



**PENGARUH TERMAL SIKLIK KOMPOSIT Matrik  
POLYESTER DENGAN ADITIF PARTIKEL  
MONTMORILLONITE BERPENGUAT SERAT SABUT KELAPA**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**FERDIANSYA DAYU WINARNO  
NIM. 111910101037**

**PROGRAM STUDI STRATA 1  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**PENGARUH TERMAL SIKLIK KOMPOSIT Matrik  
POLYESTER DENGAN ADITIF PARTIKEL  
MONTMORILLONITE BERPENGUAT SERAT SABUT KELAPA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**Oleh:**

**FERDIANSYA DAYU WINARNO  
NIM. 111910101037**

**PROGRAM STUDI STRATA 1  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua yang telah menyayangi dan membesarkan hingga sampai saat ini.
2. Para guru yang membimbingku mulai kanak kanak hingga di bangku kuliah.
3. Almamater yang tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

## **MOTTO**

Jangan pernah berfikir untuk menjadi orang lain yang seakan-akan dia lebih baik dari kita. Karena mungkin saja dia lebih sulit dibandingkan kita namun dia selalu berusaha dan tak mengeluh (Mario Teguh)

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda dibawah ini:

Nama : Ferdiansya Dayu Winarno

NIM : 111910101037

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Termal Siklik Komposit Matrik Polyester dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Sabut Kelapa” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kebenaran sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 September 2015

Yang menyatakan:

Ferdiansya Dayu Winarno

NIM 111910101037

**PENGARUH TERMAL SIKLIK KOMPOSIT Matrik POLYESTER  
DENGAN ADITIF PARTIKEL MONTMORILLONITE BERPENGUAT  
SERAT SABUT KELAPA**

**SKRIPSI**

Oleh:

Ferdiansya Dayu Winarno

NIM 111910101037

Pembimbing:

Pembimbing I : Dedy Dwi Laksana, S.T., M.T.

Pembimbing II : Ir. FX. Kristianta, M.Eng

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Termal Siklik Komposit Matrik Polyester dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Sabut Kelapa” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 30 September 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dedy Dwilaksana S.T., M.T.  
NIP 19691201199602 1 001

Ir. FX. Kristianta, M.Eng  
NIP 19650120200112 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Santoso Mulyadi S.T., M.T.  
NIP 19700228199702 1 001

Imam Sholahuddin S.T., M.T.  
NIP 19811029200812 1 003

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. WidyonoHadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Pengaruh Termal Siklik Komposit Matrik Polyester dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Sabut Kelapa** ; Ferdiansya Dayu Winarno, 111910101037; 2015; 42 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Komposit adalah struktur material yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopis dan menyatu secara fisika.

Dalam penelitian ini, difokuskan tentang ketahanan material terhadap siklus termal dan diuji tarik agar diketahui penurunan terhadap gaya tariknya. Variasi yang digunakan adalah pertama jumlah siklus 0 kali, 20 kali, 35 kali, dan 50 kali. Kedua variasi kadar berat Montmorillonite 0%, 10%, 20%, dan 30%.

Pembuatan dan perlakuan termal komposit dilakukan di laboratorium Konversi Energi, sedangkan pengujian tarik dilakukan di laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Penambahan kadar berat *montmorillonite* mampu bertahan saat dilakukan siklus termal sebanyak 20x, 35x, dan 50x dengan sedikit penurunan kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite*. Dan sekaligus membuktikan bahwa komposit yang diberi *Montmorillonite* mengurangi sedikit kekuatan tariknya.



## **SUMMARY**

*Influence of Cycle Thermal Matrix Composite Polyester With Additive Particles Montmorillonite Strengthen by Coco Fiber ; Ferdiansya Dayu Winarno, 111910101037; 2015; 42 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.*

*Composite material is a structure consisting of two or more combinations of materials, which is formed on the macroscopic scale, and fused in physics.*

*In this study, focused on material resistance to thermal cycling and tensile tested in order to know its decline against the force. Variation used is the first number of cycles 0 times, 20 times, 35 times and 50 times. Both variations montmorillonite heavy concentration of 0%, 10%, 20% and 30%.*

*Manufacture of composites and thermal treatment performed in the laboratory of Energy Conversion, while the tensile test performed in the laboratory Test Material Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember*

*The addition of montmorillonite is able to withstand severe levels when performed thermal cycles as much as 20x, 35x, and 50x with a slight reduction in tensile strength polyester matrix composites strengthen by coco fiber using additives montmorillonite particles. And to prove that the composites are given little montmorillonite reduce its strength.*

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Termal Siklik Komposit Matrik Polyester dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Sabut Kelapa”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Dalam pelaksanaannya, penulis tidak lepas dari kesulitan dan permasalahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari proses pembuatan proposal sampai penyusunan selesai, baik mengenai ilmu yang bermanfaat, moral, dan sikap serta tanggung jawab. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ayahanda Winarno dan Ibunda Supini yang selalu memberikan doa, segala bentuk kasih sayang, semangat, serta materi untuk penulis;
2. Adek Shinta yang selalu memacu semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Dedy Dwilaksana S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. FX Kristianta M.Eng. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Santoso Mulyadi S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan Imam Sholahuddin S.T., M.T. sebagai dosen penguji II yang telah membantu memberikan ilmu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Guru-guruku sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi;
6. Dulu-dulur Bedeba TM11 “Dulur Sak Lawase”, yang selalu berjalan bersama beriringan dan mengajari penulis arti kebersamaan dan indahnya persaudaraan;
7. Teman-teman kosan totok B45 yang selalu memberikan suport dan bantuannya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, 30 September 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PEMBIMBING.....</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>viii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah . .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Batasan Masalah . .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Material Komposit .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Serat Alam .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Polyester .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Montmorillonite .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5 Siklus Termal .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Karakteristik Pengujian .....</b>	<b>15</b>
<b>2.7 Hipotesa .....</b>	<b>17</b>
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Variabel Penelitian .....	18
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	19
3.4 Prosedur Penelitian .....	20
3.5 Analisis Data .....	23
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	24
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Proses Pengujian Spesimen .....	26
4.2 Data Hasil Pengujian.....	32
4.3 Pembahasan .....	34
<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>42</b>
5.1 Kesimpulan .....	42
5.2 Saran.....	37

**DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

<b>No. Gambar</b>	<b>Nama Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Jenis Penyusunan Random Fiber	6
2.2	Jenis Penyusunan Continues Fiber	6
2.3	Jenis Penyusunan particulate Composite	7
2.4	Jenis Penyusunan Flake Composite	7
2.5	Jenis Penyusunan Filler Composite	8
2.6	Serat dan Buah Kelapa	9
2.7	Kekuatan Serat Sabut Kelapa	10
2.8	Struktur Serat Sabut Kelapa	11
2.9	Resyn Polyester Yucalac	11
2.10	Struktur MMT	13
2.11	Genteng Soka	14
2.12	Dimensi Spesimen Uji Tarik	15
2.13	Bentuk Patahan Komposite	17
3.1	Spesimen	21
3.2	Satu Siklus Termal	22
3.3	Diagram Alir Penelitian	24
4.1	Pemotongan Serat Sabut Kelapa	26
4.2	Pengayaan Genteng Soka yang Telah Dihaluskan	27
4.3	Metode Penyusunan Cetakan	28
4.4	Penampakan Penyusunan Cetakan	28
4.5	Penimbangan MMT	29
4.6	Penimbangan Resin dan Pengadukan Adonan	29
4.7	Metode Perlakuan Siklus Termal	30
4.8	Pengujian Tarik	32

4.9	Grafik Variasi Siklus Termal Terhadap Kekuatan	33
4.10	Grafik Variasi Berat Terhadap Kekuatan Tarik	34
4.11	Patahan Spesimen dan <i>fiber pull out</i>	35
4.12	Void didalam Spesimen	36
4.13	Posisi Serat Berlawanan dengan Arah Gaya Tarik	37
4.14	Retakan di Daerah Patahan 0% MMT	39
4.15	Retakan Pada Bagian Patahan 0% MMT	40
4.16	Endapan MMT 10%, 20% dan 30%	41

## DAFTAR TABEL

<b>No. Tabel</b>	<b>Nama Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Sifat Mekanis Serat Sabut Kelapa	9
2.2	Sifat Mekanik Polyester	12
3.1	Variabel Bebas	19
4.1	Variasi Siklus Thermal Terhadap Kekuatan Tarik	33
4.2	Variasi Fraksi Berat Terhadap Kekuatan Tarik	34



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>LAMPIRAN 1. TABEL DATA .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabel 1.1 Hasil Pengujian Tarik.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabel 1.2 Perhitungan 0% MMT .. ..</b>	<b>44</b>
<b>Tabel 1.3 Perhitungan 10% MMT .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabel 1.4 Perhitungan 20% MMT.. ..</b>	<b>46</b>
<b>Tabel 1.5 Perhitungan 30% MMT .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabel 1.6 Hasil Perhitungan Tarik .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN .....</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 2.1 Sample Kadar MMT 0% .. ..</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 2.2 Sample Kadar MMT 10% .....</b>	<b>50</b>
<b>Gambar 2.3 Sample Kadar MMT 20% .. ..</b>	<b>51</b>
<b>Gambar 2.4 Sample Kadar MMT 30% .....</b>	<b>52</b>
<b>Gambar 2.5 Bahan dan Alat Pembuatan Sample.. ..</b>	<b>53</b>

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dengan berjalannya waktu banyak sekali perkembangan dan rekayasa material yang menunjukkan perubahan dari segi kekuatan ataupun ekonomi. Perkembangan dan rekayasa material merupakan upaya menghemat sumber alam yang terbatas dan merupakan salah satu cara untuk menghemat biaya. Dengan semakin berkurangnya material logam menyebabkan harga material logam semakin mahal. Jika material logam yang digunakan dalam proses produksi memiliki harga yang mahal tidak menutup kemungkinan terjadi kesulitan dalam produksi. Material komposit merupakan material yang banyak dikembangkan dan penggunaannya telah meluas dalam berbagai sektor industri dan rumah tangga. Komposit merupakan material yang di buat dengan menggabungkan dua material atau lebih dengan skala makroskopis untuk menghasilkan suatu bahan baru yang lebih kuat.

Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen dan baut-baut penyambung. Kekuatan tarik dari komposit serat karbon lebih tinggi dari pada semua paduan logam. Semua itu menghasilkan berat pesawat yang lebih ringan, daya angkut yang lebih besar, hemat bahan bakar dan jarak tempuh yang lebih jauh. Untuk mendukung komposit yang memiliki kualitas yang lebih baik digunakanlah serat alam. Karena serat alam yang digunakan sebagai penguat komposit tersebut mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya sebagai pengganti serat buatan, harga murah, mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, dan kemampuan mekanik tinggi, yang dapat memenuhi kebutuhan industri (Wijoyo, dkk, 2013). Serbuk sabut kelapa (*cocodust*) merupakan limbah pertanian yang potensinya di Indonesia cukup besar. Menurut data Ditjen Perkebunan, 2009, luas areal kebun kelapa di Indonesia sekitar 3,789 juta ha yang tersebar di 33 daerah tanam di Sumatera, Jawa, Kalimantan, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku, Irian dan diperkirakan mampu menghasilkan serbuk sabut kelapa sekitar 3,3 juta ton/ th.

Dengan potensi yang sebesar itu maka dapat diperkirakan bahwa memanfaatkan serbuk sabut kelapa sebagai salah satu komoditi yang memiliki potensi bisnis yang cukup menjanjikan menurut Dwi Wahini Nurhajati, *dkk* (2011). Komposit merupakan material yang mempunyai dua atau lebih fasa. Fasa matriks dapat berupa logam ataupun polimer, sedangkan fasa penguat dapat berupa laminar, partikel atau serat. Matriks dalam komposit memiliki fungsi sebagai pengikat serat dan distributor tekanan serta melindungi serat dari cacat permukaan akibat reaksi kimia dengan lingkungan.

Perkembangan industri bahan bangunan membutuhkan penyediaan bahan bangunan alternatif yang lebih dari pada bangunan konvensional, antara lain genteng. Genteng atau lempung MMT (*Montmorillonite*) mempunyai fungsi sebagai pelindung bangunan, tahan terhadap cahaya, panas serta mampu menahan air hujan. Lempung MMT (*Montmorillonite*) adalah segumpal tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk. Unsur penyusun utama lempung MMT adalah *silika* ( $\text{SiO}_2$ ) dan *alumina* ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Kandungan *silika* dan *alumina* memberikan sifat tahan api yang baik pada lempung MMT menurut, Diharjo, *dkk.*, (2013)

J. Ranogajec (1999) melakukan penelitian tentang pengaruh ukuran partikel pada proses *sintering* serbuk untuk produksi keramik. Tingkat densifikasi semakin tinggi pada ukuran serbuk yang lebih kecil, tetapi pada ukuran serbuk keramik yang lebih besar dihasilkan densitas yang lebih tinggi sehingga kekuatan tekan yang diberikan juga meningkat.

