



**PENGARUH KADAR PARTIKEL ADITIF MONTMORILLONITE
TERHADAP SIFAT MEKANIK-SIKLUS THERMAL KOMPOSIT
POLYESTER SERAT KENAF ANYAM**

SKRIPSI

Oleh :

**Rizki Erizal Muhammad
111910101027**

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



**PENGARUH KADAR PARTIKEL ADITIF MONTMORILLONITE
TERHADAP SIFAT MEKANIK-SIKLUS THERMAL KOMPOSIT
POLYESTER SERAT KENAF ANYAM**

SKRIPSI

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

Oleh
Rizki Erizal Muhammad
111910101027

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku **Sugiyanto** dan **Sriwinarti**, serta untuk adikku **Muhammad Thariq Aziz** yang telah memberikan banyak cinta, doa, senyum, inspirasi kehidupan, semangat dan telah menjadi satu-satunya alasan untukku agar terus melangkah maju.



MOTTO

Barangsiapa yang membawa kebaikan, maka ia memperoleh (balasan) yang lebih baik daripadanya, sedang mereka itu adalah orang-orang yang aman tentram dari kejutan yang dasyat pada hari itu.

(Al-Qasas: 89)^{*)}

Atau

Pekerjaan besar tidak dihasilkan dari kekuatan melainkan oleh ketekunan
(Samuel Johnson)

Atau

The future belongs to those who believe in the beauty of their
dreams

(Elanor Roosevelt)

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Quran dan Terjemahannya*. Semarang : CV Asy-Syifa

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Rizki Erizal Muhammad

NIM : 111910101027

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH KADAR PARTIKEL ADITIF MONTMORILLONITE TERHADAP SIFAT MEKANIK-SIKLUS THERMAL KOMPOSIT POLYESTER SERAT KENAF ANYAM” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2015

Yang menyatakan,

(Rizki Erizal Muhammad)

NIM 111910101027

SKRIPSI

**PENGARUH KADAR PARTIKEL ADITIF MONTMORILLONITE
TERHADAP SIFAT MEKANIK-SIKLUS THERMAL KOMPOSIT
POLYESTER SERAT KENAF ANYAM**

Oleh

Rizki Erizal Muhammad
NIM 111910101027

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Nasrul Iminafik, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Kadar Partikel Aditif Montmorillonite Terhadap Sifat Mekanik-Siklus Thermal Komposit Polyester Serat Kenaf Anyam” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 8 Juli 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 19681205 199702 1 002

Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Ariz Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP 19681207 199512 1 002

Imam Sholahuddin, S.T., M.T.
NIP 19811029 200812 1 003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Pengaruh Kadar Partikel Aditif Montmorillonite Terhadap Sifat Mekanik-Siklus Thermal Komposit Polyester Serat Kenaf Anyam; Rizki Erizal Muhammad, 111910101027; 2015; 77 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan teknologi komposit sangat pesat seiring meningkatnya kebutuhan dunia industri terhadap material dengan karakteristik sepadan dengan logam. Komposit polyester berpenguat serat kenaf anyam merupakan salah satu jenis komposit yang mempunyai matriks polyester dan berpenguat serat kenaf anyam. Komposit ini diaplikasikan untuk eksterior mobil dimana sangat rentan terkena paparan temperatur tinggi dan temperature rendah. Oleh karena itu ditambahkan partikel *montmorillonite* pada komposit ini yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan thermal dan untuk meningkatkan kekuatan tarik dari komposit.

Dalam penelitian kali ini difokuskan tentang peningkatan nilai kekuatan tarik dari komposit polyester berpenguat serat kenaf anyam berpenambah partikel *montmorillonite*. Variasi yang digunakan adalah variasi fraksi berat aditif *montmorillonite*, 0%, 30%, 40%, dan 50%, serta variasi jumlah siklus termal sebanyak 0x, 25x, 55x, dan 85x.

Penelitian ini dilakukan di 2 tempat, yakni di Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Jember untuk melakukan pengujian siklus thermal dan Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember untuk melakukan pengujian tarik.

