IC} \approx 2 \text{ MPa/m}^2$ )
Komposit	Kekuatan ( $\sigma_y \approx 200 \text{ MPa}$ ) Tangguh ( $K_{IC} > 20 \text{ MPa/m}^2$ ) Tahan Korosi Kekuatan fatik tinggi Massa jenis rendah	Biaya tinggi Fenomena mulur pada matriks polimer.

### 2.2.2 Material Komposit

Segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang dapat dikatakan sebagai material, adapun klasifikasi material secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Skematis Klasifikasi Material



Komposit adalah penggabungan dua material atau lebih yang tersusun atas matriks sebagai pengikat dan fiber sebagai penguat dimana masing-masing material penyusun masih mempertahankan sifat aslinya.

Material *fibres-reinforced composite* terdiri atas fiber dengan kekuatan dan modulus tinggi yang melekat atau berikatan dengan matriks dengan lapisan berbeda diantara keduanya (Mallick, 1946).

Pendapat lain menyatakan bahwa komposit merupakan suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro maupun makro, dimana sifat tersebut berbeda bentuk dan komposisi kimia dari zat asalnya (Smith, W.F. 1996).

Komposit tersusun atas berbagai unsur pembentuk, secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian utama, yaitu :

#### 1. Matriks

Matriks adalah unsur pokok pada komposit yang menjadi bagian penutup dan pengikat struktur komposit. Matriks dapat terdiri atas *gypsum* dan *filler* atau *additive*.

#### 2. 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 adalah : mempunyai sifat mekanik yang baik, stabilitas termal yang bagus, tahan terhadap korosi, ringan, ekonomis, dan mudah didapatkan.

(Harbrian, Eindra. 2007) 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.

Dalam keadaan ini, fiber dan matriks mempertahankan sifat fisik dan kimia asli mereka namun mereka juga menghasilkan kombinasi sifat yang tidak dapat dicapai jika keduanya berdiri sendiri-sendiri (Mallick, P.K., 1946)

### **2.2.3 Komposit Matrik**

#### **1. Tinjauan Matriks**

Matriks merupakan unsur pokok dalam pembentukan komposit yang menjadi pengikat struktur keseluruhan komposit. Matriks menjalankan sedikit peran dalam menahan beban tarik pada struktur komposit. Pada *fibres reinforced composite*, matriks memiliki peran sebagai : 1). Menjaga posisi serat agar tidak berubah 2). Untuk menyalurkan tegangan yang bekerja diantara fiber 3). Melindungi serat dari gangguan lingkungan seperti kelembapan dan gangguan kimia lain 4). Untuk melindungi permukaan fiber dari kerusakan mekanik seperti abrasi (Mallick, 1946)

#### **A. Polimer sebagai matriks komposit**

Polimer mempunyai struktur dan sifat-sifat yang rumit disebabkan oleh umlah atom pembentuknya yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya rendah. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik-menarik yang kuat disebut ikatan kovalen, dimana setiap atom dari pasangan terikat menyumbangkan satu elektron untuk membentuk sepasang elektron.

Sifat-sifat umum polimer (Imra, 2009; Surdia, 1992) adalah sebagai berikut ini :

- 1) Sifat mampu cetaknya baik. Pada temperatur relatif rendah bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstruksi dan seterusnya yang menyebabkan ongkos pembuatan yang lebih rendah dari pada untuk logam dan keramik.
- 2) Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat. Berat jenis polimer rendah jika dibandingkan dengan logam dan keramik, yaitu kira-kira 1.0-1.7 yang memungkinkan membuat barang ringan dan kuat.
- 3) Banyak polimer bersifat isolasi listrik yang baik. Polimer mungkin juga dibuat konduktor dengan jalan mencampurkan dengan serbuk logam, butiran karbon dan sebagainya.
- 4) Baik sekali dalam ketahanan air dan ketahanan zat kimia. Pemilihan bahan yang baik akan menghasilkan produk yang mempunyai sifat-sifat baik sekali, contohnya *politetrafluoroetilen*.
- 5) Produk-produk dengan sifat yang berbeda dapat dibuat tergantung pada cara pembuatannya. Dengan mencampur zat pemplastis, pengisi dan sebagainya. Sebagai contoh *polivinil klorida* dengan zat pemplastis karet



dengan pengisi serbuk karbon, plastik diperkuat serat gelas (*Glass Fiber Reinforced Plastics*).

- 6) Umumnya bahan polimer lebih murah.
- 7) Kurang tahan terhadap panas. Hal ini sangat berbeda dari logam dan keramik.
- 8) Kekerasan permukaannya sangat kurang. Bahan polimer yang keras ada, tetapi masih jauh dibawah kekerasan logam dan keramik.
- 9) Kurang tahan terhadap pelarut. Umumnya zat pelarut tertentu kecuali untuk bahan khusus seperti *politetrafluoroetilen*.
- 10) Mudah termuati listrik secara elektrostatik.
- 11) Beberapa bahan tahan abrasi, atau mempunyai koefisien gesek yang kecil.

#### B. Karakteristik *Gypsum*

*Gypsum* berasal dari bahasa Yunani yang disebut *Gypsos*. *Gypsum* adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut, kemudian dipanaskan dengan suhu  $175^{\circ}\text{C}$  yang disebut STUCCO. *Gypsum* adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya. *Gypsum* yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat dengan rumus kimia  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , seperti pada mineral dan batu, *gypsum* akan menjadi kuat apabila mengalami penekanan (*gypsum association, 2007*). *Gypsum* adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Contoh lain dari mineral-mineral tersebut adalah karbonat, borat, nitrat, dan sulfat. Mineral-mineral ini diendapkan di laut, danau, gua dan di lapisan garam karena konsentrasi ion-ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi, *gypsum* berubah

menjadi basanit ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) atau juga menjadi anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ). Dalam keadaan seimbang, *gypsum* yang berada di atas suhu  $108^\circ\text{F}$  atau  $42^\circ\text{C}$  dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit.

*Gypsum* termasuk mineral dengan sistem kristal monoklin 2/m, namun kristal gipsnya masuk ke dalam sistem kristal orthorombik. *Gypsum* umumnya berwarna putih, kelabu, coklat, kuning, dan transparan. Hal ini tergantung mineral pengotor yang berasosiasi dengan *gypsum*. *Gypsum* memiliki kilap sutra hingga kilap lilin, tergantung dari jenisnya. Gores *gypsum* berwarna putih, memiliki derajat ketransparanan dari jenis transparan hingga translucent, serta memiliki sifat menolak magnet atau disebut diamagnetik.

C. Komposisi, kegunaan dan sifat *gypsum*

a. Komposisi bahan *gypsum*

Rumus kimia gipsum adalah ( $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dengan berat molekul adalah 172,17 gr. Komposisi bahan gipsum seperti yang terlihat pada Tabel 2.2.

**Tabel.2.2** Komposisi bahan gipsum

No	Bahan	Kandungan
1	Calcium ( Ca )	23,28
2	Hydrogen ( H )	2,34
3	Calcium Oksida ( CaO )	32,57
4	Air ( H <sub>2</sub> O )	20,93
5	Sulfur ( S )	18,62

(sumber : Gypsum Material, 2007 )

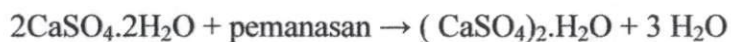
b. Kegunaan Gypsum

*Gypsum* digunakan untuk panel dinding dan langit – langit, dikenal di konstruksi sebagai *Drywall*. *Drywall* berbentuk plester yang diperoleh dari penghancuran dan kalsinasi ekstrak *gypsum* alami yang diperoleh dengan cara penambangan ataupun *gypsum* berbahan kimia yang dikenal dengan *desulfogypsum*.

c. Sifat Kimia dan Fisik Gypsum

i. Sifat Kimia Gypsum

Bahan dasar gipsum adalah mineral gipsum kalsium sulfat dihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Apabila dipanaskan,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  akan kehilangan 1,5 grm mol  $\text{H}_2\text{O}$  yang kemudian akan menjadi kalsium sulfat hemihidrat ( $\text{CaSO}_4$ ) $_2$ · $\text{H}_2\text{O}$ . Berikut ini adalah proses reaksinya :



Hasil yang diperoleh dari pemanasan merupakan bubuk (*powder*). Bila kalsium sulfat hemihidrat dicampur dengan air, maka akan terjadi reaksi kimia :



Reaksi yang terjadi *exothermic* yang menghasilkan panas. Bila 1 gmol kalsium sulfat hemihidrat bereaksi dengan 1.5 gmol air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), maka akan dihasilkan 1 gmol kalsium sulfat dihidrat dan panas yang dikeluarkan sebesar 3900 kalori.



## ii. Sifat Fisik *Gypsum*

*Gypsum* secara umum mempunyai kelompok yang terdiri dari *gypsum* batuan, gipsit alabaster, satin spar dan selenit. *Gypsum* juga dapat diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya, yaitu endapan danau garam, berasosiasi dengan belerang, terbentuk sekitar fumarol vulkanik, efflorescence pada tanah atau gua di daerah batu gamping.

### 2. Klasifikasi berdasarkan unsur penyusun matriks dalam komposit (Berthelot, 1998)

Berdasarkan Matriks penyusunnya, maka komposit dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

#### A. *Organic Matrix Composites*

*Organic matrix composites* adalah komposit yang unsur penyusun utamanya adalah polimer. Jenis komposit ini sedang banyak dikembangkan sebagai alternatif material baru pengganti material berbahan baku *anorganic*.