Aplikasi komposit sebagai interior dan perlengkapan produksi mempunyai hambatan panas yang sangat penting untuk dikaji. Daya tahan terhadap termal serta kekuatan yang baik akan memberikan waktu yang lebih lama pada material untuk mempertahankan diri pembakaran api sebesar 60 – 80 %. Genteng merupakan produk keramik dari tanah liat/lempung yang memiliki kandungan 54,59%  $\text{SiO}_2$  dan 19,92%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Lempung ini dapat dikategorikan sebagai *Montmorillonite* karena mempunyai kemampuan mengadsorpsi tinggi, sifat liat yang tinggi, berkerut jika dikeringkan dan butirannya berkeping halus. Kedua senyawa tersebut merupakan bahan geomaterial

yang mampu meningkatkan ketahanan panas dan kekuatan komposit (Diharjo, dkk.,2013).

Pada penelitian ini akan dilakukan Analisa pengaruh partikel monmorillonite sebagai aditif komposit polyester serat sabut kelapa dengan pengujian sifat mekanis termalsiklik yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja komposit akibat paparan panas. Keterbatasan kekuatan komposit matrik polimer terhadap efek temperatur serta kemampuan partikel *montmorillonite* dalam mengurangi laju pemanasan akan menjadi topik penelitian yang menarik dengan menghubungkan sifat keduanya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1 Bagaimanakah pengaruh variasi berat partikel aditif *montmorillonite* pada komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa terhadap nilai kekuatan tariknya ?
- 2 Bagaimanakah pengaruh siklus termal terhadap kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite*?
- 3 Bagaimanakah kondisi morfologi komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite* setelah dilakukan pengujian tarik dengan perubahan siklus temperatur ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1 Polyester yang digunakan merupakan produk Yukalac 157 BQTN-EX.
- 2 Serat yang digunakan adalah serat sabut kelapa pada buah kelapa usia tua dengan panjang serat 5 mm sampai 30 mm dan diameter serat menggunakan batas min 0,1 mm sampai maks 0,4 mm dengan penyusunan serat secara acak.

- 3 Menggunakan ukuran partikel *montmorillonite* berasal dari limbah genteng dengan, ukuran mesh  $\geq 50$ . Dengan variasi aditif menggunakan fraksi berat 0 %, 10%, 20% dan 30%.
- 4 Variasi siklus suhu pengujian Termalsiklik ; Suhu 100 °C dan 0° C sebanyak 20x, 35x, 50x dengan waktu 10 menit . Luas permukaan konduksi pada sampel yaitu 25 mm x 150 mm x 4mm
- 5 Standar uji sifat mekanis komposit matrik polimer menggunakan ASTM D3039.
- 6 Proses pembuatan sampel menggunakan metode *hand-lay up*.

#### **1.4 Tujuan dan Manfaat**

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah :

- 1 Untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat aditif *montmorillonite* pada komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa terhadap nilai kekuatan tarik.
- 2 Untuk mengetahui pengaruh variasi siklus suhu terhadap nilai kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite*.

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penulisan karya ilmiah ini adalah:

- 1 Memberikan informasi mengenai karakteristik Termalsiklik komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa dengan penambahan Aditif Partikel *Montmorillonite*.
- 2 Memberikan tambahan materi pustaka kepada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Material Komposit

Di dalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau di campur menjadi satu. Komposit adalah struktur material yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopis dan menyatu secara fisika. Komposit partikel adalah material komposit yang memanfaatkan partikel sebagai pengisi komposit. Keunggulan komposit partikel adalah mempunyai ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik. Partikel abu terbang sebagai pengisi pada komposit. Matrik RPET dapat mempengaruhi kekuatan mekanik dan sifat kelistrikan (Siswanto, 2013).

Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat jelas, sedangkan pada paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya. Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya. Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa, material komposit mempunyai dua bahan pembentuk, yaitu:

1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah.

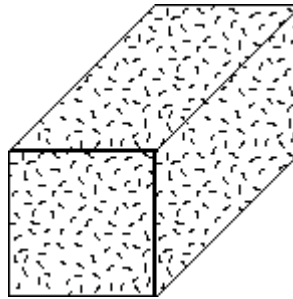
Komposit polimer mulai fenomenal sejak tahun 1960-an dan sekarang telah berkembang pada aplikasi pesawat terbang, pesawat antariksa, perahu, kapal, mobil otomotif, infrastruktur sipil, peralatan olahraga dan produk konsumen. Penggunaan komposit diberbagai bidang tergantung pada karakteristik fisik, termal, kimia dan mekanisnya.

Dengan dipadukannya dua partikel penyusun komposit dapat merubah sifat mekanisnya, antara lain; kekuatan (*strenght*), kekakuan (*stiffness*), ketahanan korosi (*corrosion resistance*), ketahanan gesek/aus (*wear resistance*), berat (*weight*), meningkatkan konduktivitas panas dan tahan lama.

Komposit merupakan gabungan dari dua partikel yang berupa matrik dan penguat yang dapat disusun dengan berbagai cara, diantaranya;

1. *Fibrous Composite*

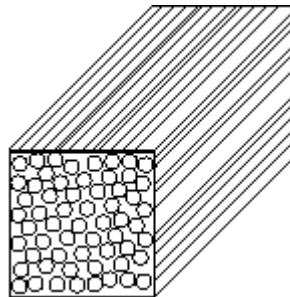
a. *Random fiber (short fiber)*



Gambar 2.1 Jenis Penyusunan *Random Fiber*

Sumber: <https://danidwikw.wordpress.com>

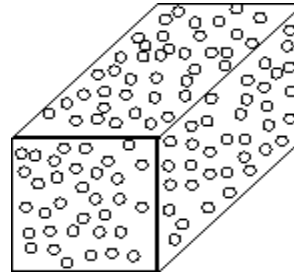
b. *Continuous fiber (long fiber)*



Gambar 2.2 Jenis Penyusunan *Continuous Fiber*

Sumber: <https://danidwikw.wordpress.com>

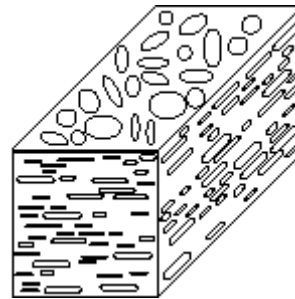
## 2. *Particulate composites*



Gambar 2.3 Jenis Penyusunan *Particulate Composite*

Sumber: <https://danidwikw.wordpress.com>

## 3. *Flake composites*

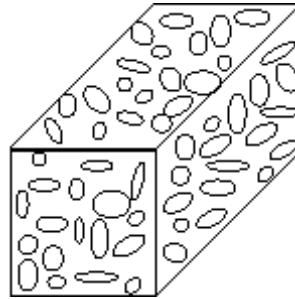


Gambar 2.4 Jenis Penyusunan *Flake Composite*

Sumber: <https://danidwikw.wordpress.com>



#### 4. *Filler composites*



Gambar 2.5 Jenis Penyusunan *Filler Composites*

Sumber: <https://danidwikw.wordpress.com>

### 2.2 Serat Alam

Serat adalah suatu benda yang berbanding panjang diameternya sangat besar sekali. Teknologi hijau atau teknologi ramah lingkungan semakin serius dikembangkan oleh negara-negara di dunia saat ini, menjadikan suatu tantangan yang terus diteliti oleh para pakar untuk dapat mendukung kemajuan teknologi ini. Salah satunya adalah teknologi komposit dengan material serat alam (*Natural Fiber*). Tuntutan teknologi ini disesuaikan juga dengan keadaan alam yang mendukung untuk pemanfaatannya secara langsung.

Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alam adalah jumlahnya berlimpah, memiliki *specific cost* yang rendah, dapat diperbarui, serta tidak mencemari lingkungan (Nurudin, 2011). Berdasarkan tinjauan penelitian sebelumnya diatas maka penelitian ini menggunakan serat alam yaitu serat sabut kelapa. Serat alam yang memiliki karakteristik istimewa adalah serat sabut kelapa yang dapat menjadi bahan penguat dengan berbagai keunggulan yang dapat dimanfaatkan. Kelapa merupakan tanaman perkebunan/ industri berupa pohon batang lurus dari family *Palmae*. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi.



Gambar 2.6 Serat dan Buah Kelapa ([www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))

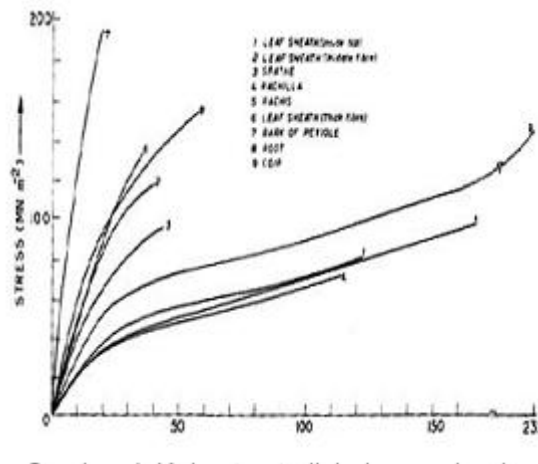
Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*). karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan kehidupan manusia sehari-hari. unsur pada buah kelapa yaitu sabut kelapa diambil setelah pengangkatan daging kelapa dan digunakan dalam industri sabut untuk pembuatan benang dan produk-produk berbasis coir seperti karpet, tikar dari kulit dan sabut sekitar 20-30%. Serat putih (yang lebih lentur) yang diperoleh dari kelapa hijau. Serat coklat yang diperoleh dengan pemanenan kelapa matang dipanen setelah 6-10 bulan pada tanaman (Romels. 2011). Sifat mekanis seperti modulus young, tegangan dan regangan serat dipengaruhi oleh struktur, komposisi dan jumlah cacat pada serat, pada tabel 2 ditunjukkan sifat mekanis dari beberapa serat alam termasuk serat sabut kelapa antara lain:

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Serat Sabut Kelapa

Mechanical Properties	Coconut Coir Fibre
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.2
Elongation at break (%)	30
Tensile strength (MPa)	175
Young modulus (GPa)	4 - 6
Water absorption (%)	130-180

Sumber: Romels (2011)

Kekuatan tarik dari beberapa bagian tanaman kelapa termasuk serat sabut kelapa dapat di lihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.7 Kekuatan Tarik Serat Sabut Kelapa (Romels. 2011)

Struktur serat ditentukan oleh dimensi dan pengaturan sel-sel berbagai unit, dan yang juga mempengaruhi sifat serat. Serat adalah sel memanjang dengan ujung runcing dan sangat tebal dinding sel berlignin. Bagian penampang dari sel unit dalam serat memiliki pusat berongga yang dikenal sebagai lumen dan bahwa bentuk dan ukuran tergantung pada dua faktor seperti ketebalan dari dinding sel dan sumber serat. Rongga berfungsi sebagai isolator akustik dan thermal sehingga menurunkan *bulk density* serat. Ukuran diameter serat yang digunakan dalam penelitian, menggunakan diameter serat ukuran 0,1 mm sampai 0.4 mm. Dengan panjang serat yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan panjang minimal 5mm sampai panjang maksimal 30 mm.



Gambar 2.8 Struktur Serat Sabut Kelapa (Romels. 2011)

### 2.3 Polyester

Resin *polyester* merupakan resin yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang menggunakan resin termoset, baik itu secara terpisah maupun dalam bentuk material komposit. Walaupun secara mekanik, sifat mekanik yang dimiliki oleh *polyester* tidaklah terlalu baik atau hanya sedang-sedang saja. Hal ini karena resin ini mudah didapat, harga relatif terjangkau serta yang terpenting adalah mudah dalam proses fabrikasinya. Jenis dari resin *polyester* yang digunakan sebagai matriks komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe *polyester* jenuh (*saturated polyester*) seperti *Terylene*, yang tidak bisa mengalami curing (Pradana, 2014).



Gambar 2.9 Resin polyester (Yukalac 157 BQTN-EX).

Tabel 2.2 Sifat mekanik polyester

Sifat mekanik	ASTM	Unit	Nilai
<i>Spesific gravity</i>	D 792	-	1,10-1,20
<i>Elongation</i>	D 638	%	1,5
<i>Tensile strenght</i>	D 638	N/m <sup>2</sup>	55.152
<i>Flexural strenght</i>	D 790	N/m <sup>2</sup>	93.069
<i>Compressive strenght</i>	D 695	N/m <sup>2</sup>	151.668
<i>Tensile elastic modulus (Young's modulus)</i>	D 638	10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>	35,30
<i>Flexural modulus</i>	D 790	N/m <sup>2</sup>	41,364
<i>Heat-deflection temperature</i>	D 648	0°C (0°F)	87 (189)

Sumber : Bramantyo (2008)

Resin *unsaturated polyester* merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang akan digunakan adalah resin dengan nomer seri produksi 157 BQTN-EX. Resin polyester (Yukalac 157 BQTN-EX) digunakan sebagai bahan matriks dengan sifat densitas 1,215 g/cm<sup>3</sup>, titik leleh 170°C dengan serapan air 0,118% (24 jam), *tensile strenght* 5,5 kg/mm<sup>2</sup> dan perpanjangan putus 1,6% (Mashuri, 2007). Dengan menggunakan hardener MEKP (Methyl Ethyl Ketone Peroxide) sebagai campuran resin sebanyak 1%.