Dari hasil penelitian didapat bahwa penambahan kadar berat *montmorillonite* menurunkan kekuatan tarik dari komposit. Selain itu, diketahui bahwa penambahan jumlah siklus thermal yang semakin banyak, juga menurunkan kekuatan tarik dari komposit. Nilai kekuatan tarik terbesar yaitu 28,80 MPa, dan nilai kekuatan tarik terkecil yaitu 5,77 MPa.

SUMMARY

Effect Of Particle Concentration Additive Montmorillonite To The Mechanical Properties-Cycle Thermal Kenaf Fiber Woven Polyester Composites; Rizki Erizal Muhammad, 111910101027; 2015; 77 pages; Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.

The development of composite technology very rapidly as the industry's increasing needs for materials with commensurate characteristics with metal. Kenaf fiber woven polyester composites is one type of composite that the polyester as a matrix and kenaf fiber woven as a reinforced. This composite is applied to the exterior of the car which is very susceptible to exposure with high temperature and low temperature. Therefore montmorillonite added to the composite particles is aimed to improving the thermal resistance and to enhance the tensile strength of the composite.

This research focused to increase the value of the tensile strength of the kenaf fiber woven polyester composites with additive particle montmorillonite. The used variation are particle concentration of additive montmorillonite 0%, 30%, 40%, 50%, and the number of cycle thermal treatment 0x, 25x, 55x, and 85x.

This research are doing in the 2 (two) places, wich are Energy Conversion Laboratory - Engineering Faculty of Jember University to doing cycle thermal treatment and Materials Testing Laboratory - Engineering Faculty of Jember University to doing tensile test.

From this research is known that addition of montmorillonite concentration will decrease the tensile strenght of composite. The other results is known that increasing the number of cycle thermal, also decrease the tensile strength of the composite. The largest value of tensile strength is 28.80 MPa, and the smallest value of tensile strength is 5.77 MPa.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Kadar Partikel Aditif Montmorillonite Terhadap Sifat Mekanik-Siklus Thermal Komposit Polyester Serat Kenaf Anyam”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantukarena tidak lain tidak lepas dari bantuan berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini;
2. Kedua orang tuaku, Sugiyanto dan Sriwinarti yang senantiasa mendoakan dan tiada hentinya memberikan arahan, bimbingan, motivasi, perhatian, materi, dan mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal lelah;
3. Adikku Muhammad Thariq Aziz yang selalu memberikan dorongan, semangat dan motivasi;
4. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Ariz Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Imam Sholahuddin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;

6. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Saudara-saudarakuku Teknik Mesin 11 Universitas Jember Ihsan, Doni, Ryan, Rudin, Anugrah, Sadam, Febri, Abid, Bangkit, Angga, Pemi, Riza, Aang, Annas, Irsyad, Agung Widodo, Agung Fauzi, Novia, Halim, Sigit, Jupri, Muslih, Sujatmiko, Firas, Hendri, Niko, Fian, Aman, Asrofi, Anton, Arif Rahmat, Dani, Galih, Hanif, Luki, Mahfud, Mirza, Yohanes, Yunus, Tito, Lutfi, Itok, Dayu, Aisyah, Upit, Kiki, Arif War, Arif Ngipret, Wildan Mukholadun, Wildan Gobes, Mukri, Aris Niban Uchiha, Yurike, Mar'iy, Rizki Wo, Amril, Aris, Ika, Farihen, Rofiq, Romi, Muslih, Hegar, Sofyan Gundul, Malik, Haqi, Agus, Kahlil, Meinovan, Sofyan Patek, Imron, dll yang selalu mengajarkan arti pengorbanan, kesetiaan dan pelajaran hidup. semoga tetap menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik. Salam SOLVER;
8. Rekan satu tim penelitian *montmorillonite* (Arif War, Annas, Febri, Irsyad, dan Dayu) dan teman-teman diskusi (Wildan Gobes, Febri, dan Betty) yang sudah memberikan bantuan saat penelitian dan semangat kekeluargaan;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa manusia tidak luput dari salah dan lupa sehingga penulis sangat menerima adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Jember, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan dan Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Material Komposit	5
2.2. Komposit Serat Alam	6
2.3. Polyester	8
2.4. Serat Kenaf	9
2.5. Montmorillonite (MMT)	12
2.6. Siklus Termal	14
2.7. Sifat Material Terhadap Panas	16
2.8. Pengujian Tarik Material Komposit	18
2.9. Pengujian Mikro Material Komposit	19