Contoh produk OMC : panel dinding, panel pintu mobil, *carbon glass*

#### B. *Metallic Matrix Composites*

*Metallic matrix composites ( MMC )* merupakan komposit yang matriks penyusunnya berasal dari bahan logam, seperti : aluminium, magnesium, dan titanium. Matriks ini adalah logam yang ulet (Callister,W.D. 2006).

Contoh produk MMC : bodi pesawat , sudu turbin uap, *silicon carbide*

#### C. *Mineral Matrix Composites ( Ceramic )*

*Mineral matrix composites* atau *Ceramic Matrix Composites ( CMC )* merupakan komposit yang matriksnya berbahan dasar keramik.

Contoh produk CMC ; *Bath tube*

#### 2.2.4 Komposit Serat

##### 1. Tinjauan Serat

Material komposit yang banyak dijumpai pada tahun-tahun belakangan ini masih menggunakan serat sintetis sebagai bahan penguatnya seperti halnya *fibre 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.

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). Penelitian mengenai kekuatan serat alam yang digunakan sebagai fiber dalam material komposit sudah banyak dilakukan dan salah satunya terlampir pada Tabel 2.4.

Berdasarkan Tabel 2.4 dapat dilihat bahwa kekuatan serat alam masih berada jauh dibawah kekuatan serat sintetis. Oleh karena itu pengembangan akan serat alam dengan sifat mekanik yang lebih baik semakin banyak dilakukan, dengan begitu diharapkan kekuatan serat alam akan menyamai kekuatan serat sintetis.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Kekuatan tekan maksimum komposit serat serabut kelapa adalah pada komposit dengan variasi panjang serat 5 cm yaitu sebesar 7,63 MPa
2. Kekuatan tekan maksimum komposit serat serabut kelapa adalah pada komposit dengan variasi panjang serat 5 cm, yaitu sekitar 126,75 MPa
3. Serat serabut kelapa mampu untuk meningkatkan kekuatan dari komposit *gypsum*.

#### 5.2. Saran

Pada dasarnya penelitian ini berdasarkan uji coba atau penelitian laboratorium yang dilakukan oleh penulis. Oleh karena itu diperlukan penyempurnaan keberlanjutan penelitian tentang serat komposit. Pada penelitian yang dilakukan ini terdapat beberapa kekurangan antara lain adalah tidak adanya tinjauan teori mengenai ikatan serat serabut kelapa terhadap *gypsum*, tidak adanya bentuk gambar ikatan dari penelitian ini dan tidak cukupnya studi awal mengenai *gypsum* sebagai penguat dan serat sebagai pengikat. Sehingga pada analisa tidak dapat dilihat keterkaitan antara hasil dengan teori awal. Oleh karena itu disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk bisa melengkapi berbagai kekurangan dalam penelitian ini.



Data penjualan dan produksi serat tahun 1993 dengan skala produksi 175 ton menunjukkan bahwa produksi serat alam jauh lebih ekonomis jika dibandingkan dengan produksi serat sintetis.

**Tabel 2.3** Perbandingan Produksi serat alam dengan *E-Glass Fibre*(Mallick, P.K., 1946)

<i>Fibre</i>	<i>Price in comparasion to glass-fibres (%)</i>	<i>Production</i>
<i>Jute</i>	18	3600
<i>Flax</i>	130	800
<i>Sisal</i>	21	500
<i>Banana</i>	40	100
<i>Coir</i>	17	100
<i>E-Glass</i>	100	1200

**Tabel 2.4** Perbandingan Sifat Mekanik Serat Alam Dengan Serat Sintetis (Monteiro, S.N; L.A.H. Terrones dan J.R.M. D'Almeida. 2008)

<i>Fibre</i>	<i>Density (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Elongation %</i>	<i>Tensile Strength (MPa)</i>	<i>Young's Modulus (GPa)</i>
<i>Natural Fibre</i>				
<i>Cutton</i>	1,5 - 1,6	7,0 - 8,0	287 - 597	5,5 - 12,6
<i>Jute</i>	1,3	1,5 - 1,8	393 - 773	26,5
<i>Flax</i>	1,5	2,7 - 3,2	345 - 1035	27,6
<i>Hemp</i>	-	1,6	690	-
<i>Ramie</i>	-	3,6 - 3,8	400 - 938	61,4 - 128
<i>Sisal</i>	1,5	2,0 - 2,5	511 - 635	9,4 - 22
<i>Coir</i>	1,2	30	175	4,0 - 6,0
<i>Viscose</i>	-	11,4	593	11
<i>Soft wood Kraft</i>	1,5	-	1000	40
<i>Sintetic Fibre</i>				
<i>E-Glass</i>	2,5	2,5	2000 - 3500	70
<i>S-Glass</i>	2,5	2,8	4570	86
<i>Aramide (Normal)</i>	1,4	3,3 - 3,7	3000 - 3150	63,67 - 67
<i>Carbon (Normal)</i>	1,4	1,4 - 1,8	4000	230 - 240

Penggunaan serat alam sebagai bahan baku komposit memiliki sejumlah keuntungan , yaitu :

1. Ramah lingkungan, dimana serat alam dapat dikomposkan jika sudah tidak terpakai lagi
2. Berat jenis rendah sehingga menjadi ringan
3. Ekonomis, jika dibandingkan dengan serat sintetis
4. Mamiliki kekakuan yang lebih tinggi dari kaca
5. Memakai sumber daya alam terbarukan
6. Pendayagunaan limbah atau tumbuhan yang belum termanfaatkan
7. Pengolahan bahan baku yang ramah lingkungan
8. Cocok untuk produk isolasi *thermal*

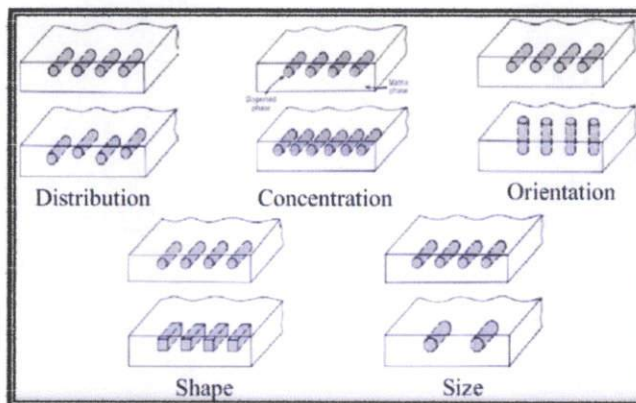
Namun disamping kelebihan yang banyak, komposit juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya :

1. Kekuatan tekan serat alam lebih rendah dibanding serat sintetis
2. Serat alam bersifat *hydrophilic*, yaitu menyerap kadar air. Hal ini bertentangan dengan sifat matriks yang *hydrophobic*. Sehingga mempengaruhi hasil akhir sifat mekanik komposit
3. Temperatur proses pengolahan serat dibatasi
4. Tidak tahan terhadap api
5. Harga serat alam berfluktuasi, bergantung pada hasil panen atau politik pertanian ( bagi serat alam yang dibudidayakan)

Keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia menjadikan peluang emas bagi penelitian dan penemuan serat alam yang belum diolah atau termanfaatkan. Indonesia sebagai Negara agraris yang masih banyak terdapat lahan pertanian menjadikan produksi limbah dalam bidang pertanian yang cukup besar. Limbah berupa serat serabut kelapa tersebut merupakan sumber energi belum termanfaatkan secara maksimal. Atas dasar inilah dilakukan penelitian mengenai komposit dengan menggunakan serat alam serabut kelapa (*coir*)

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 matrik 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, yaitu seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.



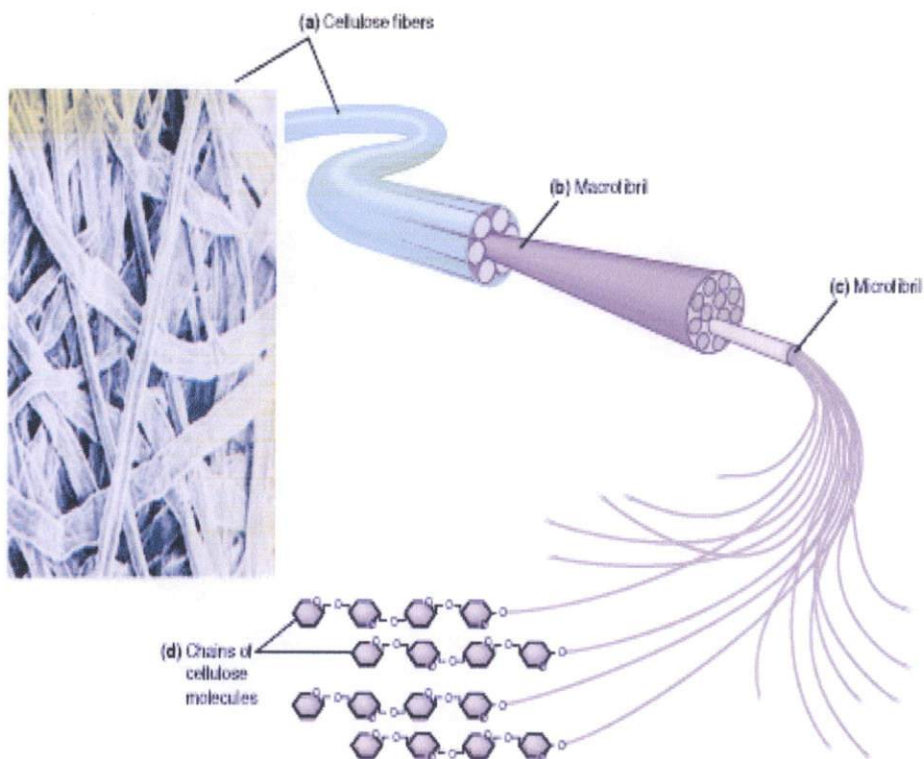
**Gambar 2.5** Parameter fiber dalam pembuatan komposit ( Ashby, 1986 )



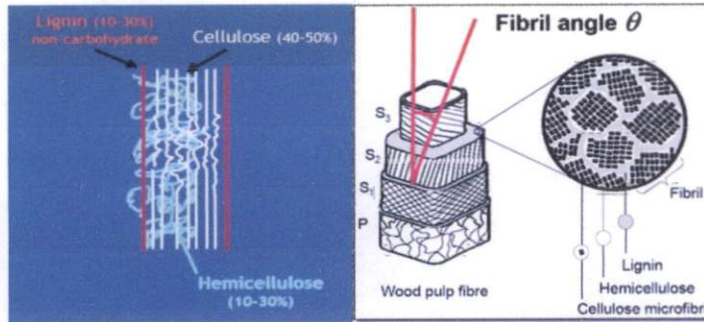
## 2. Struktur serat alam

Serat alam tersusun atas *selulosa*, *hemiselulosa*, *lignin*, senyawa ekstraktif dan beberapa bahan anorganik. *Selulosa* merupakan polimer glukosa yang tersusun dari 2.000 – 27.000 unit glukosa. Rantai ini diikat menjadi satu dengan ikatan *hydrogen* yang disebut dengan ‘serat dasar’ (*elementary fibril*).