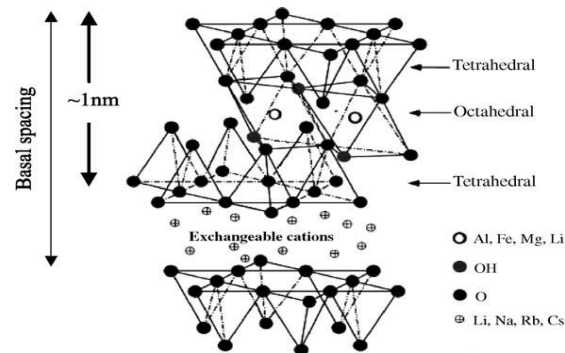
#### 2.4 Montmorillonite (MMT)

Komposit merupakan suatu bahan yang dibuat dengan tujuan untuk menggantikan suatu bahan tunggal (logam, keramik, dan polimer) dimana sifat-sifat khusus tidak dimiliki oleh bahan tunggal tersebut sehingga diperbaiki dengan rekayasa bahan komposit itu sendiri. Sebagai contoh adalah kebutuhan material pesawat terbang yang selain ringan, juga harus memiliki kekuatan yang tinggi.

Contoh lain adalah sebagai panel interior kendaraan dimana diperlukan suatu bahan yang selain tahan panas juga membutuhkan kekuatan yang baik sebagai peredam tekanan jika terjadi tumbukan. Rekayasa komposit ini menggunakan zat aditif *montmorillonite* sebagai zat yang dapat menahan panas yang diterima oleh material komposit.

Geomaterial lempung MMT (*Montmorillonite*) adalah segumpal tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk. Unsur penyusun utama lempung MMT adalah silica ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Kandungan silica dan alumina memberikan sifat tahan api yang baik pada lempung MMT. Lempung MMT mempunyai kemampuan mengabsorpsi tinggi, memiliki sifat liat yang tinggi, berkerut jika dikeringkan dan butir-butirnya berkeping halus (Diharjo, 2013).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Cornell University/ *National Institute of Standards and Technology* (NIST) menunjukkan bahwa komposit plastik-lempung dengan komposisi 90% : 10% (w/w), dapat mempertahankan diri dari kerusakan akibat pembakaran api sebesar 60 – 80 %. Di samping itu, karakteristik mekanik-dinamikanya juga meningkat pesat dibandingkan sebelumnya tanpa penambahan lempung (dalam Diharjo *et al*, 2012).



Gambar 2.10 Struktur MMT

Dalam penelitian ini MMT dihasilkan dari meterial yang berasal dari genteng yang dihaluskan dengan ditumbuk menggunakan alu. Genteng yang digunakan adalah genteng Gunung Soka yang dibuat di Kabupaten Kebumen. Penelitian ini

menggunakan zat aditif *Montmorillonite* dengan cara menghaluskan genteng dan kemudian di dapat hingga ukuran  $\leq 297 \mu\text{m}$  atau mesh  $\leq 50$  (Nasirudin, 2014).



Gambar 2.11 Genteng Soka

## 2.5 Siklus Termal

Siklus termal merupakan perlakuan suhu yang dilakukan pada suatu material dimana material tersebut diberi temperatur tinggi yang kemudian diturunkan secara ekstrim dengan pemberian temperatur rendah. Setelah itu dilakukan kembali perlakuan awal lagi dengan pemberian temperatur tinggi dan begitu seterusnya sampai beberapa kali perlakuan dan membentuk sebuah siklus. Hal ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan material terhadap perlakuan temperatur yang berubah dengan ekstrim dari suhu panas ke suhu rendah dan dari suhu rendah ke suhu tinggi.

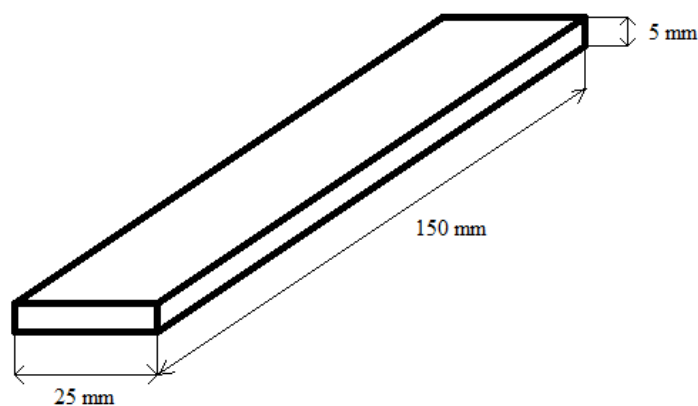
Pada kadar partikel 10% dan 50% (v/v), komposit secara berurutan memiliki hambatan panas  $0,807 \times 10^{-2} \text{ K/W}$  dan  $0,939 \times 10^{-2} \text{ K/W}$ . Hambatan panas untuk komposit dengan ukuran partikel  $125-177 \mu\text{m}$  dan  $< 74 \mu\text{m}$  masing-masing adalah  $0,725 \times 10^{-2} \text{ K/W}$  dan  $0,888 \times 10^{-2} \text{ K/W}$ . Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan partikel dan pengecilan ukuran partikel mampu meningkatkan hambatan panas komposit. Komposit ini sangat berpotensi digunakan sebagai isolator panas untuk berbagai aplikasi (Diharjo *et al* dalam Nasiruddin 2014).

Masalah besar dari penggunaan Polimer berpenguat serat (*Fiber Reinforced Polymer/ FRP*) pada aplikasi struktur teknik adalah derajat dari ketahanan panas dan keterbatasan informasi sifat material tersebut ketika mengalami pemanasan. Pada suhu yang lebih rendah diantara 100°C-200°C, FRP akan mengalami pelunakan, creep dan terdistorsi yang menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur. Ketika diberi suhu 300°C-500°C, matriks polimer terdekomposisi, melepaskan panas dan gas beracun (Yousif dalam Nasiruddin 2014).

## 2.6 Karakteristik Pengujian

### 2.6.1 Pengujian Tarik Material Komposit

Standard pengujian sifat tarik pada Komposit bermatrik polimer menggunakan ASTM D 3039. Material komposit terbatas pada serat kontinyu maupun serat diskontinyu dengan laminate yang seimbang dan simetris. Metode pengujiannya dengan menggunakan sebuah flat strip tipis yang berbentuk persegi panjang dengan penampang dipasang pegangan dan beban yang tetap. Kekuatan ultimate material dapat ditentukan dari beban maksimum dilakukan sebelum kegagalan. Metode pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik ultimate.



Gambar 2.12 Dimensi Spesimen Uji Tarik

Perhitungan *ultimate tensile strength* menggunakan persamaan



dibawah ini:

$$\sigma_{tu} = F_{max} / A_0$$

$$\sigma_i = P_i / A$$

Dimana:

$\sigma_{tu}$  = kekuatan tarik ultimate MPa [psi];

$F_{max}$  = beban maksimum sebelum kegagalan, N [lbf];

$\sigma_i$  = tegangan tarik pada data yang ke-, MPa [psi];

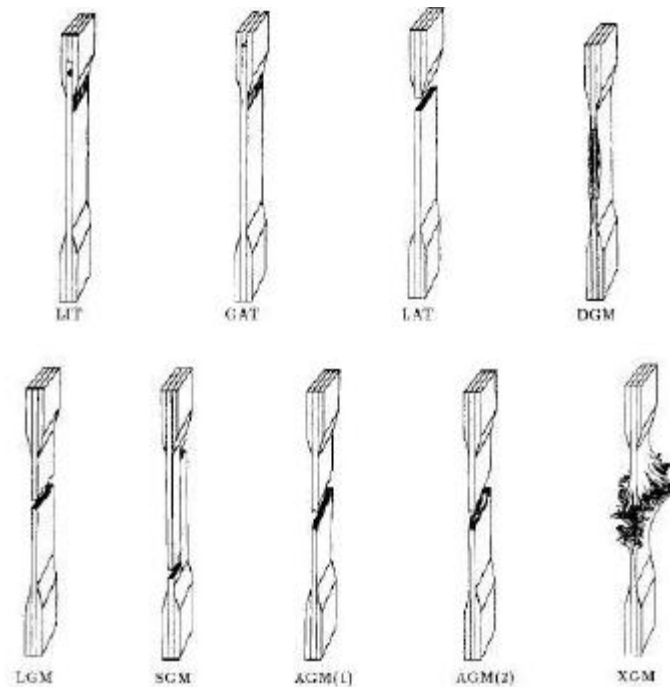
$P_i$  = beban pada data yang ke-, N [lbf];

$A_0$  = luasan seksi silang rata-rata dari lebar x tebal, mm<sup>2</sup> [in<sup>2</sup>],

Terdapat suatu kaidah pencampuran komposit yang memprediksi bahwa sifat komposit dapat dihitung berdasarkan sifat komponennya. *Rule of Mixture* (ROM) merupakan teori yang dapat meramalkan sifat bahan yang dikehendaki setelah menjadi bahan komposit. Perumusannya dapat dimodelkan dalam persamaan  $\sigma_c = \sigma_r + \sigma_m$ . Dengan subskrip c, m dan r mengindikasikan komposit, matriks dan penguat (*reinforcement*). Dimana kekuatan komposit ( $\sigma_c$ ) adalah penjumlahan dari kekuatan penguat ( $\sigma_r$ ) dengan kekuatan matriks ( $\sigma_m$ ).

### 2.6.2 Pengujian Morfologi

Pengujian morfologi menggunakan foto makro dengan kamera biasa 13 MP. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tampilan tentang cacat yang terjadi akibat perlakuan-perlakuan termal serta kerusakan yang diakibatkan dari pengujian tarik. Selain itu juga dapat digunakan untuk melihat struktur makro yang terjadi pada spesimen komposit dengan masing-masing variasi kadar berat *montmorillonite*.



Gambar 2.13 Bentuk Patahan Komposit (Sumber: ASTM D 3039)

## 2.7 Hipotesa

Hipotesis pada penelitian ini ialah kekuatan tarik komposit akan menurun karena penambahan persentase fraksi berat *montmorillonite* tersebut menyebabkan material menjadi getas. Disisi lain penambahan persentase *montmorillonite* membuat ikatan matrik dengan serat akan semakin baik.

### **BAB 3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dan deskriptif. Penelitian kuantitatif menekankan analisisnya pada data-data numerik. Dengan metode kuantitatif akan diperoleh signifikansi perbedaan kelompok atau signifikansi hubungan antar variabel yang diteliti. Sedangkan penelitian deskriptif melakukan analisis hanya sampai pada taraf deskripsi yaitu menganalisis dan menyajikan fakta secara sistematis sehingga dapat lebih mudah untuk dipahami dan disimpulkan. Untuk memudahkan penjelasan, acuan yang dijadikan rujukan di dalam penelitian ini ialah sampel kontrol yaitu sampel komposit menggunakan partikel MMT.

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Peneliti menggunakan tempat penelitian di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan pada bulan Mei s/d Juni 2015.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Perhatian penelitian terletak pada pembahasan dan analisa terhadap hasil-hasil pengukuran. Variabel bebas digunakan untuk variabel yang menyebabkan atau mempengaruhi, yaitu faktor yang diukur atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan hubungan antara fenomena yang diamati. Sedangkan variabel terikat digunakan untuk menentukan adanya pengaruh muncul atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan hasil penelitian.