2.10. Hipotesa	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2. Variabel Penelitian	21
3.2.1. Variabel Bebas.....	21
3.2.2. Variabel Terikat	21
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	22
3.4. Prosedur Penelitian	22
3.4.1. Langkah-Langkah Pembuatan Sampel	22
3.4.2. Langkah-Langkah Pengujian Sampel	23
3.5. Rencana Analisa Data	24
3.6. Diagram Alir Penelitian	26
3.7. Rencana Jadwal Penelitian	27
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Proses Pengujian Spesimen	28
4.1.1. Pembuatan Spesimen	28
4.1.2. Perlakuan Siklus Thermal	31
4.1.3. Pengujian Tarik.....	31
4.2. Data Hasil Pengujian.....	33
4.3. Pembahasan	34
4.3.1. Analisa Variasi Fraksi Kadar Berat MMT Terhadap Sifat Mekanik..	34
4.3.2. Analisa Variasi Banyaknya Siklus Termal Terhadap Sifat Mekanik ..	38
4.3.3. Analisa Kondisi Morfologi Komposit	40
BAB 5. PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Jenis-jenis penguat dari material komposit	6
Gambar 2.2 Material komposit serat alam	7
Gambar 2.3 Tanaman kenaf dan serat yang dihasilkan.....	10
Gambar 2.4 Serat kenaf anyam	12
Gambar 2.5 Struktur kristal MMT	13
Gambar 2.6 Genteng yang digunakan dan MMT yang dihasilkan	14
Gambar 2.7 Dimensi spesimen uji tarik.....	18
Gambar 2.8 Patahan yang terjadi akibat pengujian tarik	19
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 4.1 Partikel MMT disaring dengan ayakan mesh 50.....	28
Gambar 4.2 Penimbangan bahan.....	28
Gambar 4.3 Penuangan matriks	29
Gambar 4.4 Penambahan serat kenaf pada matriks	30
Gambar 4.5 Proses dimana cetakan ditutup dengan kaca	30
Gambar 4.6 Proses pelepasan spesimen dari cetakan dan proses finishing	30
Gambar 4.7 Perlakuan siklus thermal	31
Gambar 4.8 Pencekam spesimen untuk uji tarik dan proses pemasangan spesimen pada alat uji tarik	32
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan variasi kadar MMT	33
Gambar 4.10 Grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan variasi jumlah siklus thermal	34
Gambar 4.11 Resin berikatan dengan serat kenaf perbesaran 200x.....	35
Gambar 4.12 <i>Pull out</i> komposit berpenambah MMT dan <i>pull out</i> komposit tanpa penambah MMT	35
Gambar 4.13 Foto makro yang menunjukkan void pada spesimen	36
Gambar 4.14 Foto mikro menunjukkan void pada spesimen perbesaran 40x	37

Gambar 4.15 Foto makro spesimen	37
Gambar 4.16 (a) Foto mikro spesimen perbesaran 40x (b) Foto mikro gumpalan resin yang miskin MMT perbesaran 200x	38
Gambar 4.17 Mikrostruktur selama proses pemanasan dan pendinginan pada material termoset	39
Gambar 4.18 Grafik pengaruh kenaikan suhu terhadap kekuatan tarik pada polymer	40
Gambar 4.19 Spesimen dengan kadar MMT 0% terlihat melengkung setelah diberi perlakuan siklus thermal	41
Gambar 4.20 Patahan yang terjadi antara komposit 0% MMT dan komposit berpenambah MMT	42

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Sifat mekanik polyester.....	8
Tabel 2.2 Hasil penelitian serat kenaf dengan perlakuan panas	11
Tabel 2.3 Kekuatan tarik serat kenaf dengan perlakuan panas	11
Tabel 2.4 Sifat fisik dari serat kenaf	11
Tabel 3.1 Variabel bebas.....	21
Tabel 3.2 Tabel nilai pengujian uji tarik	25
Tabel 3.3 Jadwal rencana penelitian	27
Tabel 4.1 Rasio pencampuran matriks per spesimen	28
Tabel 4.2 Perhitungan berat spesimen secara teoritis dan aktual.....	36