Serat dasar tersebut kemudian dipaketkan menjadi serat yang lebih besar yang disebut dengan *macrofibrils*. Serat-serat dasar diikat satu sama lain dengan *hemiselulosa* dan kemudian dilindungi oleh *lignin*. *Lignin* melindungi *selulosa* dari degradasi oleh pengaruh fisik, kimia atau biologi. Gambar 2.7 dan Gambar 2.8 menjelaskan mengenai struktur serat alam tersebut.



**Gambar 2.6** Pemodelan struktur serat alam ([www.bps.go.id](http://www.bps.go.id))



**Gambar 2.7** Pemodelan bagian-bagian penyusun serat alam ([www.goggle.co.id/images](http://www.goggle.co.id/images))

### 3. Sumber serat serabut kelapa

Serat serabut kelapa merupakan bagian dari sabut kelapa. Sabut kelapa ini memiliki ketebalan 3–5 cm, terdiri dari kulit ari, sekam dan serat. Serat terletak pada bagian dalam sabut dan dilindungi oleh kulit ari. (Rizal 2002) menyebutkan komponen utama dari sabut kelapa adalah lignin dan selulosa. Senyawa lignoselulosa bersama hemiselulosa dan pectin mengalami penguraian yang lambat oleh mikroba dalam kondisi alami. Menurut *United Association of the Philipines* (UCAP) dalam satu buah kelapa dapat diperoleh rata-rata 0,4 kg sabut. Sabut ini menghasilkan sebesar 30% nya serat. Proses pemisahan sabut menjadi serat dapat dilakukan secara tradisional dan modern.

Pemisahan sabut secara tradisional meliputi perendaman dan pemisahan serat. Perendaman dilakukan selama 1–3 bulan yang bertujuan untuk memisahkan berkas – berkas serat dari sekam yang mengikatnya dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme yang berada air perendaman. Jaringan yang mengikat serat sedikit demi sedikit akan larut akibat aktifitas mikroorganisme. Ini ditandai dengan timbulnya bau tidak sedap pada wadah perendaman. Sabut yang telah direndam ini dicuci sampai bersih. Pemisahan serat dilakukan dengan cara

memukul- mukul sabut tersebut hingga lunak dan seratnya terpisah dari jaringan yang masih tertinggal. Serat yang diperoleh dijemur terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pengolahan sabut secara modern dilakukan dengan menggunakan mesin, dimana tahap-tahap pengolahannya meliputi pemotongan sabut, perendaman, penirisan serta pemisahan serat. Untuk pemotongan sabut, sabut dipotong membujur menjadi lima bagian, lalu ujung sabut dipotong atau dibuang. Kemudian sabut direndam dalam air sekitar tiga hari sampai gabusnya membusuk dan mudah terpisah dari seratnya. Setelah itu sabut ditiriskan selama beberapa jam.

Pemisahan serat dilakukan dengan mesin pengurai. Sabut yang telah ditiriskan dimasukkan ke dalam mesin pengurai. Kemudian serat yang telah dipisahkan dari gabusnya dimasukkan lagi ke dalam alat pemisah serat. Dari sini serat terbagi menjadi serat kasar dan serat halus. Selanjutnya serat kasar dan serat halus yang telah terpisah dikemas. Serat sabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung komponen asing.

#### 4. Sifat Fisis dan Kimia Serat Sabut Kelapa

Mutu dari serat serabut kelapa ditentukan oleh sifat kimia dan sifat fisisnya. Serat serabut kelapa dengan mutu yang memenuhi persyaratan spesifikasi dapat memperbaiki mutu *gypsum*. Selain bermanfaat untuk meningkatkan mutu *gypsum*, serat serabut kelapa juga menekan penggunaan *gypsum*. Pembentuk utama serat serabut kelapa adalah homoselulosa,



alphaseulosa, lignin, dan air. Karbon ditemukan dari arang bongkah, dengan cara membakar sabut dalam wadah khusus. Arang yang diperoleh dari sabut mengandung 78% karbon terikat (*fixed carbon*) dan 10,3 % bahan penguap serta kandungan air 65,3%. Kandungan masing-masing bahan tersebut sangat perlu ditetapkan karena mempengaruhi sifat gypsum. Mengingat sifat kimia dan fisis serat serabut kelapa sangat mempengaruhi sifat gypsum, maka perlu dilakukan pengujian terhadap mutu serat serabut kelapa yang akan digunakan (Rizal,2002). Pada tabel 2.4 dapat dilihat sifat fisik dan kimia serat serabut kelapa.

Ditinjau data komposisi kimiawi, serat serabut kelapa mengandung beberapa unsur kimia penting seperti dapat dilihat di bawah.

1. Komposisi kimia serat serabut kelapa menurut Rizal (2002)

- Kadar air : 9,02 %
- Protein Kasar : 3,03 %
- Lemak : 1,18 %
- Serat Kasar : 35,68 %
- Abu : 17,17 %
- Karbohidrat Dasar : 33,71 %

2. Komposisi kimia serat serabut kelapa menurut DTC – IPB

- Karbon (zat arang) : 1,33 %
- Hidrogen : 1,54 %
- Oksigen : 33,64 %
- Silika : 16,98 %

Ditinjau dari sifat fisik dan kimia serat serabut kelapa dapat dilihat seperti yang terdapat pada Tabel 2.5

**Tabel.2.5** Sifat fisik dan kimia serat serabut kelapa

No	Parameter	Serabut kelapa
	Morfologi	
1.	Panjang serat ( mm)	
	Panjang minimal 0.30	0.30
	Panjang maksimal	135.7
	Rata-rata, L	68
2.	Diameter serat ( $\mu\text{m}$ )	14.15
3.	Diameter lumen, I ( $\mu\text{m}$ )	7.19
4.	Tebal dinding, W ( $\mu\text{m}$ )	3.66
5.	Bilangan Runkel (2W/I)	1.01
6.	Kelansingan, L/D	42.06
7.	Kelemasan, I/D	0.49
	Komposisi Kimia	
8.	Air,%	4.73
9.	Abu,%	1.04
10.	Lignin,%	33.06
11.	Sari,%	1.38
12.	Homoselulosa,%	78.02
13.	Alphaselulosa,%	38.91
14.	Pentosa,%	22.0

( Sumber : Rizal, 2002 )

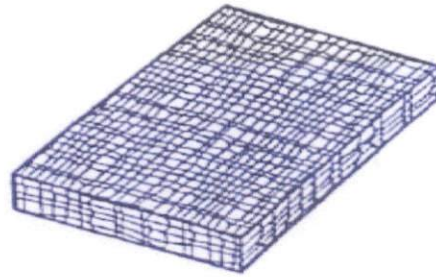
5. Klasifikasi berdasarkan ukuran fiber dalam komposit (Berthelot, 1998)

A. Komposit serat

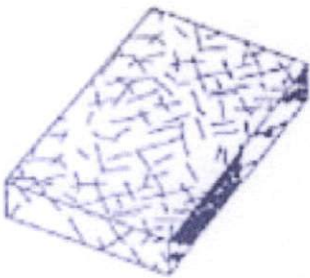
Komposit serat adalah material komposit yang penguatnya berasal dari serat. Komposit serat juga dapat diklasifikasikan berdasarkan susunan seratnya. Gambar 2.8 memperlihatkan tipe / susunan serat komposit.



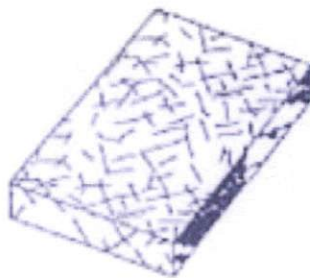
(A.1) *Continuous fibre*



(A.2) *Bidirectional continuous*



(A.3) *Discontinuous fibre*



(A.4) *Hybrid fibre (chopped fibre)*

**Gambar 2.8** Tipe Serat pada Komposit (Harbrian, Eindra. 2007)

#### A.1 *Continuous Fibre Composite*

*Continuous* atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan. Kekurangan tipe ini adalah lemahnya kekuatan antara lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya.

#### A.2 *Woven Fibre Composite (bi-directional)*

Pada komposit jenis ini, susunan seratnya mengikat antar lapisan . Tetapi susunan seratnya yang panjang dan kurang lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuannya tidak sebaik *Continuous fibre composite*.