Tabel 3.1 Variabel Bebas

Kadar <i>Montmorillonite</i> dan Jumlah Siklus Thermal			
Jumlah/x (kali)	20 ( $x_1$ )	35 ( $x_2$ )	50 ( $x_3$ )
Kadar/w (%)			
0% ( $w_0$ )	$W_0x_1$	$W_0x_2$	$w_0x_3$
10% ( $w_1$ )	$w_1 x_1$	$w_1 x_2$	$w_1 x_3$
20% ( $w_2$ )	$w_2 x_1$	$w_2 x_2$	$w_2 x_3$
30% ( $w_3$ )	$w_3 x_1$	$w_3 x_2$	$w_3 x_3$

Keterangan : Setiap variabel dilakukan 4 kali pengulangan spesimen

Peneliti menggunakan variabel bebas dalam melakukan penelitian kondisi benda kerja jika dilakukan uji siklus termal berulang kali. Sedangkan untuk Pengujian sifat mekanis benda kerja peneliti menggunakan variabel terikat untuk menentukan kekuatan benda terhadap pengujian tarik.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitia

Alat dan bahan yang digunakan penelitian ini berlangsung antara lain:

Alat :

1. Universal Machine Testing Merk ESSOM TM 113 30 kN.
2. Oven
3. Ayakan mesh 50 (Ayakan tepung).
4. Cetakan Komposit dari Kaca, Plastik Astralon, Plastisin dan Margarin.
5. Penggaris
6. Palu dan *lumpang besi*,
7. Timbangan digital
8. Kamera 13 MP
9. Almari Pendingin (*Referigerator*)
10. Pisau atau cutter

11. Gunting
12. Gerinda Tangan

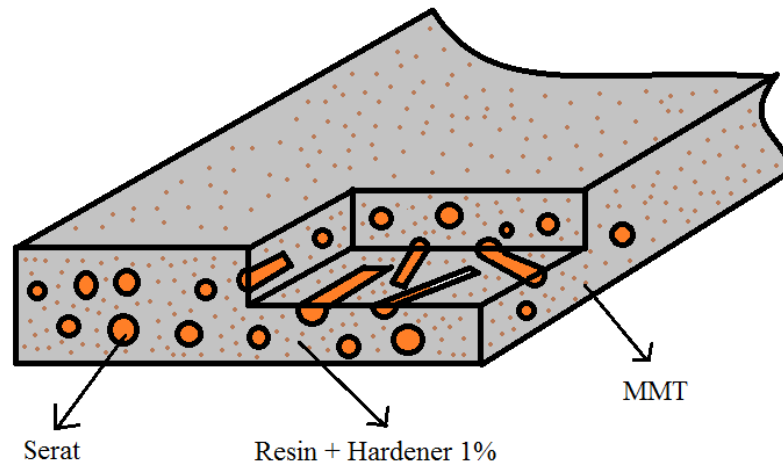
Bahan:

1. Serat Sabut Kelapa
2. Partikel *Montmorillonite*.
3. Resin polyester Yukalac BQTN –EX 157
4. Hardener MEKP

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Langkah-langkah Pembuatan Sampel**

1. Membuat sampel untuk melakukan pengujian tarik. Sampel dibuat dengan menggunakan cetakan yang terbuat kaca dengan ukuran yang sesuai dengan standart ASTM.
2. Potong serat sabut kelapa dengan panjang 10 mm sampai 30 mm. Membuat partikel *montmorillonite* dengan menumbuk genteng dengan lumpang besi lalu ayak dengan ayakan tepung untuk mendapatkan mesh berukuran  $\leq 50$ .
3. Ukur dan timbang resin sesuai kebutuhan, tambahkan katalis (hardener) 1%, dan timbang *montmorillonite*. Kemudian campur resin, katalis dan *montmorillonite* dengan persentase sesuai dengan rencana penelitian (lihat lampiran). Aduk secara perlahan dengan hitungan pengadukan 100 kali saat pencampuran resin dan katalis, lalu aduk 60 kali saat pencampuran resin-katalis dengan *montmorillonite*. Kemudian tambahkan serat sabut kelapa ditauh kecetakan sesuai persentase berat dan diratakan di permukaan cetakan. Setelah itu tuang adonan *montmorillonite* dad resin kedalam cetakan yang sudah diberi serat sabut kelapa sesuai persentase berat yang sudah ditentukan. Proses selanjutnya menutup cetakan dengan plastik astralon dan diberi kaca.



Gambar 3.1 Spesimen

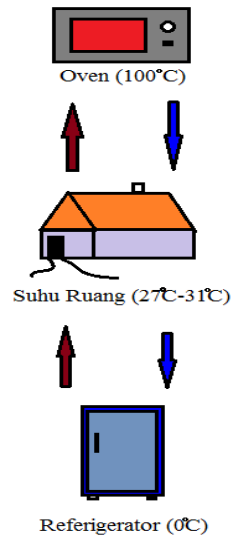
4. Untuk memudahkan melepaskan material komposit dengan cetakan, lapiasi cetakan dengan margarin secukupnya. Tuang campuran matriks ke dalam cetakan sampai ketebalan 5 mm. Tutup cetakan dengan plastik astralon. Pastikan tidak terjadi rongga udara (*void*) saat menutup cetakan.
5. Tunggu hingga setengah hari, kemudian lepaskan hasil cetakan dari cetakan. Potong pada sisi kiri dan kanan yang berlebih pada komposit dengan menggunakan gerinda tangan.
6. Berikan pemberat kepada sampel uji selama 3 hari untuk menghindari komposit mengalami lengkungan.

### 3.4.2 Langkah-langkah Pengujian Sampel

#### 3.4.2.1 Siklus Termal

Sebuah sampel komposit dilakukan perlakuan siklus thermal dengan meletakkan sampel kedalam oven dengan temperatur 100° C selama 10 menit. Setelah itu sampel dimasukkan kedalam *refrigerator* (pendingin) dengan suhu 0° C selama 10 menit. Hal ini dilakukan terus menerus secara berulang-

ulang dan membentuk suatu siklus. Yang disebut satu siklus thermal adalah ketika sampel masuk kedalam oven dan masuk lagi kedalam *referigerator*. lakukan siklus tersebut sebanyak 20x, 35x, dan 50x (sesuai dengan variabel yang ditentukan).



Gambar 3.2 Satu Kali Siklus Termal

#### 3.4.2.2 Uji Tarik

Spesimen langsung dilakukan uji tarik dengan menggunakan mesin uji tarik sesuai standar ASTM D3039. Ketika pengujian tarik siap dilakukan, setel penanda *displacement* dengan meletakkan ujung dasarnya ke dasar mesin uji tarik. Saat penanda *displacement* tidak lagi menyentuh dasar mesin uji tarik, lakukan penyetelan ulang dengan mengendorkan pengikatnya dan meletakkan ke dasar mesin uji tarik. Hal ini dimaksudkan supaya penanda *displacement* dapat bekerja dengan baik. Reset display saat akan melakukan pengujian tarik. Proses pengujian minimal dilakukan oleh dua orang, orang pertama memegang pencekam sedangkan yang lainnya mengungkit dengan tuas yang disediakan. Selama proses, jangan lupa untuk melakukan perekaman. Simpan rekaman video tersebut untuk selanjutnya diolah datanya dengan bantuan media player classic (untuk melihat data dengan

menggunakan arah pada keyboard) dan Microsoft excel (untuk membuat grafik) (Nasiruddin, 2014).

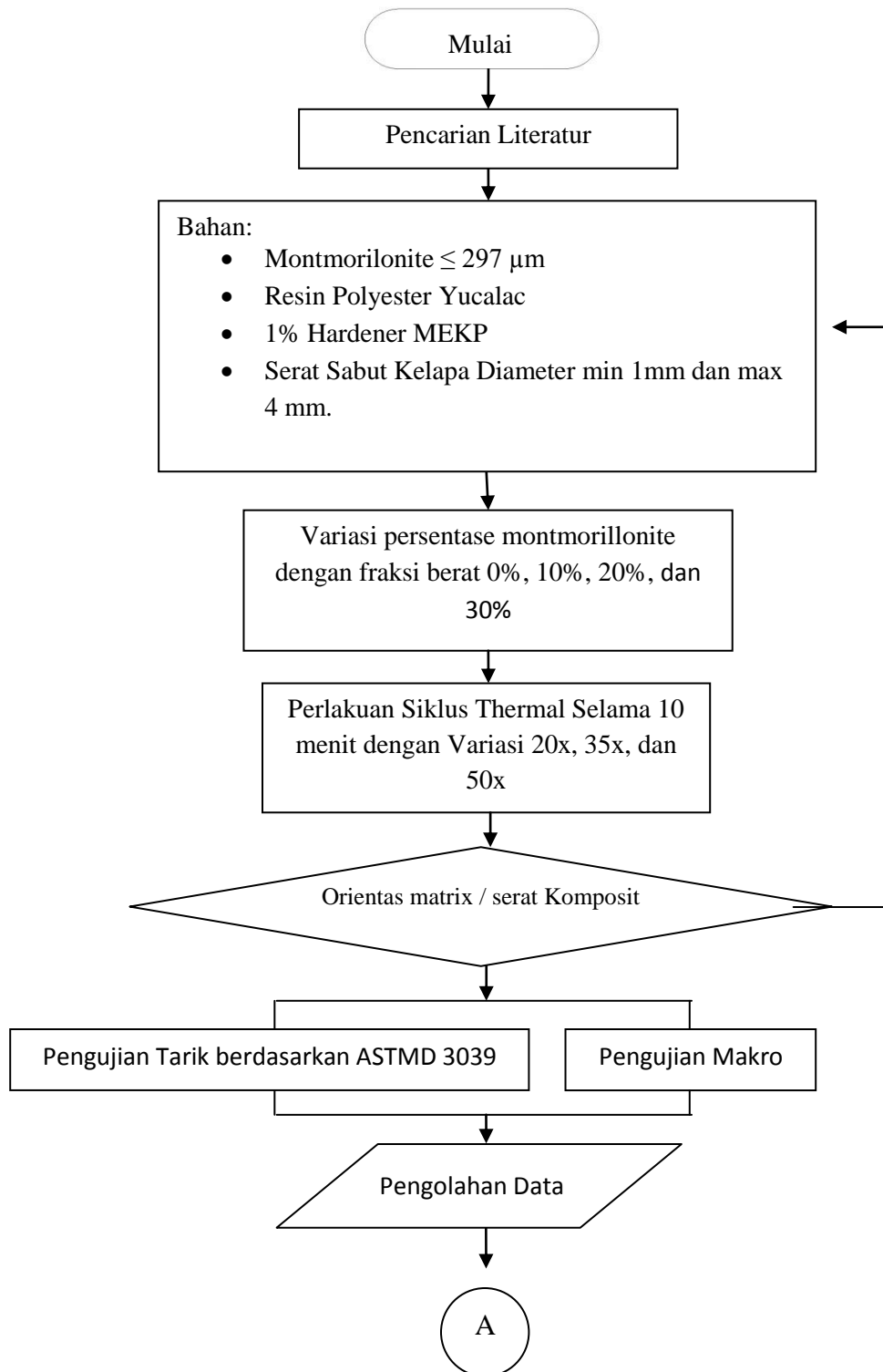
### **3.5 Analisa Data**

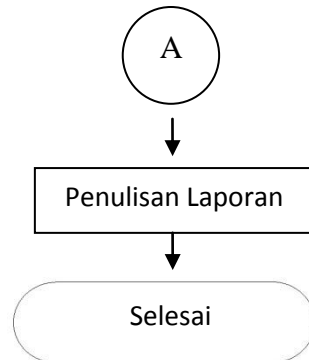
Analisa data dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian morfologi, pengujian uji tarik dengan perlakuan siklus thermal terhadap komposit polyester kenaf-*montmorillonite* ialah sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh variasi fraksi berat aditif *montmorillonite* pada komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa terhadap nilai kekuatan tarik.
2. Analisis pengaruh banyaknya perlakuan termal siklik terhadap kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite*.
3. Analisis kondisi morfologi komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite* setelah dilakukan pengujian tarik dengan variasi banyaknya perlakuan siklus termal.



### 3.6 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Proses Pengujian Spesimen

#### 4.1.1 Proses Pembuatan Spesimen

Sebelum melakukan pembuatan spesimen dilakukan persiapan bahan dan alat yang hendak digunakan. Bahan yang perlu disiapkan aditif *Montmorillonite* (MMT) yaitu berasal dari genteng soka yang ditumbuk halus lalu disaring menggunakan screen berukuran mesh 50. Ditambah lagi resin yukalac dan hardener sebagai matriknya serta serat sabut kelapa sebagai fibernya. Untuk memisahkan serat dari sabutnya dilakukan dengan cara perendaman selama satu minggu kemudian sabut dipukul-pukul hingga serat terpisah dari gabusnya (cocopeat) dan kemudian disaring untuk memisahkan serat dan gabusnya. Setelah didapatkan serat bersih dilakukan perebusan untuk mengeluarkan zat ligninnya kemudian dijemur dan dipotong dengan ukuran 5 mm sampai 30 mm.



Gambar 4.1 Pemotongan Serat Sabut Kelapa

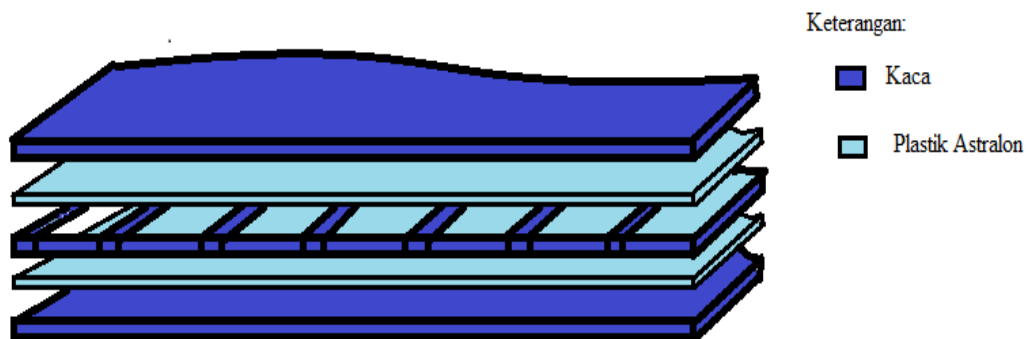


Gambar 4.2 Pengayaan Genteng Soka yang Telah Dihaluskan

Cetakan menggunakan bahan kaca dan plastik astralon yang berukuran 33 cm x 18 cm yang digunakan sebagai alasnya. Sedangkan untuk ukuran penyekatnya 15 cm x 1 cm. Untuk satu cetakan dapat menghasilkan 8 spesimen. Cara penyusunannya mula-mula kaca digunakan sebagai alas agar rata dan dilapisi dengan plastik astralon agar adonan komposit mudah dilepas. Kemudian susun penyekat dibagian atas plastik astralon yang direkat menggunakan double tape agar penyekat tidak berubah posisi. Dengan menggunakan double tape sebagai perekatnya cetakan dapat dibongkar pasang. Untuk membandingkan persentase berat dari unsur penyusun komposit yaitu dengan menggunakan metode massa jenis dikalikan volume dan dibandingkan dengan jumlah persen berat yang diinginkan.