DAFTAR SIMBOL

- σ : Angka uji tarik (N/mm^2)
- F : Beban maksimum sebelum kegagalan (N)
- A : Luasan spesimen (mm^2)
- ϵ : Regangan
- ΔL : Selisih panjang pada saat diuji tarik (mm)
- L_0 : Panjang awal spesimen (mm)

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komposit sangat pesat seiring meningkatnya kebutuhan dunia industri terhadap material dengan karakteristik sepadan dengan logam. Keuntungan penggunaan komposit yaitu tahan korosi, rasio antara kekuatan dan massa jenisnya cukup tinggi (ringan), murah, dan proses pembuatannya mudah. Komposit sekarang ini sudah banyak diaplikasikan diberbagai bidang industri, otomotif, dan kemiliteran (pertahanan dan persenjataan) (Sutrisno, 2013). Sifat bahan komposit sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi unsur penyusun, serta interaksi antara keduanya. Parameter penting lain yang mungkin mempengaruhi sifat bahan komposit adalah bentuk, ukuran, orientasi dan distribusi dari penguat (*filler*) dan berbagai ciri-ciri dari matriks. Sifat mekanik merupakan salah satu sifat bahan komposit yang sangat penting untuk dipelajari (Kartini, 2002).

Bahan-bahan yang *recycleability* dan *renewability* sudah digunakan untuk pembuatan komposit, menggunakan bahan termoplastik dan serat-serat alam. Potensi dan pemanfaatan serat kenaf di Indonesia dimungkinkan untuk bahan pengisi/penguat komposit karena *renewability*, sudah dibudidaya dan relatif murah (Onggo *et al*, 2005). Serat alam telah menjadi salah satu alternatif penguat komposit polimer yang mendapat perhatian khusus dengan kelebihan materi yang ringan, tidak mudah abrasi dalam pemrosesannya, ramah lingkungan serta terbarukan (Issac, 2012).

Pada rekayasa panel eksterior kendaraan, perlu memperhatikan faktor fisis dan mekanis bahan untuk menghindari korban jiwa ketika terjadi kecelakaan yang diikuti kemampuan/sifat bahan yang sesuai. Dengan demikian, penelitian dengan konsentrasi pada pemanfaatan serat alam yang dikombinasikan dengan *polymer* yang memiliki sifat fisis dan mekanis tinggi, dipandang sangat penting untuk dilakukan (Hariyanto *et al*, 2011).

Pada aplikasi panel eksterior kendaraan (khususnya kap mobil), material komposit harus tahan dengan temperatur tinggi yang berasal dari mesin

kendaraan. Selain itu material komposit tentunya harus tahan dengan temperatur rendah ketika mesin kendaraan dimatikan. Hal itu merupakan suatu masalah besar dari penggunaan polimer berpenguat serat (*Fiber Reinforced Polymer/ FRP*) pada aplikasi struktur teknik. Pada temperatur antara 100°-200°C, FRP akan mengalami pelunakan, creep dan terdistorsi yang menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur. Ketika diberi temperatur 300°-500°C, matriks polimer akan terdekomposisi, melepaskan panas dan gas beracun (Yousif, 2013). Kendala seperti ini dapat dikurangi dengan penambahan aditif geomaterial lempung MMT (*montmorillonite*).

MMT (*montmorillonite*) merupakan segumpal tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk. Kandungan silica dan alumina pada MMT 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 *et al*, 2012). 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 %.

Nasiruddin (2014) melakukan penelitian tentang analisis termal-mekanis terhadap sampel uji komposit bermatrik polyester berpenguat serat kenaf dengan aditif partikel *montmorillonite* dengan tujuan meningkatkan kinerja komposit akibat paparan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *montmorillonite* meningkatkan kekuatan tarik komposit matrik polyester dengan aditif partikel *montmorillonite* berpenguat serat kenaf (*komposit kenaf-polyester aditif MMT*). Secara umum, semakin tinggi temperatur yang dipaparkan pada komposit maka kekuatan tarik komposit kenaf-polyester aditif MMT menurun secara drastis mulai 100°C.