### A.3 *Discontinuous Fibre Composite*

Merupakan komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar, karena faktor biaya manufakturnya lebih murah. Kekurangan dari jenis ini adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan serat lurus pada jenis yang sama.

### A.4 *Hybrid Fibre Composite*

*Hybrid fibre composite* merupakan komposit gabungan antara tipe serat lurus (*continuous fibre*) dengan serat acak (*random fibre*). Alasan pembuatan komposit jenis ini adalah agar dapat meminimalisasi kekurangan sifat dari kedua tipe sehingga dapat menggabungkan kelebihan keduanya.

## B. Komposit Partikel

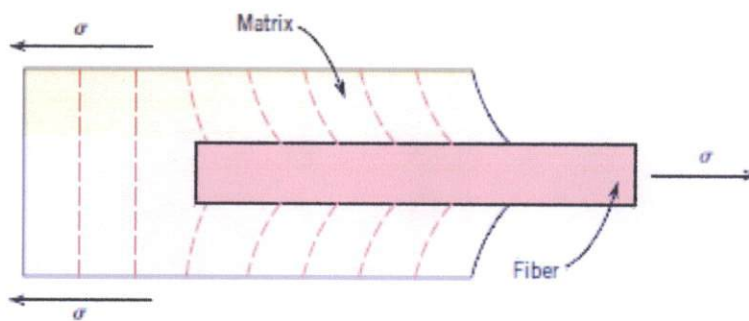
Komposit partikel adalah material komposit yang penguatnya berasal dari partikel atau material berupa serbuk yang telah diolah terlebih dahulu. Partikel tidak memiliki arah, sangat kontras dengan tipe serat. Secara umum digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik material atau matriks yang kaku.

### 2.2.5 **Ikatan Matriks Dengan Serat**

Syarat awal dalam mendesain suatu material komposit adalah mengetahui ikatan ( *bonding* ) antara material matriks dan material penguatnya. Hal ini sangat penting, karena menyangkut kekuatan komposit yang akan dibuat.

Serat alam yang dijadikan fiber atau penguat komposit memiliki sifat *hydrophylic*, yaitu sifat untuk mampu berikatan dengan senyawa hidrogen dan

lebih mudah larut dalam air atau pelarut polar lainnya. Sedangkan polimer sebagai matriks pada komposit memiliki sifat *hydrophobic*, yaitu sifat tidak mudah larut dalam air. Sehingga cukup sulit menggabungkan ikatan antar serat dan matriks. Untuk mengetahui ada atau tidaknya ikatan antara matriks dan serat, maka dapat diamati dari bentuk sudut kontak permukaan kedua bahan tersebut dengan cara mencelupkan bahan penguat kedalam matriks kemudian ditarik keluar perlahan-lahan seperti terlihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9** Bentuk ikatan antara serat dan matriks pada penarikan (Caliester WD,2006)

Terjadinya ikatan antara matriks (cair) dengan bahan penguat (padat) adalah akibat dari gaya adhesi yang sama besar dari gaya kohesi. Masalah inilah yang mengakibatkan terjadinya proses absorpsi molekul-molekul benda cair (bahan matriks) oleh molekul benda padat (bahan penguat), sehingga menimbulkan proses pembasahan (*wetting*) benda cair pada permukaan benda padat.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Bahan dan Alat

##### 3.1.1 Bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah :

1. Tepung *gypsum*

Tepung *gypsum* yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari toko profil gipsum 9,5 km Bypass. Seperti terlihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Tepung *gypsum*

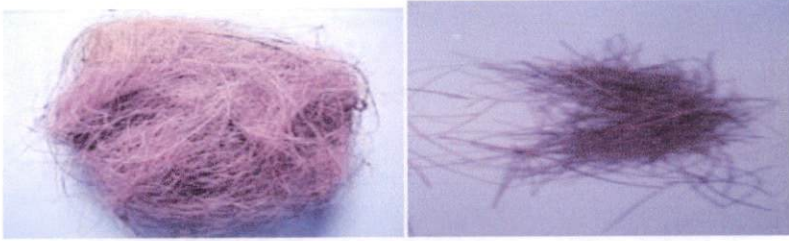
2. *Aquades*

Air yang digunakan adalah air yang bersih dan bebas dari kandungan minyak, asam alkali, garam, bahan–bahan organis atau bahan–bahan lain yang dapat merusak tepung gipsum.

3. Serat Serabut Kelapa

Serat Serabut Kelapa (*Coco Fiber*) berfungsi sebagai penguat pada material *Gypsum*. Sabut kelapa diperoleh dari industri serat serabut kelapa yang terletak di Kecamatan Pua Tengah Pariaman. Untuk keakuratan hasil pengujian, serat dikondisikan memiliki struktur yang sama dalam setiap pengujian. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.2





**Gambar 3.2** Serat Serabut Kelapa

### 3.1.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya Gelas ukur, Timbangan Digital, Peralatan untuk membuat komposit, Mesin Uji *Flexure* Tiga Titik dan Mesin Uji Tekan (*COM-TEN Testing Machine*).

#### 1. Gelas Ukur

Gelas ukur yang digunakan adalah gelas ukur dengan kapasitas 200 ml dengan merek IWAKI.

#### 2. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur massa bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini seperti serat serabut kelapa, *gypsum*. Bentuk timbangan digital yang digunakan dalam pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



**Gambar 3.3** Timbangan Digital

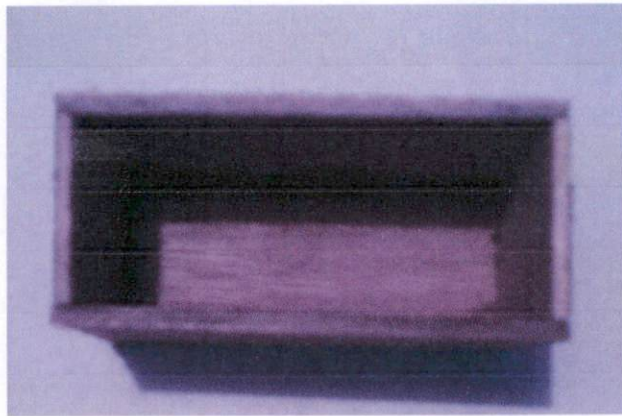
Spesifikasi timbangan digital ini adalah sebagai berikut:

*Merk* : Setra BL-4100L

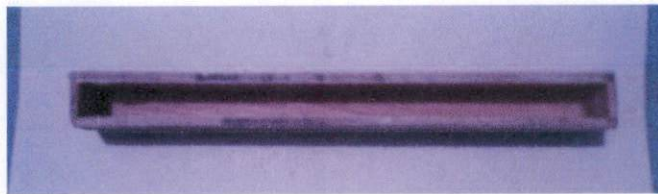
Satuan pengukuran : 0.01 gram

### 3. Peralatan Pembuat Komposit

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan material komposit adalah cetakan kayu, yang di buat sesuai ukuran ASTM untuk uji mekanik ( Kuat tarik dan kuat lentur )



**Gambar 3.4** Cetakan kuat tekan

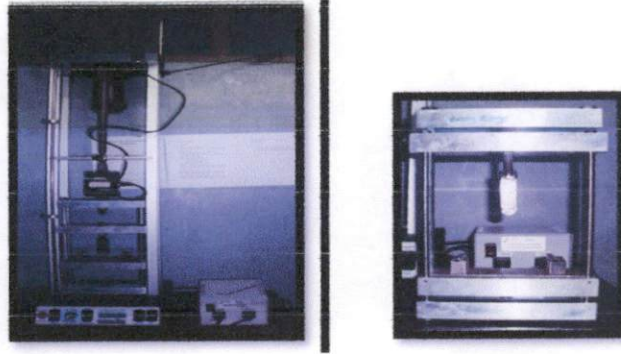


**Gambar 3.5** Cetakan kuat lentur

### 4. Mesin Uji Lentur (*Flexure*)

Mesin uji lentur (*flexure*) merupakan mesin uji tarik mini *COM-TEN Testing Machine* yang dimodifikasi pada bagian pemegang spesimennya.

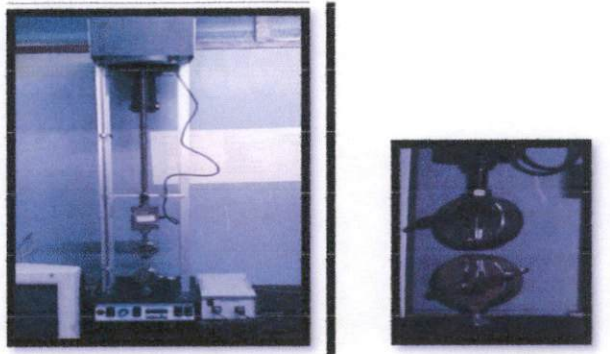
Peralatan pengecam spesimen diganti dengan peralatan *flexure* tiga titik. Bentuk dari alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



**Gambar 3.6** Mesin Uji Lentur (*Flexure*) Tiga Titik

#### 5. Mesin Uji Tekan

Pengujian tekan dilakukan dengan *COM-TEN Testing Machine* seperti pada Gambar 3.9 berikut.



**Gambar 3.7** *COM-TEN Testing Machine*

### **3.2** Prosedur Pembuatan Komposit

#### **3.2.1** Penyiapan Serat

Pada setiap cetakan sample digunakan persentasi serat serabut kelapa yang sama untuk semua pengujian yaitu 20% dari volume cetakan uji kuat tekan



sebesar 8,16 gram dan 20% dari cetakan uji kuat lentur sebesar 5,44 gram..  
 Persentase serat serabut kelapa didapatkan dengan cara mencari massa jenis dari serat serabut kelapa. Setelah didapatkan massa jenis serat maka dicari berapa banyaknya serat yang dibutuhkan untuk 20 % dari semua jenis cetakan, seperti yang terlihat pada lampiran 1.