Gambar 4.3 Metode Penyusunan Cetakan



Gambar 4.4 Penampakan Penyusunan Cetakan

Tetapi dalam pembuatan adonan harus melebihi jumlah dari yang dibutuhkan agar memudahkan dalam mencetak adonan kedalam cetakan. Selain itu dengan melebihi adonan dalam cetakan dapat mengurangi gelembung udara didalam maupun diperukaan komposit. Untuk penyusunan adonan sendiri campurkan resin dengan hardener dengan jumlah berat yang sesuai dengan persentase yang dibutuhkan. Dimana penuangan resin harus dilakukan sedikit demi sedikit dengan sudut aliran resin kurang dari  $90^0$ . Hal tersebut dilakukan untuk mengurangi void yang timbul. Kemudian aduk hingga lebih dari 100kali pengadukan dan kemudian tambahkan serbuk MMT sesuai persentase berat yang dibutuhkan lalu aduk hingga lebih dari 80

kali. Hal ini dilakukan agar adonan bisa tercampur rata dan dapat mengering rata tidak ada bagian yang lembek.



Gambar 4.5 Penimbangan MMT

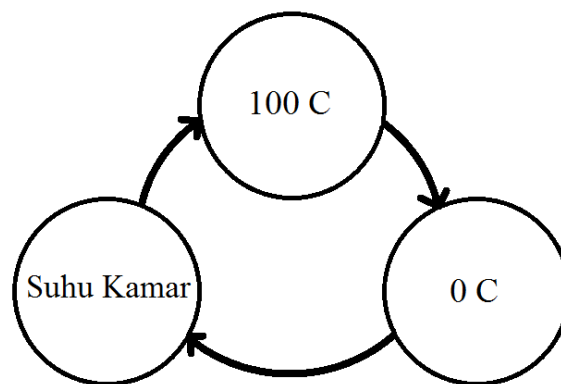


Gambar 4.6 Penimbangan Resin dan Pengadukan Adonan

Penuangan adonan kedalam cetakan harus dilakukan sedikit demi sedikit. Pertama adonan dituangkan hingga separuh bagian dari cetakan dan harus menutupi semua bagian alas cetakan terutama bagian pojok dan samping. Kemudian tambahkan serat sabut kelapa kecetakan dan tekan-tekan agar adonan bisa meresap kecelah-celah serat. Tuang kembali adonan kecetakan hingga lumer dan tekan-tekan kembali. Tahap selanjutnya tutup permukaan cetakan menggunakan plastik astralon dan bagian atas plastik astralon diberi lempengan kaca agar didapatkan hasil yang rata lalu tekan hingga adonan yang lebih lumer keluar dari cetakan. Kemudian biarkan selama 24 jam agar adonan benar-benar mengering, setelah kering lepas plastik astralon dan kaca penyekat. Untuk tahap *finishing* melakukan pemerataan bagian samping dan juga melakukan pemotongan pada bagian yang lebih menggunakan gerinda untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan ASTM D 3039.

#### 4.1.2 Perlakuan Siklus Termal

Proses siklus termal pada spesimen dilakukan dengan memberikan perlakuan suhu yang berubah rubah dengan beberapa kali perlakuan.



Gambar 4.7 Metode Perlakuan Siklus Termal

Dalam proses perlakuan suhu spesimen diberikan perlakuan yang sama namun jumlah siklus yang berbeda. Dengan pengontrolan suhu yang sama dan waktu satu siklus yang sama dengan bantuan *thermocople*. Kabel *Thermocople* yang telah tersambung ke *thermoreader* diletakkan dipermukaan spesimen dan di ukur secara *real time* pada saat proses siklus termal terjadi. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui jumlah suhu yang diterima oleh setiap spesimen.

#### 4.1.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan agar diketahui berapa kuat spesimen terhadap tarikan. Alat uji tarik menggunakan merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN yang dimana sebelumnya telah dikalibrasi agar didapatkan data yang valid. Alat uji tarik mempunyai dua display yaitu display tarik dan display penambahan panjang. Untuk pengujian ini hanya menggunakan display tarik saja. Dalam melakukan pengujian tarik setiap ujung spesimen diberi pencekam yang memiliki permukaan yang kasar agar spesimen tidak lepas saat dilakukan pengujian tarik. Pengujian tarik dilakukan dengan dua orang dengan tugas yang berbeda. Satu orang menahan pencekam agar mencekam kuat spesimen dan satu orang lagi mengungkit tuas yang ada pada mesin uji tarik. Hasil yang muncul pada saat dilakukan pengujian tarik direkam menggunakan perekam *handphone*. Data yang diambil adalah nilai tertinggi saat dilakukan pengujian tarik.





Gambar 4.8 Pengujian Tarik

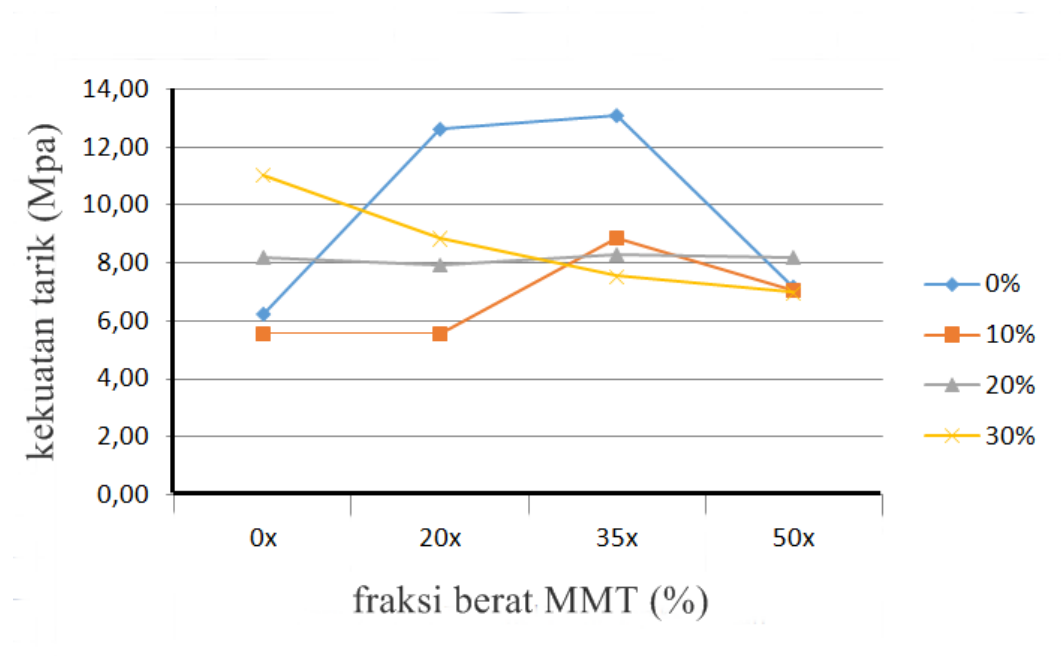
Setelah pengujian tarik telah selesai dilakukan perhitungan tarik. Dengan menggunakan rumus  $\sigma_t = F_{max} / A_0$ . Dimana  $F_{max}$  berasal dari nilai tertinggi saat dilakukan pengujian tarik dan  $A_0$  merupakan luas penampang dari spesimen.

#### **4.2 Data Hasil Pengujian**

Bahan uji dan alat uji menggunakan standart ASTM D 3039. Yang mana merupakan standart material komposit. Spesimen komposit terdiri dari polyester dengan serat sabut kelapa dan dikombinasikan dengan MMT. Komposit sendiri memiliki variasi MMT 0%, MMT 10%, MMT 20%, DAN MMT 30%. Sedangkan saat perlakuan siklus termal menggunakan variasi jumlah siklus 0 kali, 20 kali, 35 kali, dan 50 kali. Setelah dilakukan perlakuan siklus termal spesimen diuji dengan alat uji tarik untuk mengetahui kekuatannya. Dengan hasil uji tarik sebagai berikut:

Tabel 4.1 Variasi Siklus Thermal Terhadap Kekuatan Tarik

	Variasi Siklus Thermal Terhadap Kekuatan (Mpa)			
	0x	20x	35x	50x
0%	6,22	12,62	13,09	7,16
10%	5,56	5,56	8,85	7,06
20%	8,19	7,91	8,29	8,19
30%	11,02	8,85	7,53	6,97

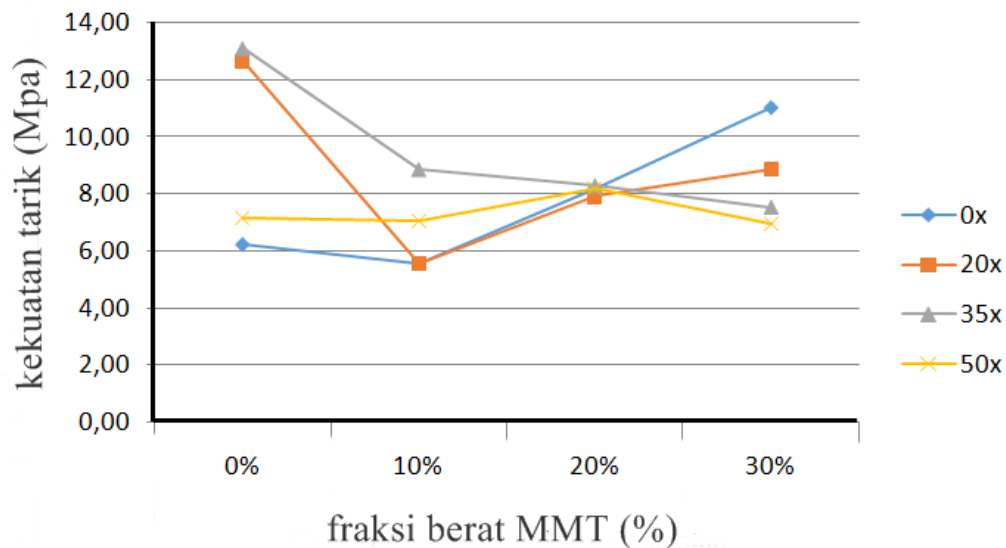


Gambar 4.9 Grafik Variasi Siklus Termal Terhadap Kekuatan Tarik

Berdasarkan hubungan jumlah kadar MMT dengan data uji tarik didapatkan hasil bahwa semakin besar kadar MMT yang digunakan maka semakin menurun kekuatannya. Sedangkan didapat dari grafik hasil pengaruh jumlah siklus yang dilakukan terhadap kekuatannya didapatkan bahwa semakin banyak dilakukan siklus termal maka semakin merusak spesimen itu sendiri dan mengurangi kekuatannya.

Tabel 4.2 Variasi Fraksi Berat Terhadap Kekuatan Tarik

	Variasi Fraksi Berat Terhadap Kekuatan (Mpa)			
	0%	10%	20%	30%
0x	6,22	5,56	8,19	11,02
20x	12,62	5,56	7,91	8,85
35x	13,09	8,85	8,29	7,53
50x	7,16	7,06	8,19	6,97



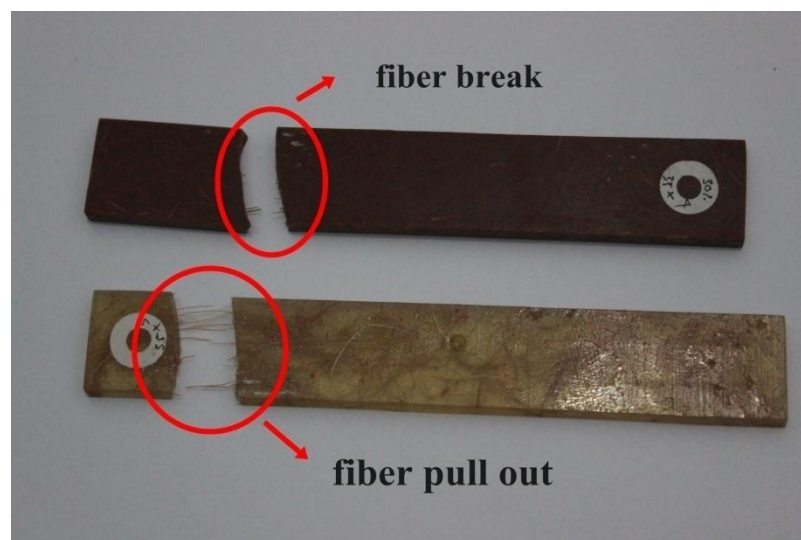
Gambar 4.10 Grafik Variasi Berat Terhadap Kekuatan Tarik

### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Analisa Variasi Fraksi Kadar Berat MMT Terhadap Sifat Mekanik

Dari data grafik diatas didapatkan berat MMT mempengaruhi kekuatan tarik dari spesimen. Dimana dengan ditambahkan MMT akan mengurangi kekuatan tarik dari spesimen itu sendiri. Dapat dilihat pada grafik sangat jelas perubahan yang muncul khususnya pada fraksi berat MMT 10% dimana mengalami penurunan kekuatan tarik. Namun pada fraksi berat 20% mengalami kenaikan, hal ini terjadi