Hariyanto *et al* (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh siklus termal terhadap kekuatan bending panel komposit sandwich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan *bending* komposit *sandwich* mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan siklus. Defleksi

bending komposit *sandwich* mengalami peningkatan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan peningkatan siklus. Pengaruh peningkatan temperatur dan peningkatan siklus mampu menyebabkan tingkat pertumbuhan kegagalan delaminasi semakin besar.

Diharjo (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh kandungan dan ukuran serbuk genteng sokka terhadap ketahanan bakar komposit geopolimer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Penambahan kandungan serbuk genteng Sokka, kandungan 40% serbuk genteng Sokka, menyebabkan peningkatan *time of burning* dan penurunan *rate of burning*. Perilaku ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk genteng Sokka mampu meningkatkan ketahanan bakar komposit SGS-*ripoxy* R-802.

Dari hasil penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan material *montmorillonite* akan menyebabkan kekuatan tarik dan ketahanan panas material akan bertambah. Tetapi jika material diberi perlakuan siklus termal, maka kekuatan tariknya akan menurun seiring dengan semakin banyaknya jumlah siklus termal. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis siklus thermal terhadap sampel uji komposit bermatrik polyester berpenguat serat kenaf anyam dengan aditif partikel *montmorillonite* dengan tujuan meningkatkan sifat mekanik komposit terhadap perubahan temperatur yang drastis .

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh variasi fraksi berat aditif *montmorillonite* pada komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam terhadap nilai kekuatan tariknya?
2. Bagaimanakah pengaruh perlakuan siklus termal terhadap kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam menggunakan aditif partikel *montmorillonite*?
3. Bagaimanakah morfologi komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam menggunakan aditif partikel *montmorillonite* sebelum diberi perlakuan

siklus termal, setelah diberi perlakuan siklus termal, dan setelah dilakukan pengujian tarik?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Tidak membahas tentang konduktivitas termal material komposit.
2. Perlakuan siklus termal dianggap seragam.
3. Temperatur yang diterima benda uji dianggap seragam.
4. Menggunakan serat kenaf anyam siap pakai

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 kenaf anyam terhadap nilai kekuatan mekaniknya.
2. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan siklus termal terhadap kekuatan mekanik komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam menggunakan aditif partikel *montmorillonite*.
4. Untuk mengetahui kondisi morfologi komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam menggunakan aditif partikel *montmorillonite* sebelum diberi perlakuan siklus termal, setelah diberi perlakuan siklus termal, dan setelah dilakukan pengujian tarik.

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penulisan karya ilmiah ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam dengan penambahan aditif partikel *montmorillonite* setelah dilakukan perlakuan siklus termal.
2. Memberikan keragaman penelitian masalah komposit dengan bahan terbaru kepada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang mempunyai sifat mekanik lebih kuat dari material pembentuknya. Komposit terdiri dari dua bagian yaitu matrik sebagai pengikat atau pelindung komposit dan *filler* sebagai pengisi komposit (Kusumastuti dalam Kartini, 2009).

Menurut Sugeng *et al* (1990) komposit dapat diartikan sebagai dua atau lebih bahan atau material yang dikombinasikan menjadi satu, dalam skala makroskopik, sehingga menjadi satu kesatuan. Dengan kata lain, secara mikro, material komposit dapat dikatakan sebagai material yang heterogen. Sedangkan dalam skala makro, material tersebut dianggap homogen.