### 3.2.2 Pembuatan Komposit

Dalam pembuatan komposit digunakan perbandingan sebagai berikut sebagai berikut :

#### 1. Pembuatan Komposit Uji Kuat Lentur

Untuk komposit *gypsum* serat serabut kelapa pada cetakan uji kuat lentur mempunyai ukuran cetakan 20 x 2 x 2 (cm), sehingga dapat dibuat komposisi campuran serat, *gypsum* dan *aquades* seperti terlihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Komposisi serat, gypsum, aquades untuk cetakan uji lentur

Panjang Serat (cm)	20% Serat (gram)	50%Gypsum (gram)	30%Air (ml)
2 cm	5,44 gr	30 gr	20 ml
3 cm	5,44 gr	30 gr	20 ml
4 cm	5,44 gr	30 gr	20 ml
5 cm	5,44 gr	30 gr	20 ml
6 cm	5,44 gr	30 gr	20 ml

## 2. Pembuatan Komposit Uji Kuat Tekan

Untuk komposit *gypsum* serat serabut kelapa pada cetakan uji kuat tekan mempunyai ukuran cetakan 8 x 5 x 3 (cm), sehingga dapat dibuat komposisi campuran serat, *gypsum* dan *aquades* seperti terlihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Komposisi serat, *gypsum*, *aquades* untuk cetakan uji tekan

Panjang Serat (cm)	20% Serat (gram)	50% Gypsum (gram)	30% Air (ml)
2 cm	8,16 gr	150 gr	80 ml
3 cm	8,16 gr	150 gr	80 ml
4 cm	8,16 gr	150 gr	80 ml
5 cm	8,16 gr	150 gr	80 ml
6 cm	8,16 gr	150 gr	80 ml

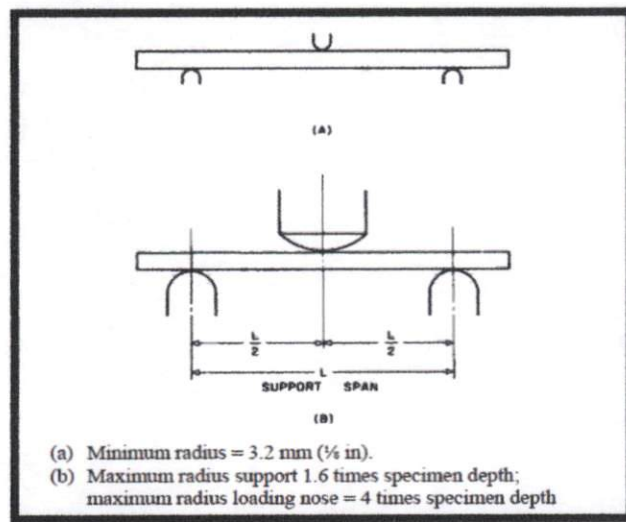
## 3.3 Pengujian Sifat Mekanik Gypsum

Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk material Gypsum yang sudah jadi adalah pengujian *flexure* (uji lentur) dan pengujian tarik. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing pengujian sifat mekanik tersebut.

### 1. Pengujian *Flexure*

Kekuatan lentur adalah kemampuan material untuk menahan gaya lentur yang diberikan dengan arah tegak lurus teradap penampang spesimen. Berdasarkan pada standar pengujian ASTM D790 pengujian ini dilakukan dengan memberikan gaya lentur pada spesimen yang berbentuk plat (*rectangular*).

Dalam pengujian ini yang akan ditentukan yaitu; Kekuatan Lentur (*Flexural Strength*) adalah kekuatan yang dapat ditahan spesimen sampai patah, Dengan menganggap material memiliki elastisitas homogen disetiap titik. Untuk spesimen uji *flexure* dibentuk sesuai standar ASTM D790 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.10. Ukuran spesimen tersebut adalah 20 cm x 2 cm x 2 cm.



**Gambar 3.10** Standar Uji *Flexure* ASTM D790

Sesuai Gambar 3.10 maka tegangan maksimum terjadi pada tengah spesimen, dan kurva defleksi dapat ditentukan dengan persamaan (3.2)

$$\text{---} \quad (3.2)$$

Dimana,

$\sigma_f$  = Kuat Lentur benda uji, MPa

$P$  = Beban patah maksimum, KN

$L$  = Jarak tumpuan, cm



$b = \text{Lebar rata-rata benda uji, cm}$

$d = \text{Kuat lentur benda uji, cm}$

## 2. Pengujian Tekan

Kuat tekan *gypsum* diuji dengan cara membuat cetakan *gypsum* berserat serabut kelapa dengan ukuran yang telah ditentukan kemudian di tekan sampai menimbulkan keretakan. Pengujian tekan *gypsum* dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari sampel uji. Cetakan kuat tekan *gypsum* mengaju pada standar pengujian di Balai Riset Standarisasi Industri dengan menggunakan cetakan berukuran 8x5x3 cm.

Pengujian kuat tekan *gypsum* dilakukan pada saat *gypsum* berumur 3 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin *compressor* hingga didapatkan beban maksimumnya. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap sampel agar diperoleh kuat tekan rata-rata.

Dalam pengujian kuat tekan didapatkan tegangan tekan sebesar :

$$\text{Tegangan Tekan ( } fc \text{ )} = \frac{P}{A} \quad (3.3)$$

Dengan :

A = Luas permukaan yang mendapat gaya ( $m^2$ )

P = Beban maksimum material (N)

Fc = Tegangan tekan ( $N/m^2$ ) atau (Mpa)

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian mekanik pada komposit *gypsum* berserat serabut kelapa dilakukan untuk mengetahui pengaruh panjang serat terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tekan dan *flexure* (lentur).

#### 4.1. Pengaruh Panjang Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan *Gypsum*

Dari pengujian laboratorium yang sudah dilakukan didapatkan data-data sebagai berikut, dengan dimensi cetakan 8 x 5 x 3 (cm) dan dilakukan pengujian 5 kali untuk setiap sampel didapatkan besar bebannya seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Pengujian Kuat tekan

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Kekuatan Beban Benda uji (KN)				
	1	2	3	4	5
2	7,9	7,3	6,8	7,7	7,1
3	8,0	8,7	8,4	7,9	9,3
4	9,2	10,0	9,7	10,4	9,9
5	11,7	12,0	12,0	11,8	9,7
6	8,9	9,6	7,9	8,3	7,7

Untuk 5 kali pengujian pada setiap sampel didapatkan beban maksimum rata-rata dan standar deviasi setiap sampel pada data tersebut, seperti yang terlihat

pada lampiran 2. Berikut ini merupakan kekuatan benda teruji pada alat dengan standar deviasinya, seperti pada Tabel 4.2

**Tabel 4.2** Beban maksimum benda uji kuat tekan ± standar deviasi benda uji

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Beban maksimum benda uji kuat tekan ± Standar deviasi (KN)
2	7,36 ± 0,4
3	8,46 ± 0,5
4	9,84 ± 0,4
5	11,44 ± 0,9
6	8,48 ± 0,7

#### 4.1.1 Hasil Perhitungan Kekuatan Tekan

Dari hasil pengujian spesimen uji tekan yang telah dilakukan, maka perhitungan kekuatan tekan dari setiap komposisi untuk spesimen benda uji berdasarkan data Tabel 4.1 adalah sebagai berikut :

- Spesimen 1

$$P = 7,9 \text{ KN} = 7900 \text{ N}$$

$$A = \text{Lebar} \times \text{tebal}$$

$$= w \times t$$

$$= 5 \times 3 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$= 15 \text{ cm}^2 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$f_c = \frac{P}{A} \tag{4.1}$$

$$f_c = 5,26 \text{ MPa}$$



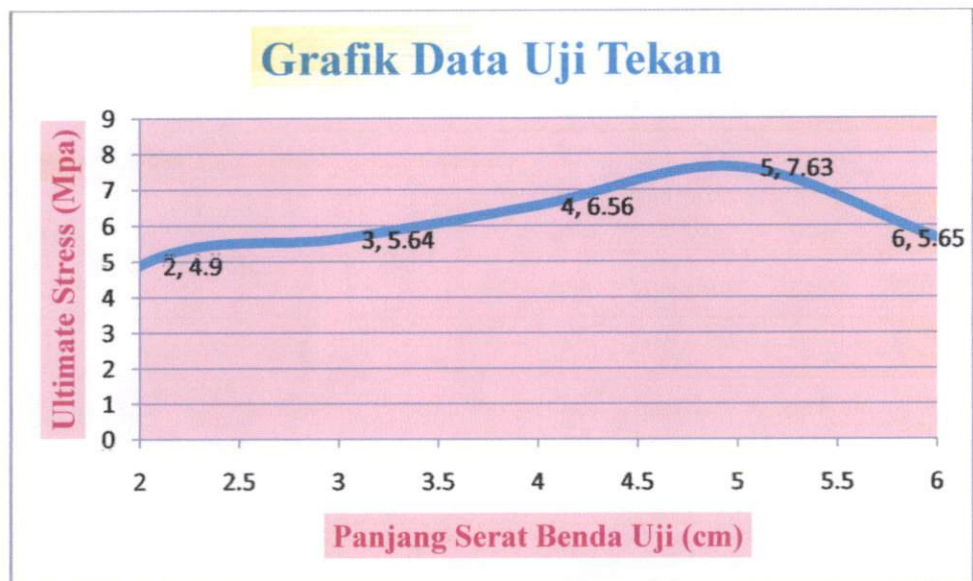
Dari perhitungan yang dilakukan terhadap hasil uji tekan seperti terlihat pada Lampiran 3, maka dapat dibuat suatu tabel perhitungan uji tekan rata-rata untuk setiap perlakuan variasi panjang serat, seperti yang terlihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3. Perhitungan uji tekan**

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Ultimate Stress $f_c$ (MPa)±standar deviasi
2	4,9±0,29
3	5,64±0,38
4	6,56±0,29
5	7,63±0,65
6	5,65±0,51

#### 4.1.2 Analisa Pengujian Kuat Tekan

Untuk mempermudah menganalisa hasil data pengujian, maka perlu dibuat grafik dari perhitungan data – data yang telah dilakukan. Berikut adalah grafik dari hasil perhitungan tabel 4.3, yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik data uji tekan

Gambar 4.1 didiskripsikan berdasarkan data perhitungan Tabel 4.3 untuk masing-masing kekuatan uji tekan. Dari gambar grafik 4.1 ini, dapat dilihat masing-masing kekuatan uji tekan dari benda uji. Untuk benda uji dengan panjang serat 2 cm sampai dengan panjang serat 6 cm berturut-turut adalah sebagai berikut: (4,90MPa); (5,64MPa); (6,56MPa); (7,63MPa); dan (5,65MPa).