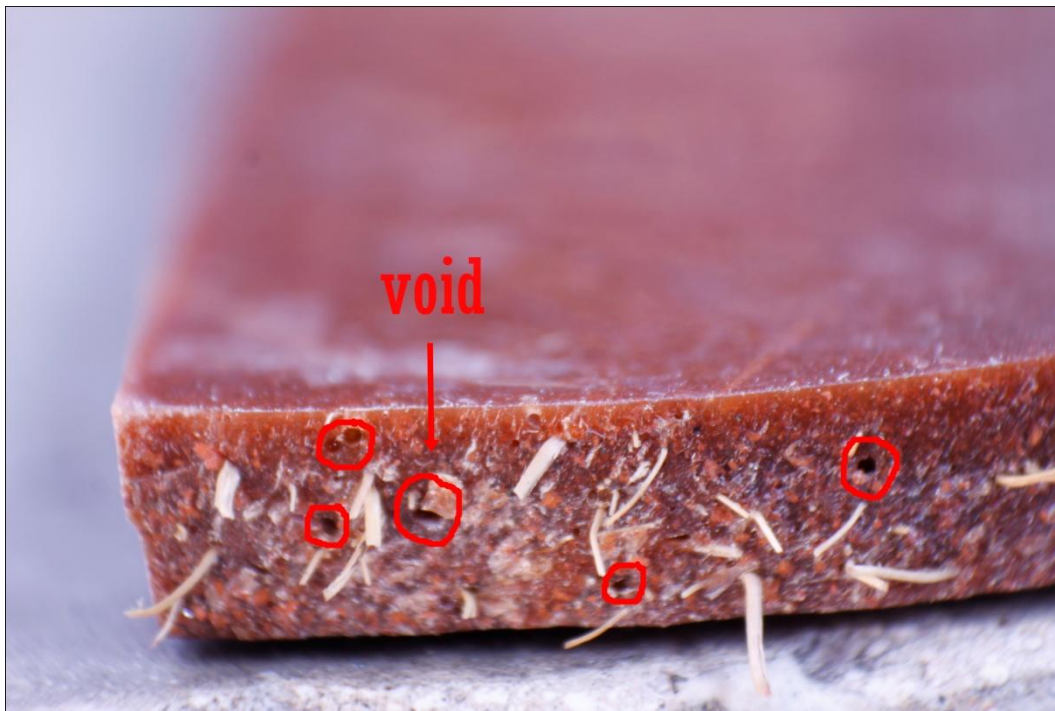
karena semakin kuatnya ikatan matrik dengan serat. Namun pada fraksi berat 30% spesimen mengalami penurunan kekuatan tarik, hal ini terjadi karena kurang kuatnya ikatan matrik dengan aditif MMT. Selain itu posisi serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik spesimen. Karena posisi serat yang berlawanan dari arah gaya tarik akan sangat berpengaruh dan patahan akan lebih sering terjadi pada posisi serat yang melintang atau berlawanan dengan arah uji tarik.



Gambar 4.11 Patahan Spesimen dan *fiber pull out*

Penambahan variasi berat *Montmorillonite* (MMT) menyebabkan penurunan sifat mekanis dari spesimen dan menambah berat dari spesimen itu sendiri. Kekuatan tarik dari komposit menurun disebabkan kurang kuatnya ikatan matrik dengan MMT. Namun ikatan matrik dengan serat lebih kuat dibandingkan ikatan matrik dengan MMT. Dengan memadukan polyester, MMT, dan serat didapat hasil bahwa ikatan MMT dan resin akan menguatkan ikatan terhadap serat. Namun MMT dengan Resin tidak dapat mengikat sempurna yang mengakibatkan menurunnya kekuatan tarik dari komposit.

Penurunan kekuatan tarik juga dipengaruhi oleh banyaknya void dan besar kecilnya void. Pengertian void sendiri adalah rongga udara yang terperangkap didalam komposit. Yang mana dengan banyaknya void akan mengurangi ikatan antar unsur penyusun komposit itu sendiri. Void sendiri terjadi karena kesalahan dalam pembuatan dan sifat ikatan dari unsur penyusun komposit. Kesalahan pembuatan diantaranya terjadi void saat menuangkan resin dengan hardener, penuangan resin ke dalam MMT, penuangan adonan ke cetakan dan yang terakhir saat melakukan penutupan cetakan setelah diberi adonan. Karena MMT tidak dapat berikatan sempurna dengan resin maka akan menyebabkan void. Jadi semakin banyak fraksi berat MMT maka akan semakin banyak pula void yang muncul.



Gambar 4.12 Void didalam Spesimen Komposit

Banyaknya void sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dari spesimen. Sehingga semakin banyak void yang terdapat pada spesimen akan mengakibatkan

penurunan kekuatan tarik. Hal ini terjadi karena berkurangnya luas penampang pada spesimen karena adanya gelembung - gelembung udara. Void pada komposit tidak dapat dihilangkan namun dapat dikurangi saat proses pembuatannya.

Banyaknya perlakuan siklus tidak berpengaruh besar terhadap komposit yang mempunyai fraksi berat MMT 0%. Namun sangat berpengaruh terhadap komposit yang mempunyai fraksi berat MMT 10%, 20%, dan 30%. Dimana kerusakan terbesar material yang mempunyai fraksi berat MMT yang tinggi. Hal ini terjadi karena banyaknya rongga udara atau yang biasa disebut void mengalami pemuaian. Karena udara jika terkena temperatur tinggi akan memuai sehingga udara terperangkap berusaha keluar dan terjadi pengerusakan pada komposit itu sendiri.

Selain dari void penurunan kekuatan tarik juga dipengaruhi oleh posisi serat yang tidak sejaris lurus dengan arah gaya tarik. Karena pengusunan serat secara acak dapat menimbulkan posisi serat horisontal maupun vertikal. Dengan posisi serat yang berlawanan dengan arah gaya tarik akan mengakibatkan penurunan kekuatan tarik saat diuji tarik.



Gambar 4.13 Posisi Serat Berlawanan dengan Arah Gaya Tarik

#### 4.3.2 Analisa Variasi Banyaknya Siklus Termal Terhadap Sifat Mekanik

Berdasarkan hasil hubungan jumlah siklus termal dengan hasil uji tarik tidak ada pengaruh yang besar terhadap material komposit yang memiliki kadar berat MMT 0%. Yang ditunjukkan dengan nilai tarik yang cukup stabil penurunan dan kenaikannya. Namun lain halnya dengan material komposit yang memiliki kadar MMT 10%, 20% dan 30%.

Perubahan temperatur yang berubah-ubah akan mengakibatkan *thermal fatigue* atau kelelahan material akibat termal. *Thermal fatigue* akan menyebabkan siklus tegangan dan regangan yang tidak merata pada benda akibat temperatur yang berubah-ubah. Beberapa faktor yang menyebabkan kelelahan thermal ini adalah temperatur yang tinggi, serta banyaknya proses pendinginan dan pemanasan secara berkala. Oleh karena itu semakin banyaknya siklus thermal yang didapat oleh material, maka akan semakin menurun pula kekuatan tariknya sebagai imbas dari efek *thermal fatigue* yang juga semakin besar.

#### 4.3.3 Analisis Morfologi

Dari hasil perlakuan siklus termal dan pengujian tarik, didapatkan kondisi morfologi berupa uji makro. Dengan uji makro kita dapat mengetahui sebab dan akibat yang ditimbulkan dari hasil penelitian. Ada 2 hal yang dibahas dalam uji morfologi ini, yaitu kondisi patah pada spesimen, dan juga perubahan morfologi yang terjadi pada spesimen setelah diberi perlakuan siklus thermal.

Uji makro dilakukan setelah spesimen diberi perlakuan siklus thermal, dan setelah spesimen diuji tarik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang mencolok dalam segi warna. Spesimen sebelum diberi siklus thermal dengan spesimen setelah diberi siklus thermal memiliki warna yang sama. Ini dikarenakan lama proses pemanasan dan pendinginan berlangsung cepat, yakni hanya 10 menit ditiap perlakuan.

Namun perubahan bentuk terjadi setelah perlakuan siklus termal yang dilakukan berulang ulang menyebabkan spesimen menjadi melengkung. Namun



melengkung yang besar terjadi pada spesimen yang mempunyai fraksi berat 0% MMT. Hal ini terjadi karena spesimen yang mempunyai fraksi berat 0% mengalami melengkung karena spesimen tidak mempunyai penguat lain selain serat. Dengan hal ini pula menandakan bahwa spesimen yang menggunakan MMT lebih getas dibandingkan dengan yang tidak menggunakan MMT.

Untuk analisa patahan yang terjadi pada spesimen yang dilakukan setelah di uji tarik. Dari sekian banyak spesimen patah disekitar pencekam atau tidak tepat dibagian tengah dari spesimen. Hal ini terjadi karena konsentrasi tegangan terjadi pada daerah pencekam. Selain itu saat dilakukan pencekaman pada spesimen jepitan dari pencekam merusak bagian spesimen itu sendiri. Hal inilah yang menyebabkan spesimen patah dibagian pencekam.



Gambar 4.14 Retakan di Daerah Patahan 0%MMT

Dari pengamatan makro yang lain setelah dilakukan pengujian tarik, bentuk patahan antara yang diberi MMT dengan yang tidak diberi MMT mengalami perbedaan. Yang mana spesimen yang tidak diberi MMT mengalami retakan pada



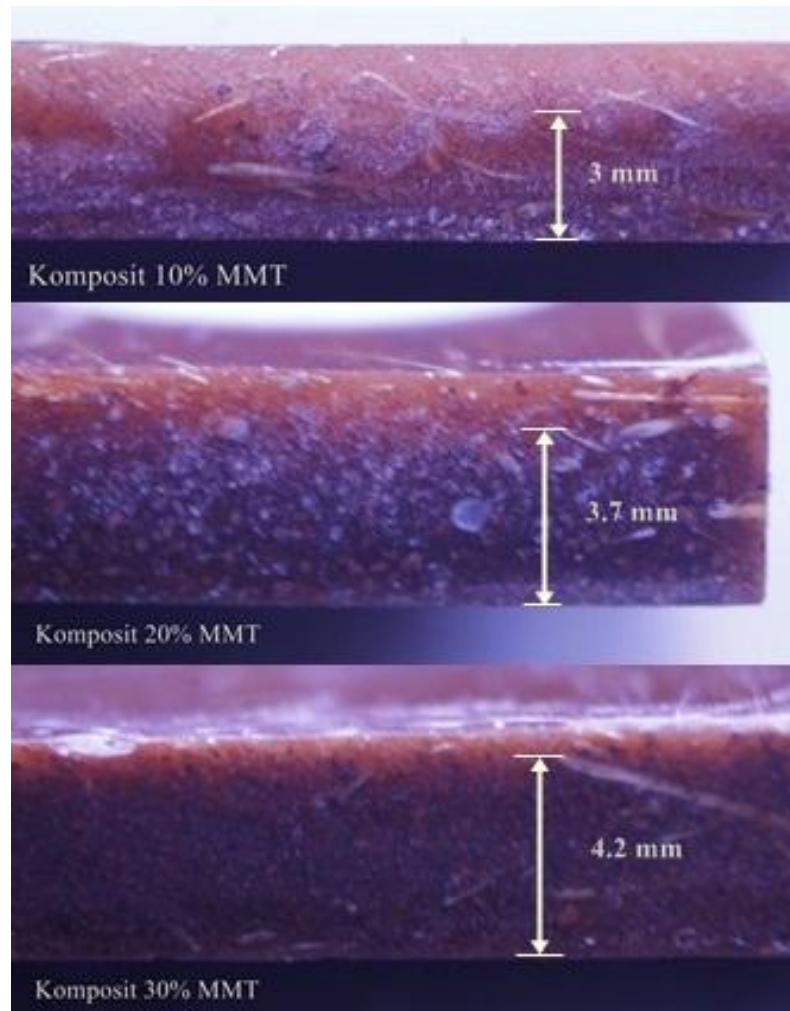
daerah patahannya. Namun lain halnya dengan spesimen yang diberi MMT, spesimen yang diberi MMT tidak ada retakan didaerah patahannya. Hal ini pula yang membuktikan bahwa ikatan antara aditif MMT dengan resin tidak dapat berikatan dengan kuat.



Gambar 4.15 Retakan Pada Bagian Patahan 0% MMT

Banyaknya retakan yang mengidentifikasi kelenturan dari komposit. Yang mana dengan tidak ditamhkannya MMT akan menambah elastisitas dari komposit. Jadi komposit akan bertambah lentur jika tidak ditambahkan MMT.

Komposit yang dicampur dengan MMT akan terlihat pengendapan MMT dibagian bawah komposit, semakin tinggi jumlah variasi berat *montmorillonite* (MMT) maka semakin tinggi pula ketebalan endapan yang dihasilkan MMT. Pengendapan terjadi karena adanya perbedaan massa jenis MMT dengan resin. Dimana massa jenis MMT lebih berat dibandingkan massa jenis Resin. Dengan perbedaan massa jenis itulah yang menyebabkan pengendapan MMT dibagian dasar komposit disaat resin belum mengering. Jadi saat resin mengering dan dilepaskan dari cetakan MMT sudah mengendap didasar komposit.