Dari pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa komposit adalah bahan yang dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

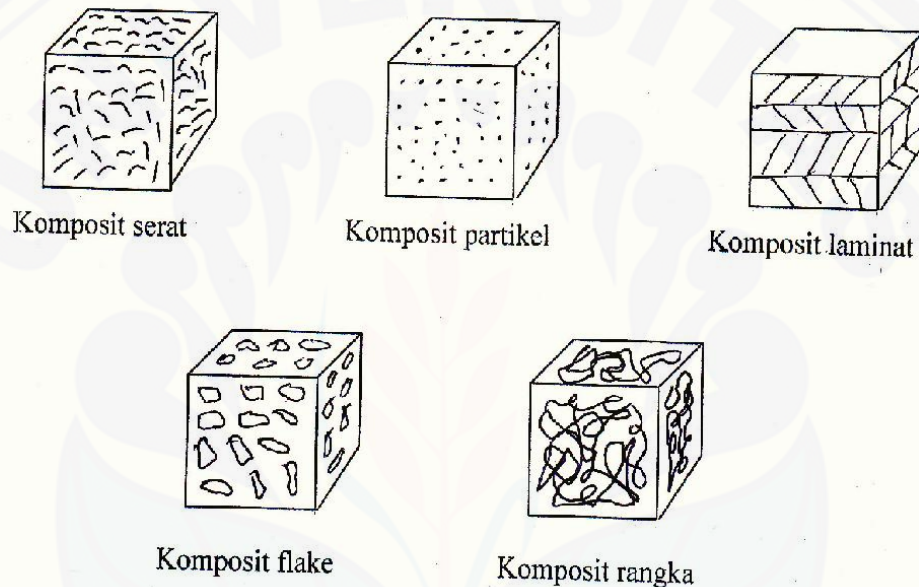
1. Penguat (*reinforcement*), yang mempunyai sifat kurang *ductile* tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matriks, umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah (dalam Marlin *et al*, 2013).

Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat jelas, sedangkan pada *alloy*/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. Sifat-sifat yang dapat diperbaharui antara lain; kekuatan (*strenght*), kekakuan (*stiffness*), ketahanan korosi (*corrosion resistance*), ketahanan gesek/aus (*wear resistance*), berat (*weight*), meningkatkan konduktivitas panas dan tahan lama.

Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Jenis bahan-bahan penyusun.
2. Bentuk geometris dan struktur bahan penyusun.
3. Rasio perbandingan bahan-bahan penyusun.
4. Orientasi bahan penyusun.
5. Proses pembuatan (Pradana, 2014).

Komposit merupakan gabungan dari resin (matriks) dengan penguat yang bisa berupa *continous fibers*, *discontinues fibers*, *particle*, dan *fabric*. Jenis –jenis komposit tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jenis-jenis penguat dari material komposit
(Sumber : Literatur Universitas Sumatera Utara).

2.2 Komposit Serat Alam

Setelah ditemukan berbagai macam serat sintetis yang dibuat secara kimiawi, kini para ilmuwan berlomba-lomba beralih melakukan penelitian pada serat alam. Para ilmuwan mulai meneliti sifat-sifat alami dan melakukan uji mekanis terhadap serat-serat alam yang ada. Penelitian dilakukan setelah diketahui kelemahan-kelemahan yang terdapat pada serat sintetis, yaitu diantaranya; harganya yang relatif mahal, tidak dapat terdegradasi secara alami, beracun dan jumlahnya yang terbatas. Oleh karena itu para ilmuwan berusaha

meneliti dan menemukan serat alam pengganti serat sintetis yang memiliki sifat antara lain; mudah didapatkan, dapat terurai secara alami, harganya yang murah dan tidak beracun, namun memiliki kekuatan mekanis yang sama atau lebih baik dari serat sintetis (Yudho *et al*, 2008). Gambar 2.2 merupakan gambar tentang material komposit yang dimana fibernya berasal dari serat alam.



Gambar 2.2 Material komposit serat alam (Sumber : Sentosa, 2015).

Pada komposit, serat merupakan komponen utama selain matriks, sehingga komposisi antara serat dan matriks merupakan faktor penting dalam menentukan karakteristik kekuatan komposit yang akan dihasilkan. Perbandingan tersebut dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) (Pratama *et al*, 2014). Hariyanto (2011) dalam penelitiannya dengan serat kenaf membuktikan, semakin besar fraksi volume maka semakin besar juga kekuatan tariknya, tetapi hasilnya yang lain yaitu dengan serat rayon membuktikan ada kalanya juga kekuatan tarik turun walaupun fraksi volume meningkat, hal ini dikarenakan apabila fraksi matriks yang terlalu kecil mengakibatkan ikatan matriks dengan serat berkurang juga.