Dari hasil kekuatan tersebut, yang paling tinggi kekuatannya terdapat pada benda uji dengan panjang serat 5 cm, sedangkan kekuatan yang paling rendah terdapat pada benda uji dengan panjang serat 2 cm.

Untuk variasi yang pertama dengan panjang serat 2 cm didapat kekuatan tekan sebesar 4,90 MPa. Benda uji ini, memiliki kekuatan yang paling rendah. Hal ini dikarenakan serat serabut kelapa memiliki ukuran panjang yang paling kecil, sehingga serat serabut kelapa tidak terikat kuat dengan *gypsum* sebagai pengikatnya seperti yang terdapat pada teori klasifikasi berdasarkan ukuran penyusun serat dalam matrik yang menyatakan serat pendek dan acak memiliki sifat mekanik yang masih rendah .

Untuk variasi yang kedua dengan panjang serat 3 cm didapat kekuatan tekan sebesar 5,64 MPa. Benda uji ini, memiliki kekuatan tekan lebih tinggi dari benda uji yang pertama. Pada benda uji ini, serat serabut kelapa memiliki ukuran panjang yang lebih besar dari benda uji pertama, sehingga serat serabut kelapa lebih terikat dengan *gypsum* sebagai pengikatnya dan menghasilkan kekuatan tekan yang lebih besar lagi dari benda uji yang pertama.

Untuk variasi yang ketiga dengan panjang serat serabut kelapa 4 cm didapatkan kekuatan tekan sebesar 6,56 MPa. Benda uji ini memiliki kekuatan

tekan yang lebih tinggi dari benda uji pertama dan kedua, ini dikarenakan serat serabut kelapa lebih terikat lagi dengan *gypsum* sebagai pengikatnya.

Untuk variasi yang keempat dengan panjang serat serabut kelapa 5 cm didapatkan kekuatan tekan sebesar 7,63 MPa. Benda uji ini memiliki kekuatan tekan yang paling tinggi dari kelima benda uji. Pada benda uji ini serat serabut kelapa terikat kuat dengan *gypsum* dan menghasilkan kekuatan tekan yang paling besar. Hal ini disebabkan pada panjang serat 5 cm, serat-serat dapat mengisi pori-pori cetakan komposit *gypsum* berserat serabut kelapa dengan baik dan antara serat saling memberikan kekuatan sehingga didapat kuat tekan maksimum.

Sedangkan untuk variasi yang kelima dengan panjang serat 6 cm didapatkan kekuatan tekan sebesar 5,65 MPa. Pengurangan kuat tekan komposit *gypsum* berserat serabut kelapa ini disebabkan karena pada kondisi ini serat-serat cenderung mengumpul sehingga campuran serat dengan *gypsum* kurang baik dan menghasilkan kekuatan tekan yang lebih rendah dari panjang serat 5 cm. Dan juga disebabkan posisi serat dalam cetakan sudah berbentuk *bidirectional*, dimana kondisi ini serat-serat yang hampir sama panjang dengan panjang cetakan, serat dan matrik tidak berikatan dengan kuat mengakibatkan kekuatannya menurun.

Dilihat dari standar deviasi yang didapatkan pada beban maksimum yang didapatkan dari alat, dapat kita lihat bahwa sampel dengan panjang serat 5 cm memiliki standar deviasi yang paling besar. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan data, sampel dengan panjang serat 5 cm memiliki ikatan yang kuat sehingga didapatkan beban maksimum yang tinggi dan antara satu sampel dengan yang lainnya mempunyai perbedaan beban maksimum. Perbedaan antara satu



sampel dengan sampel yang lain dengan perlakuan yang sama di karenakan oleh pada saat sampel rusak terlihat perbedaan kerusakan sampel. Untuk beban maksimum besar sampel rusak menjadi retakan besar ditengah-tengah sampel. Sedangkan untuk sampel yang beban maksimumnya kecil, tercatat pada saat sampel rusak menjadi retakan sedang dan kecil. Dengan begitu beban maksimum yang dicatat berdasarkan dari kerusakan sampel.

#### 4.2. Pengaruh Panjang Serat Serabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur Gypsum

Untuk pengujian kuat lentur didapatkan data nya seperti berikut ini. Untuk dimensi cetakan 20 x 2 x 2 (cm) dan dilakukan pengujian 5 kali untuk setiap sampel didapatkan besar beban seperti pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** Data Pengujian Kuat Lentur

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Kekuatan Beban Benda uji (KN)				
	1	2	3	4	5
2	1,5	1,4	2,1	1,9	1,7
3	1,8	2,4	2,3	2,0	1,7
4	2,5	2,9	3,0	3,5	2,8
5	3,9	3,8	4,0	4,3	4,9
6	2,8	2,7	3,0	2,0	2,1

Untuk 5 kali pengujian pada setiap sampel didapatkan beban maksimum rata-rata. Untuk melihat ukuran sebaran antara sampel satu dengan yang lainnya



dapat dilakukan pengujian standar deviasi terlihat pada Lampiran 4 pada satu perlakuan pengujian sampel, seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Beban maksimum benda uji kuat lentur ± standar deviasi masing-masing benda uji

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Beban maksimum benda uji kuat lentur ± Standar deviasi (KN)
2	1,72±0,28
3	2,06±0,30
4	2,94±0,36
5	4,18±0,47
6	2,52±0,44

#### 4.2.1. Hasil Perhitungan Kekuatan Lentur

Dari hasil pengujian spesimen yang telah dilakukan, maka perhitungan besar kuat lentur dari setiap benda uji adalah sebagai berikut :

- Specimen 1

$$P = 1,5 \text{ KN} = 1500 \text{ N}$$

$$L = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$$

$$w = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \tag{4.2}$$

$$\sigma_f = 56,25 \text{ MPa}$$

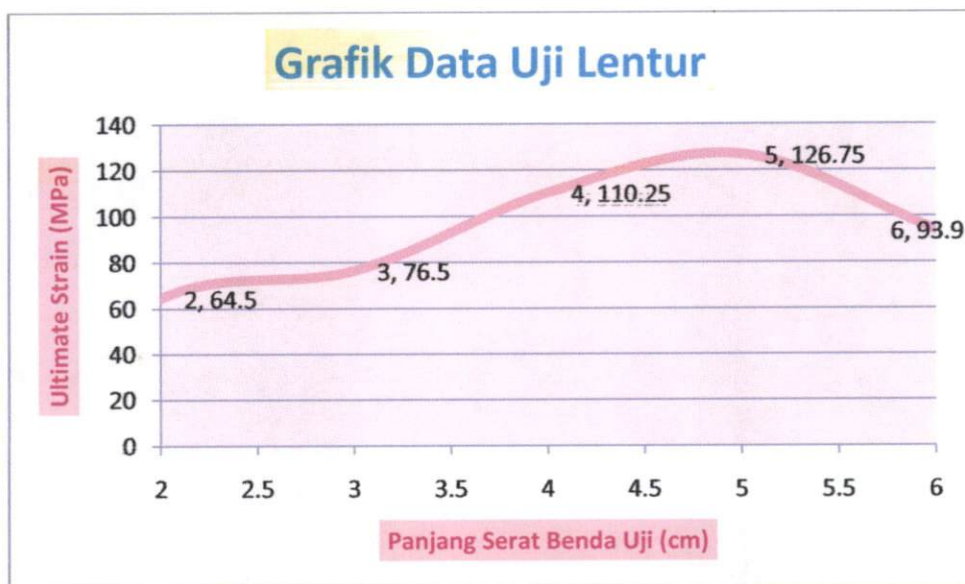
Dari perhitungan yang dilakukan terhadap hasil uji lentur seperti terlihat pada Lampiran 5, maka dapat dibuat suatu tabel perhitungan. Pada Tabel 4.6 menunjukkan perhitungan dari semua uji lentur yang dilakukan.