Gambar 4.16 Endapan MMT 10%, 20% dan 30%

Pada gambar 4.16 menjelaskan ketebalan endapan pada komposit 10% MMT memiliki ketebalan 3mm, komposit 20% MMT 3,7mm dan komposit 30% MMT 4,2mm. Hal ini membuktikan semakin sedikit persentase berat MMT yang digunakan maka akan semakin sedikit endapan yang dihasilkan dan sebaliknya. Namun saat persentase MMT lebih dari 30% dianggap tidak ada endapan dan campuran resin dan MMT dapat tercampur sempurna.

## **BAB 5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Secara umum penambahan kadar berat *montmorillonite* mampu bertahan saat dilakukan siklus termal sebanyak 20x, 35x, dan 50x dengan sedikit penurunan kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat sabut kelapa menggunakan aditif partikel *montmorillonite*.
2. Kondisi morfologi setelah dilakukan perlakuan siklus thermal dan uji tarik menunjukkan bahwa faktor yang menyebabkan kegagalan adalah posisi serat yang berlawanan dengan arah gaya tarik. Untuk mendapatkan posisi serat terbaik adalah posisi searah atau sejajar dengan gaya tarik.

### **5.2 Saran**

Saran yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Perlu dilakukan lebih lanjut penelitian mengenai perlakuan siklus thermal yang lebih dari 50 kali agar dapat diketahui efek siklus thermal yang lebih signifikan terhadap komposit polyester berpenguat serat sabut kelapa dengan aditif MMT.
2. Perlu pengkajian lebih lanjut lagi mengenai serat lain selain serat sabut kelapa agar didapatkan material komposit dengan nilai kekuatan tarik yang maksimal terhadap siklus thermal.
3. Perlu dilakukan lebih lanjut penelitian mengenai variasi berat MMT agar dilakukan penambahan lebih dari 30% berat MMT agar diketahui efek lanjut yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan ketahanannya saat diberi siklus termal komposit polyester berpenguat serat sabut kelapa dengan aditif MMT.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah N., Darmasetiawan H., Sudirman dan Karo K. 2004. *Pembuatan Komposit Polimer Berpenguat Serat Sintetik Untuk Bahan Genteng*. FMIPA IPB
- Arif N., Sonief A., dan Atmojo W. 2011. *Karakteristik Kiekuatan Mekanik Berpenguat Serat Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) Kontinyu Laminat Dengan Perlakuan Alkali Bermatriks Polyester*. Jurnal Rekayasa Mesin. Universitas Brawijaya Malang
- Barleany D. R., Hartono R. dan Santoso. 2011. *Pengaruh Komposisi Montmorillonite Pada Pembuatan Polipropilen-Nanokomposit Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasannya*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. 1-6.
- Bramantyo A. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Serat*. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.
- Diharjo K., A. Purwanto, S. J. A. Nasir, B. H. Jihad, et al. 2012. *Sifat Tahan Api Dan Kekuatan Bending Komposit Geopolimer: Analisis Pemilihan Jenis Partikel Geomaterial*. Prosiding Insinas. 67-72.
- Diharjo K., Kusharjanta B., Tarigan R. A. P. dan Andhika A. R. 2013. *Pengaruh Kandungan dan Ukuran Serbuk Genteng Sokka terhadap Ketahanan Bakar Komposit Geopolimer*. Jurnal Rekayasa Mesin. 4. 27-34.
- Hariyanto A. dan Diharjo K. 2011. *Rekayasa Dan Manufaktur Bahan Komposit Sandwich Berpenguat Serat Rami Dengan Core Limbah Sekam Padi Untuk Panel Interior Otomotif Dan Rumah Hunian*. Penelitian Hibah Bersaing.
- Justus. 2011. *YUKALAC Unsaturated Polyester Resin*. Retrieved 10 maret, 2015
- Kartini R., Darmasetiawan H., KaroKaro A., dan Sudirman. 2002. *Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam*. Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science. 3. 30-38.
- Mashuri. 2007. *Efek Termal Dan Bahan Penggandeng (Coupling Agent) Silane Terhadap Kestabilan Mekanik Bahan Kompositpoliester Dengan Pengisi Partikulit Sic*. Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science. 9. 40-45.
- Nasiruddin. 2014. *Analisis Termal-Mekanis Komposit Matrik Polyester Dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Kenaf Anyam*. Skripsi. Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Nurudin A. 2011. *Potensi Pengembangan Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (Hibicus Tiliaceus) Kontinyu Laminat Sebagai Material Pengganti Fiberglass pda Pembuatan Lambung Kapal*. Jurnal Info Teknik. 2. 12.
- Pradana A. W. 2014. *Pengaruh Variasi Panjang Serat Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Material Komposit Polyester Dengan Penguat Serat Daun Nanas*. Skripsi Universitas Jember. Jember.

- Ranogajeg J. 1999. *Influence of particle size and furnace atmosphere on the sintering of powder for tiles production*. University of Novi Sad. Faculty of technology. 21000 Novi Sad. Yugoslavia.
- Romels, Soekono R., dan Wahyudi S. 2011. *Komposit Hybrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa*. Fakultas Teknik. UNIBRA.
- Siswanto, Sarwono E., Setiawan A., dan Setiabudi H. 2013. *Perubahan Sifat Lentur Komposit High Density Polyethelene (HDPE) terhadap pengaruh fraksi volume pengisi serbuk genteng limbah*. Politeknik Pratama Mulia Surakarta, Jawa Tengah.
- Wahini D. dan Novia I. 2011. *Kualitas Komposit Serbuk Sabut Kelapa Dengan Matrik Sampah Styrofoam pada Berbagai Jenis Compatibilizer*. *Jurnal Riset Industri*. 2. 143-151.
- Wijoyo. 2013. *Pengaruh Jumlah Lamina Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Aren-Polyester dengan Core Pelepah Pohon Pisang*. Fakultas Teknik. Universitas Surakarta
- Yudo H. dan S. Jatmiko. 2008. *Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (Baggase) Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Impak*. KAPAL. 5. 95-101.

<https://danidwikw.wordpress.com/2010/12/17/pengujian-impak-dan-fenomena-perpatahan/> Diakses 12 Maret 2015

<https://wikipedia.org/2008/08/11/pohon-kelapa/manfaat/limbah.html> Diakses 12 Maret 2015

[http://terupdatedanterbaru.blogspot.com/2014/06/komposit-dan\\_penggunaannya.html](http://terupdatedanterbaru.blogspot.com/2014/06/komposit-dan_penggunaannya.html) Diakses 14 Maret 2015

<http://kelapaindonesia2020.wordpres.com/makalah-tentang-kelapa/rindengan-barlina/> Diakses 27 Maret 2015

## LAMPIRAN 1. TABEL DATA

Tabel 1.1 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian 1	0x	20x	35x	50x
0%	20	20	18	12
10%	20	15	29	32
20%	28	14	26	40
30%	10	23	21	20

Pengujian 2	0x	20x	35x	50x
0%	11	32	54	37
10%	21	12	20	10
20%	25	28	10	12
30%	71	22	24	35

Pengujian 3	0x	20x	35x	50x
0%	27	56	41	19
10%	10	14	21	25
20%	11	22	32	17
30%	10	29	10	12

Pengujian 4	0x	20x	35x	50x
0%	10	28	28	10
10%	10	21	26	10
20%	25	22	22	20
30%	28	22	27	9

Tabel 1.2 Perhitungan 0 % MMT

Uji Tarik 0x 0%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	20	918,20	0,92	7,35
2	11	494,66	0,49	3,96
3	27	1.247,62	1,25	9,98
4	10	447,60	0,45	3,58
Rata-rata	17			6,22

Uji Tarik 20x 0%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	20	918,20	0,92	7,35
2	32	1.482,92	1,48	11,86
3	56	2.612,36	2,61	20,90
4	28	1.294,68	1,29	10,36
Rata-rata	34			12,62

Uji Tarik 35x 0%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	18	824,08	0,82	6,59
2	54	2.518,24	2,52	20,15
3	41	1.906,46	1,91	15,25
4	28	1.294,68	1,29	10,36
Rata-rata	35,25			13,09

Uji Tarik 50x 0%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	12	541,72	0,54	4,33
2	37	1.718,22	1,72	13,75
3	19	871,14	0,87	6,97
4	10	447,60	0,45	3,58
Rata-rata	19,5			7,16

Tabel 1.3 Perhitungan 10% MMT

Uji Tarik 0x 10%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	20	918,20	0,92	7,35
2	21	965,26	0,97	7,72
3	10	447,60	0,45	3,58
4	10	447,60	0,45	3,58
Rata-rata	15,25			5,56

Uji Tarik 20x 10%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	15	682,90	0,68	5,46
2	12	541,72	0,54	4,33
3	14	635,84	0,64	5,09
4	21	965,26	0,97	7,72
Rata-rata	15,5			5,65

Uji Tarik 35x 10%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	29	1.341,74	1,34	10,73
2	20	918,20	0,92	7,35
3	21	965,26	0,97	7,72
4	26	1.200,56	1,20	9,60
Rata-rata	24			8,85

Uji Tarik 50x 10%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	32	1.482,92	1,48	11,86
2	10	447,60	0,45	3,58
3	25	1.153,50	1,15	9,23
4	10	447,60	0,45	3,58
Rata-rata	19,25			7,06



Tabel 1.4 Perhitungan 20%

Uji Tarik 0x 20%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	28	1.294,68	1,29	10,36
2	25	1.153,50	1,15	9,23
3	11	494,66	0,49	3,96
4	25	1.153,50	1,15	9,23
Rata-rata	22,25			8,19

Uji Tarik 20x 20%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	14	635,84	0,64	5,09
2	28	1.294,68	1,29	10,36
3	22	1.012,32	1,01	8,10
4	22	1.012,32	1,01	8,10
Rata-rata	21,5			7,91

Uji Tarik 35x 20%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	26	1.200,56	1,20	9,60
2	10	447,60	0,45	3,58
3	32	1.482,92	1,48	11,86
4	22	1.012,32	1,01	8,10
Rata-rata	22,5			8,29

Uji Tarik 50x 20%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	40	1.859,40	1,86	14,88
2	12	541,72	0,54	4,33
3	17	777,02	0,78	6,22
4	20	918,20	0,92	7,35
Rata-rata	22,25			8,19

Tabel 1.5 Perhitungan 30%

Uji Tarik 0x 30%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	10	447,60	0,45	3,58
2	71	3.318,26	3,32	26,55
3	10	447,60	0,45	3,58
4	28	1.294,68	1,29	10,36
Rata-rata	29,75			11,02

Uji Tarik 20x 30%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	23	1.059,38	1,06	8,48
2	22	1.012,32	1,01	8,10
3	29	1.341,74	1,34	10,73
4	22	1.012,32	1,01	8,10
Rata-rata	24			8,85

Uji Tarik 35x 30%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	21	965,26	0,97	7,72
2	24	1.106,44	1,11	8,85
3	10	447,60	0,45	3,58
4	27	1.247,62	1,25	9,98
Rata-rata	20,5			7,53

Uji Tarik 50x 30%				
Data	Display	Kalibrasi (N)	kN	Mpa
1	20	918,20	0,92	7,35
2	35	1.624,10	1,62	12,99
3	12	541,72	0,54	4,33
4	9	400,54	0,40	3,20
Rata-rata	19			6,97

Tabel 1.6 Hasil Pehitungan Pengujian Tarik

Pengujian 1	0x	20x	35x	50x
0%	7,35	7,35	6,59	4,33
10%	7,35	5,46	10,73	11,86
20%	10,36	5,09	9,60	14,88
30%	3,58	8,48	7,72	7,35