Selain memiliki keuntungan secara ekonomis dan pelestarian terhadap lingkungan, serat alam disisi lain juga memiliki potensi yang besar karena beberapa penelitian serat alam memiliki potensi yang bisa disejajarkan dengan serat sintetis. Bahkan untuk material tertentu serat alam dapat mengungguli serat sintesis (Arsene *et al* dalam Tantowi, 2014).

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. Resin jenis 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).

Tabel 2.1 Sifat mekanik polyester

Sifat mekanik	ASTM	Unit	Nilai
<i>Spesific gravity</i>	D 792	-	1,10-1,20
<i>Elongation</i>	D 3039	%	1,5
<i>Tensile strenght</i>	D 3039	N/m ²	55.152
<i>Flexural strenght</i>	D 790	N/m ²	93.069
<i>Compressive strenght</i>	D 695	N/m ²	151.668
<i>Tensile elastic modulus (Young's modulus)</i>	D 3039	10 ⁵ N/m ²	35,30
<i>Flexural modulus</i>	D 790	N/m ²	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 temperatur kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang akan digunakan adalah resin dengan nomer seri produksi 157 BQTN-EX (Ariawan, 2008). Resin polyester (Yukalac 157 BQTN-EX) digunakan sebagai bahan matriks dengan sifat densitas 1,215 g/cm³, titik leleh 170°C dengan

serapan air 0,118% (24 jam), *tensile strength* 5,5 kg/mm² dan perpanjangan putus 1,6% (Mashuri, 2007).

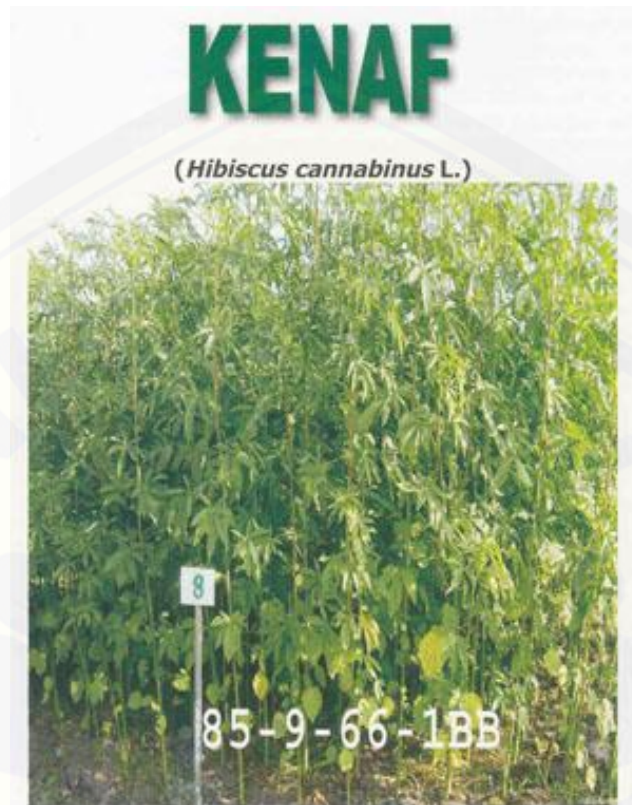
Polyester ini merupakan jenis Ortho-phthalic Resin dan sangat populer di bidang pembuatan kapal di Indonesia. Bidang aplikasi lainnya antara lain: tangki, alat saniter, ornamen dan lain-lain. YUKALAC® 157 BQTN-EX ber-sertifikat LR Register & FDA (Justus, 2011). Ortho-phthalic Resin dapat bekerja dengan baik pada temperatur sedang hingga rendah dan sering digunakan karena harganya yang murah (Pepper, 2012).

Bahan tambahan utama adalah katalis (*Hardener*). Jenis katalis untuk resin *polyester* yaitu *Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO)*. Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan cairan resin (*curing*). Semakin banyak katalis reaksi curing akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas pada saat curing bisa merusak produk yang akan dibuat yaitu menjadikan bahan komposit getas atau rapuh. Oleh karena itu pemberian katalis dibatasi 1% samapi 2% dari berat resin (Wibowo, 2014).