**Tabel 4.6 Perhitungan uji lentur**

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Ultimate Stress $f_c$ (MPa) $\pm$ standar deviasi
2	64,50 $\pm$ 0,28
3	76,50 $\pm$ 0,30
4	110,25 $\pm$ 0,36
5	126,75 $\pm$ 0,47
6	93,9 $\pm$ 0,44

#### 4.2.2 Analisa Pengujian Kuat Lentur

Pengujian *flexure* akan menghasilkan kekuatan lentur (*flexure*), dimana kekuatan *flexure* adalah kekuatan komposit menahan tegangan normal akibat momen lentur pada benda uji. Hasil uji lentur setiap variasi dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



**Gambar 4.2.** Grafik data uji lentur

Gambar 4.2 ini menggambarkan hasil pengujian kuat tekan pada perlakuan variasi panjang serat serabut kelapa terhadap sifat mekanik *gypsum*. Adapun hasil dari masing-masing uji lentur adalah sebagai berikut : (64,50 MPa) ; (76,50 MPa); (110,25 MPa); (126,75 MPa); dan (93,90 MPa).

Dari hasil kekuatan tersebut, yang paling tinggi kekuatan lenturnya terdapat pada benda uji dengan panjang serat 5 cm. Sedangkan untuk kekuatan lentur yang terendah terdapat pada benda uji dengan panjang serat 2 cm.

Dengan pemberlakuan yang sama pada uji lentur divariasikan lima variasi panjang serat dengan setiap pengujian dilakukan 5 kali percobaan benda uji. Dengan masing-masing benda uji terdapat pada tabel 4.3 untuk masing-masing benda uji. Panjang serat yang divariasikan untuk setiap benda uji memberikan pengaruh pada kuat lentur gypsum berserat serabut kelapa. Hal ini disebabkan dengan penambahan serat kedalam campuran gypsum maka serat akan menahan beban yang diberikan.

Nilai kuat lentur maksimum didapat pada panjang serat 5 cm yaitu sebesar 126,75 MPa. Kuat lentur meningkat dari panjang serat 2 cm, 3 cm, 4 cm sampai 5 cm. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya panjang serat maka serat-serat tersebut menambah keelastisan gypsum, sehingga gypsum mampu menahan beban yang diberikan pada gypsum sampai batas tertentu. Namun pada saat panjang serat 6 cm terjadi penurunan kuat lentur gypsum. Hal ini disebabkan karena pada panjang 6 cm serat cenderung mengumpul pada saat pengadukan. Hal ini mengakibatkan pengadukan campuran gypsum dengan serat menjadi kurang bagus sehingga hasilnya tidak maksimal. Selain itu posisi serat dalam

cetakan sudah berbentuk *bidirectional*, dimana kondisi ini serat-serat yang hampir sama panjang dengan panjang cetakan, sehingga serat dan matrik tidak berikatan dengan kuat mengakibatkan kekuatannya menurun.

Dilihat dari standar deviasi yang didapatkan pada beban maksimum yang didapatkan dari alat, dapat kita lihat bahwa sampel dengan panjang serat 5 cm memiliki standar deviasi yang paling besar. Hal ini dikarenakan pada saat pengambilan data, sampel dengan panjang serat 5 cm memiliki ikatan yang kuat sehingga didapatkan beban maksimum yang tinggi dan antara satu sampel dengan yang lainnya mempunyai perbedaan beban maksimum. Perbedaan antara satu sampel dengan sampel yang lain dengan perlakuan yang sama dikarenakan oleh pada saat sampel rusak terlihat perbedaan kerusakan sampel. Untuk beban maksimum besar sampel rusak menjadi patah menjadi dua bagian ditengah-tengah sampel. Sedangkan untuk sampel yang beban maksimumnya kecil, tercatat pada saat sampel rusak menjadi patahan tetapi tidak menjadi dua bagian. Dengan begitu beban maksimum yang dicatat berdasarkan dari kerusakan sampel.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Kekuatan tekan maksimum komposit serat serabut kelapa adalah pada komposit dengan variasi panjang serat 5 cm yaitu sebesar 7,63 MPa
2. Kekuatan tekan maksimum komposit serat serabut kelapa adalah pada komposit dengan variasi panjang serat 5 cm, yaitu sekitar 126,75 MPa
3. Serat serabut kelapa mampu untuk meningkatkan kekuatan dari komposit *gypsum*.

#### 5.2. Saran

Pada dasarnya penelitian ini berdasarkan uji coba atau penelitian laboratorium yang dilakukan oleh penulis. Oleh karena itu diperlukan penyempurnaan keberlanjutan penelitian tentang serat komposit. Pada penelitian yang dilakukan ini terdapat beberapa kekurangan antara lain adalah tidak adanya tinjauan teori mengenai ikatan serat serabut kelapa terhadap *gypsum*, tidak adanya bentuk gambar ikatan dari penelitian ini dan tidak cukupnya studi awal mengenai *gypsum* sebagai penguat dan serat sebagai pengikat. Sehingga pada analisa tidak dapat dilihat keterkaitan antara hasil dengan teori awal. Oleh karena itu disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk bisa melengkapi berbagai kekurangan dalam penelitian ini.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- American society for Testing and Material, Standard Test Method for Physical Testing of Gypsum Panel Products*, 2007. PA ASTM standar C473
- Ashby, M.F dan D.R.H. Jones. 1986. *Engineering Material 2 An Introduction to Mikrostruktues*
- Berthelot, Mathew. 1993. *Composite Materials Mechanical Behavior and Structural Analysis*
- Callister, W.D. 2006. *Materials Science and Engineering : An Introduction*. John Willey & Sons Inc : New York .
- Compression-Moldibg-Machines. 2010. [http:// sanmengrubber.en.made-in-china.com](http://sanmengrubber.en.made-in-china.com). 19 Maret 2011
- Gypsum Association. 2007. *Standard Test Method for Physical Testing of Gypsum Panel Products*
- 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.
- Imra, Iswandi. 2009. Pengaruh Proses Vakum Dan Variasi Tekanannya Terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Alam ( *Coir Fibre Reinforced Resin Composite* ). Jurusan Teknik-Mesin FT-UNAND : Padang
- Komposit ( Part 1 : Definisi, Klasifikasi, dan Aplikasi ). 2008. <http://ramatawa.wordpress.com>. 19 maret 2011
- Mallick, P.K., 1946 . *Fiber-reinforced composites : Materials, Manufacturing and Design, 3<sup>rd</sup> Edition*
- Misriadi. 2010. Pemanfaatan Serat Alami ( Serabut Kelapa ) Sebagai Alternatif Pengganti Serat Sintesis Pada Fiberglass Guna Mendapatkan Kekuatan Tarik Yang Optimal

- Monteiro, S.N; L.A.H. Terrones dan J.R.M. D'Almeida. 2008. *Mechanical Performance of Coir Fibre/Polyester Composites*. Elsevier : Brazil.
- Neagu. 2007. *Manufacturing and Design*. Michigan, USA
- Rizal, S. 2002. Evaluasi Industri Pengelolaan Limbah Kulit Kelapa Untuk Menghasilkan Serabut di Sumatra Barat, Tesis, Universitas Andalas
- Smith, W.F. 1996. *Principiles of Material Science and Engineering, 2nd Edition*. Mc Graw-Hill : Singapura
- Sabardi, W. 2005. Optimasi Panjang Serat Serabut Kelapa dengan Jumlah Pasir yang digunakan untuk pembuatan Beton, Skripsi. Universitas Andalas
- The Fibre Reinforced Plastic & Composite Technology Resource Centre*. 2010. <http://www.fibre-plastic.com>. 19 Maret 2011
- Tarik Komposit Serat Alam ( *Coir Fibre Reinforced Resin Composite* ). Jurusan Teknik Mesin FT-UNAND : Padang
- Ulfa, M. 2004 . Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan dan kuat lentur Beton, Skripsi. Universitas Andalas

# LAMPIRAN



## LAMPIRAN 1

Perhitungan massa serat serabut kelapa pada setiap cetakan.

### 1. Untuk Cetakan Uji Kuat Tekan

- a. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan massa jenis serat serabutkelapa dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{m}{\Delta v}$$

$$\rho = \frac{1.37 \text{ gr}}{4 \text{ ml3}}$$

$$\rho = 0,34 \text{ gr/cm3}$$

- b. Perhitungan massa serat serabut yang digunakan untuk cetakan uji kuat tekan

Diketahui :

$$p = 8 \text{ cm}$$

$$l = 5 \text{ cm}$$

$$t = 3 \text{ cm}$$

$$v = 120 \text{ cm3}$$

$$\text{massa} = \rho \times v$$

$$\text{massa} = 0,34 \frac{\text{gr}}{\text{cm3}} \times 120 \text{ cm3}$$

$$\text{massa} = 8,16 \text{ gram}$$

Jadi untuk cetakan uji kuat tekan dibutuhkan massa serat dengan besar 8.16 gram untuk semua benda uji pada setiap variasi panjang serat.

### 2. Untuk Cetakan Uji Kuat Lentur

- a. Terlebih dahulu dilakukan perhitungan massa jenis serat serabutkelapa dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{m}{\Delta v}$$

$$\rho = \frac{1.37 \text{ gr}}{4 \text{ ml}^3}$$

$$\rho = 0,34 \text{ gr/cm}^3$$

- b. Perhitungan massa serat serabut yang digunakan untuk cetakan uji kuat tekan

Diketahui :

$$p = 20 \text{ cm}$$

$$l = 2 \text{ cm}$$

$$t = 2 \text{ cm}$$

$$v = 80 \text{ cm}^3$$

$$\text{massa} = \rho \times v$$

$$\text{massa} = 0,34 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 80 \text{ cm}^3$$

$$\text{massa} = 5,44 \text{ gram}$$

Jadi untuk cetakan uji kuat lentur dibutuhkan massa serat dengan besar 5,44 gram untuk semua benda uji pada setiap variasi panjang serat.