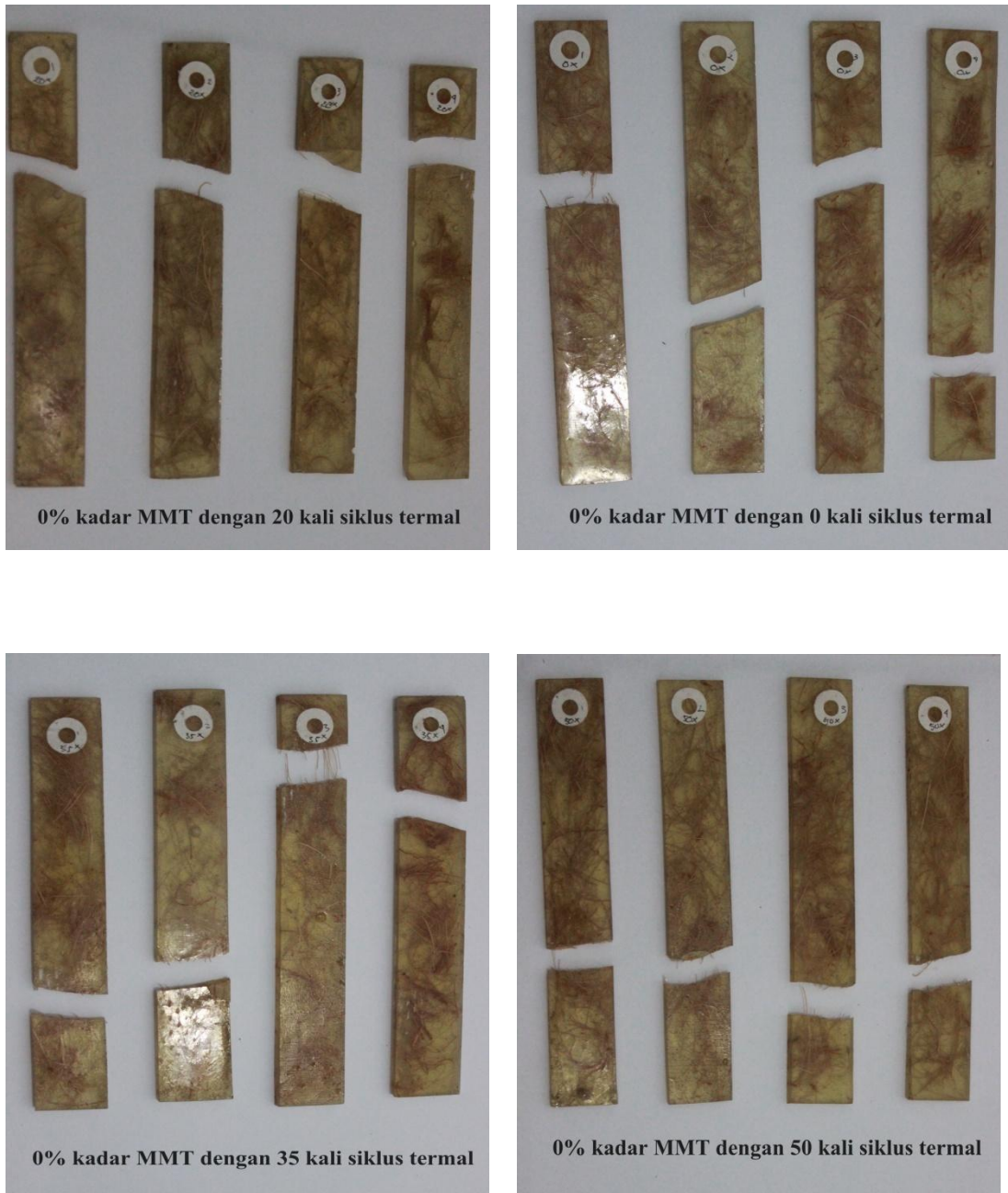
Pengujian 2	0x	20x	35x	50x
0%	3,96	11,86	20,15	13,75
10%	7,72	4,33	7,35	3,58
20%	9,23	10,36	3,58	4,33
30%	26,55	8,10	8,85	12,99

Pengujian 3	0x	20x	35x	50x
0%	9,98	20,90	15,25	6,97
10%	3,58	5,09	7,72	9,23
20%	3,96	8,10	11,86	6,22
30%	3,58	10,73	3,58	4,33

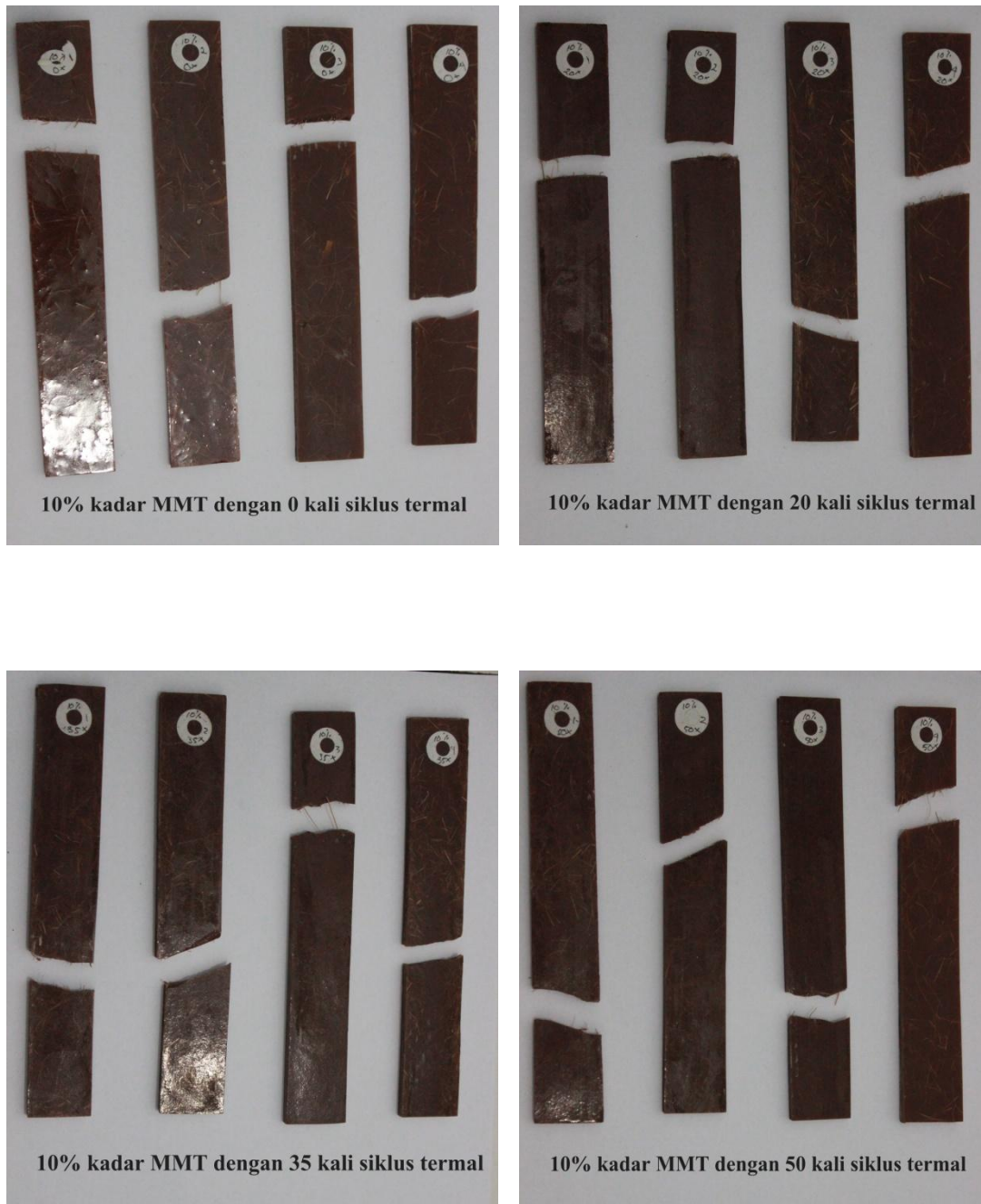
Pengujian 4	0x	20x	35x	50x
0%	3,58	10,36	10,36	3,58
10%	3,58	7,72	9,60	3,08
20%	9,23	8,10	8,10	7,35
30%	10,36	8,10	9,98	3,20

**LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN**

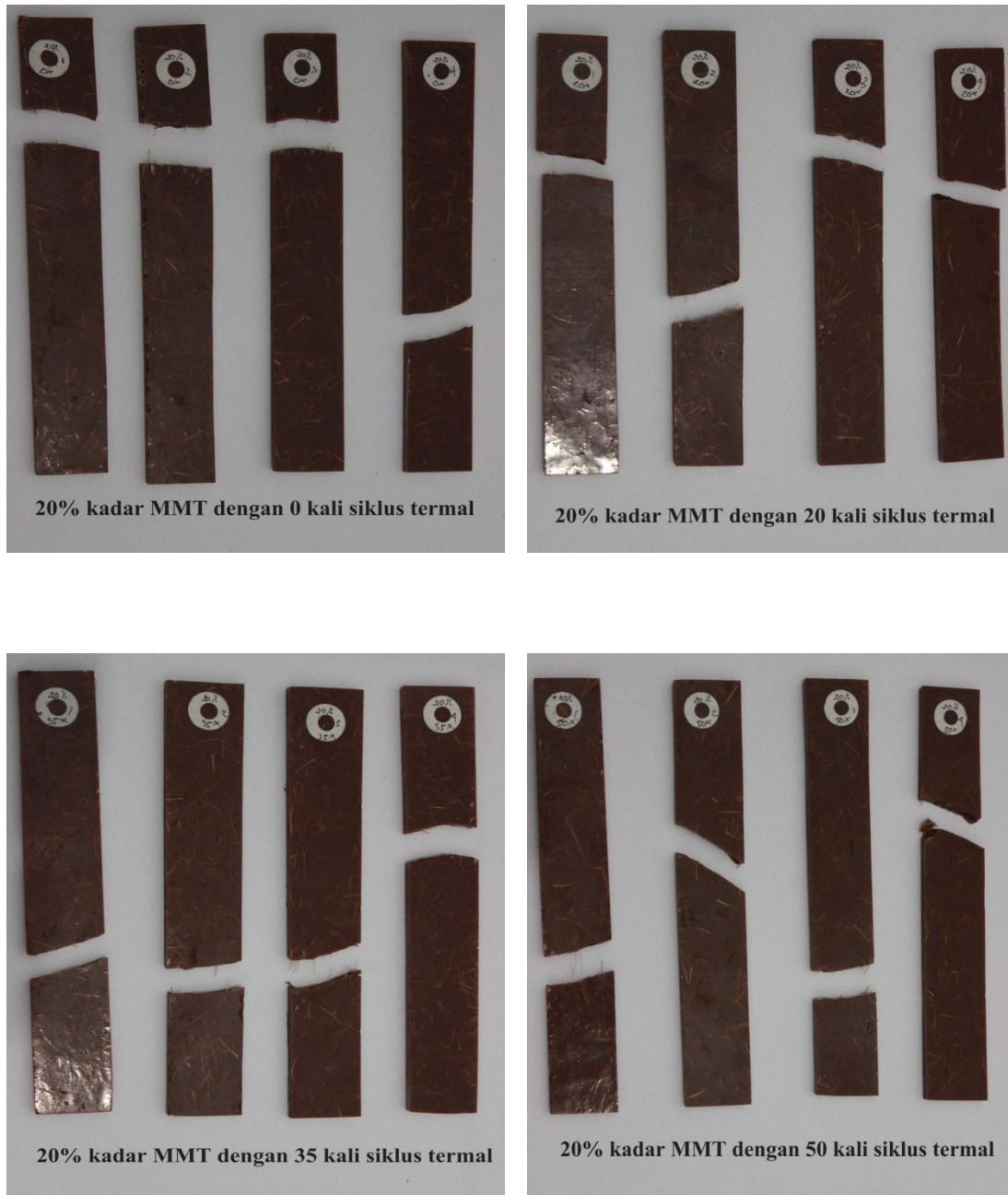
Gambar 2.1 Sample Kadar MMT 0% Setelah di Uji Tarik



Gambar 2.2 Sample Kadar MMT 10% Setelah di Uji Tarik

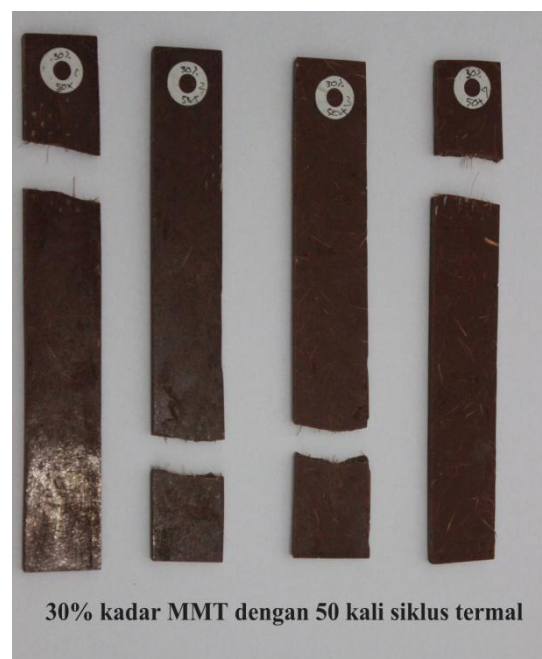
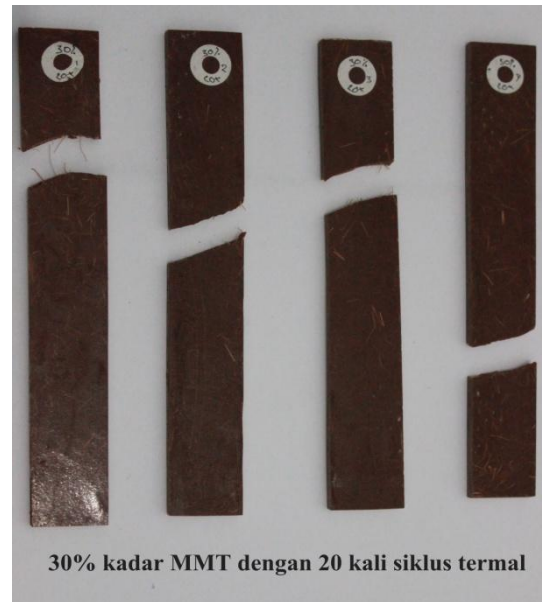


Gambar 2.3 Sample Kadar MMT 20% Setelah di Uji Tarik





Gambar 2.4 Sample Kadar MMT 30% Setelah di Uji Tarik



Gambar 2.5 Bahan dan Alat Pembuatan Spesimen