**Lampiran 2**  
**Standar Deviasi Beban Maksimum uji Kuat Tekan**

Berdasarkan tabel dibawah ini dapat dihitung standar deviasi beban maksimum uji kuat tekan.

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm) / u	Kekuatan Beban Benda uji (KN)				
	1	2	3	4	5
2	7,9	7,3	6,8	7,7	7,1
3	8,0	8,7	8,4	7,9	9,3
4	9,2	10,0	9,7	10,4	9,9
5	11,7	12,0	12,0	11,8	9,7
6	8,9	9,6	7,9	8,3	7,7

dengan rumus :

$$s = \sqrt{\frac{(u - \bar{u})}{m-1}}$$

- Untuk panjang serat 2 cm

u	(u- $\bar{u}$ ) <sup>2</sup>
7,9	0,2916
7,3	0,036
6,8	0,3136
7,7	0,1156
7,1	0,676

s = 0,4 untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 7,36 KN

- Untuk panjang serat 3 cm

u	(u- $\bar{u}$ ) <sup>2</sup>
8	0,2116
8,7	0,0576
8,4	0,0036
7,9	0,3136
9,3	0,7056

$s = 0,5$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 8,46 KN

- Untuk panjang serat 4 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
9,2	0,4096
10,0	0,0256
9,7	0,0196
10,4	0,3136
9,9	0,0036

$s = 0,4$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 9,84 KN

- Untuk panjang serat 5 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
11,7	0,0676
12,0	0,3136
12,0	0,3136
11,8	0,1296
9,7	3,02

$s = 0,9$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 11,44 KN

- Untuk panjang serat 6 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
8,9	0,1764
9,6	1,2
7,9	0,3364
8,3	0,0324
7,7	0,6084

$s = 0,7$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 8,48 KN



### LAMPIRAN 3

#### Perhitungan Hasil Uji Kuat Tekan

##### a. Untuk Panjang Serat 2 cm

- Specimen 1

$$P = 7,9 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7900 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,26 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 7,3 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7300 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 4,87 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 6,8 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{6800 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 4,53 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 7,7 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7700 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,13 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 7,1 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7100 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 4,73 \text{ MPa}$$

$$\downarrow f_c \text{ rata-rata} = 4,90 \text{ MPa}$$

##### b. Untuk Panjang Serat 3 cm

- Specimen 1

$$P = 8,0 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{8000 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,33 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 8,7 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{8700 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,80 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 8,4 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{8400 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,60 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 7,9 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7900 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,26 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 9,3 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{9300 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 6,20 \text{ MPa}$$

$$\downarrow f_c \text{ rata-rata} = 5,64 \text{ MPa}$$

c. Untuk Panjang serat 4 cm

- Specimen 1

$$P = 9,2 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{9200 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 6,13 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 10,0 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{10000 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 6,67 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 9,7 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{9700 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 6,47 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 10,4 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{10400 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 6,93 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 9,9 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{9900 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 6,60 \text{ MPa}$$

✚ fc rata-rata = 6,56 MPa

d. Untuk Panjang Serat 5 cm

- Specimen 1

$$P = 11,7 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{11700 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 7,80 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 12,0 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{12000 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 8,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 12,0 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{12000 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 8,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 11,8 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{11800 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 7,87 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 9,7 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{9700 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 6,47 \text{ MPa}$$

✚ fc rata-rata = 7,63 MPa

e. Untuk Panjang Serat 6 cm

- Specimen 1

$$P = 8,9 \text{ KN}$$

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

$$fc = \frac{8900 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$fc = 5,93 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 9,6 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{9600 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 6,40 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 7,9 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7900 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,27 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 8,3 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{8300 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,53 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 7,7 \text{ KN}$$

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

$$f_c = \frac{7700 \text{ N}}{1,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2}$$

$$f_c = 5,13 \text{ MPa}$$

✚  $f_c$  rata-rata = 5,65 MPa



**Lampiran 4**  
**Standar Deviasi Beban Maksimum uji Kuat Lentur**

Berdasarkan tabel dibawah ini dapat dihitung standar deviasi beban maksimum uji kuat Lentur.

Benda Uji dengan Panjang Serat (cm)	Kekuatan Beban Benda uji (KN)				
	1	2	3	4	5
2	1,5	1,4	2,1	1,9	1,7
3	1,8	2,4	2,3	2,0	1,7
4	2,5	2,9	3,0	3,5	2,8
5	3,9	3,8	4,0	4,3	4,9
6	2,8	2,7	3,0	2,0	2,1

dengan rumus :

$$s = \sqrt{\frac{u - \bar{u}}{m-1}}$$

- Untuk panjang serat 2 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
1,5	0,0484
1,4	0,1024
2,1	0,1444
1,9	0,0324
1,7	0,0004

$s = 0,28$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 1,72 KN

- Untuk panjang serat 3 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
1,8	0,0676
2,4	0,1156
2,3	0,0576
2,0	0,0036
1,7	0,1296

$s = 0,30$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 2,06 KN

- Untuk panjang serat 4 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
2,5	0,1936
2,9	0,0016
3,0	0,0036
3,5	0,3136
2,8	0,0196

$s = 0,36$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 2,94 KN

- Untuk panjang serat 5 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
3,9	0,0784
3,8	0,144
4,0	0,0324
4,3	0,0144
4,9	0,5184

$s = 0,47$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 4,18 KN

- Untuk panjang serat 6 cm

u	$(u-\bar{u})^2$
2,8	0,0784
2,7	0,0324
3,0	0,2304
2,0	0,2704
2,1	0,1764

$s = 0,44$  untuk beban maksimum rata-rata ( $\bar{u}$ ) = 2,52 KN

## LAMPIRAN 5

### Perhitungan Hasil Uji Kuat Tekan

#### a. Untuk Panjang Serat 2 cm

- Specimen 1

$$P = 1,5 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 56,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 1,4 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 52,50 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 2,1 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 78,75 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 1,9 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 71,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 1,7 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 63,75 \text{ MPa}$$

$$\downarrow \sigma_f \text{ rata - rata} =$$

$$64,50 \text{ MPa}$$

#### b. Untuk Panjang Serat 3 cm

- Specimen 1

$$P = 1,8 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 67,50 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 2,4 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 90,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 2,3 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 86,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 2,0 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 75,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 1,7 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 63,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f \text{ rata - rata} =$$

$$76,50 \text{ MPa}$$

c. Untuk Panjang Serat 4 cm

- Specimen 1

$$P = 2,5 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$



$$\sigma_f = 93,75 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 2,9 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 108,75 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 3,0 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 112,50 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 3,5 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 131,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 2,8 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 105,00 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f \text{ rata - rata} =$$

$$110,25 \text{ MPa}$$

d. Untuk Panjang Serat 5 cm

- Specimen 1

$$P = 3,9 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 146,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 3,8 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 142,50 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 4,0 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 150,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 4,3 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 161,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 4,9 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 183,75 \text{ MPa}$$

$$\downarrow \sigma_f \text{ rata - rata} =$$

$$126,75 \text{ MPa}$$

- e. Untuk Panjang Serat 6 cm

- Specimen 1

$$P = 2,8 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 105,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 2

$$P = 2,7 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 101,25 \text{ MPa}$$

- Specimen 3

$$P = 3,0 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 112,50 \text{ MPa}$$

- Specimen 4

$$P = 2,0 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 75,00 \text{ MPa}$$

- Specimen 5

$$P = 2,1 \text{ KN}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$b = 0,02 \text{ m}$$

$$d = 0,02 \text{ m}$$

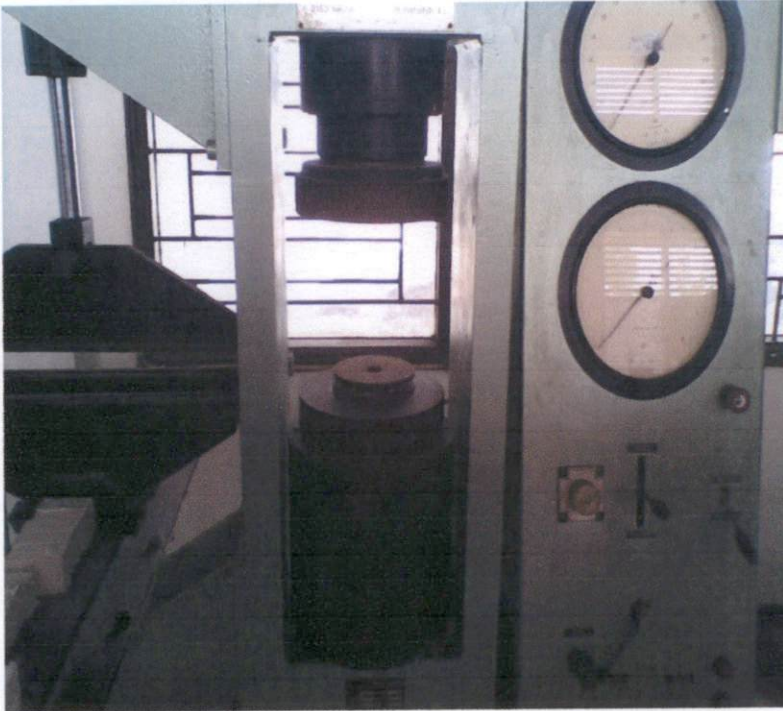
$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2}$$

$$\sigma_f = 78,75 \text{ MPa}$$

$$\updownarrow \sigma_f \text{ rata - rata} =$$

$$93,9 \text{ MPa}$$

**LAMPIRAN 6**  
**Gambar Mesin Uji tekan dan Lentur**





**LAMPIRAN 7**  
**Gambar Specimen dalam cetakan**



**LAMPIRAN 8**  
**Gambar specimen sebelum diuji**