2.4 Serat Kenaf

Sudjindro (2008) mengatakan bahwa tanaman kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), di Indonesia sudah dikembangkan sejak tahun 1979/1980 yang terkenal dengan program ISKARA (Intensifikasi Serat Karung Rakyat). Pada waktu itu serat kenaf, rosela, dan yute hanya digunakan untuk bahan baku industri karung goni. Arah pengembangan kenaf selanjutnya adalah pada lahan marjinal dimana tidak akan menggeser keberadaan tanaman pangan utama seperti padi dan jagung. Disamping itu juga untuk memberdayakan lahan marjinal dan meningkatkan pendapat petani di daerah marjinal. Saat ini tinggal kenaf yang berkembang di Indonesia dan pemanfaatannya untuk bahan baku industri (*fibreboard* untuk interior mobil). Tanaman kenaf memiliki daya adaptasi luas sehingga dapat dikembangkan pada berbagai lahan/tanah seperti lahan banjir (Sudjindro *et al.*, 2001b), lahan gambut (Sudjindro *et al.*, 1999; 2001a), lahan tadah hujan/lahan

kering (Setyo-Budi *et al.*, 1998), dan tanah podsolik merah kuning (Marjani *et al.*, 2009).



Gambar 2.3 Tanaman kenaf dan serat yang dihasilkan
(Sumber : <http://www.litbang.pertanian.com>).

Gambar 2.3 merupakan ladang kenaf dan serat yang dihasilkan dari tanaman ini. Umur tanaman kenaf berkisar 70–150 hari tergantung macam varietas dan kondisi lingkungan tumbuhnya. Produktivitas kenaf dapat mencapai 2,0–4,0 ton serat kering/ha tergantung varietas dan lingkungan tumbuhnya. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas) di Malang telah memiliki beberapa varietas unggul yang kurang terpengaruh oleh fotoperiodisitas, seperti KR 9, KR 11, KR 12, KR 14, dan KR 15 (Sudjindro dan Marjani, 2009).

Menurut Shamsuddin dan van der Vossen (2003) sel serat kenaf memiliki panjang antara 1,5–12 mm dan lebar antara 7–41 μm . Rata-rata tebal dinding sel antara 4–9 μm dan lebar lumen antara 7–13 μm . Serat kenaf mengandung 44–62% α -selulose, 14–20% hemiselulose, 4–5% pektin, 6– 9% lignin, dan 0–3 % abu.

Secara umum serat kenaf dapat dibuat pulp dan kertas, lebih kuat daripada pulp kayu lunak lainnya, sedangkan pulp dari seluruh batang kenaf mempunyai kekuatan berada di antara pulp kayu lunak dan pulp kayu keras (Sudjindro, 2011).

Tabel 2.2 Hasil penelitian serat kenaf dengan perlakuan panas (Du *et al*, 2009).

Pemanasan (Jam)	Kekuatan Tarik (MPa)				
	110°	130°	150°	170°	190°
3	136,5	162,6	140,1	147,8	49,7
6	214,0	173,2	152,7	133,1	72,8
9	176,6	166,7	146,3	91,3	41,4

Tabel 2.3 Kekuatan tarik serat kenaf dengan perlakuan panas (Khalid *et al*, 2011).

Pemanasan (Jam)	Kekuatan Tarik (MPa)		
	20°	50°	100°
8	123,82	106,08	58,95
24	110,28	72,48	58,95

Tabel 2.4 Sifat fisik dari serat kenaf (Osman *et al*, 2012).

Fiber	Serat Kenaf
<i>Density</i> (g/cm ³)	1,04-1,5
<i>Tensile strength</i> (MPa)	110-930
<i>Young modulus</i> (MPa)	4,3-53
<i>Fiber diameter</i> (mm)	0,24-0,14
<i>Fiber length</i> (mm)	1-60

Untuk melakukan penelitian ini serat kenaf didapat dari karung goni yang didapat dari PT. Global Agrotek Nusantara. Serat kenaf anyam yang akan digunakan dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Serat kenaf anyam
(Sumber : <http://www.karunggoni.com>).

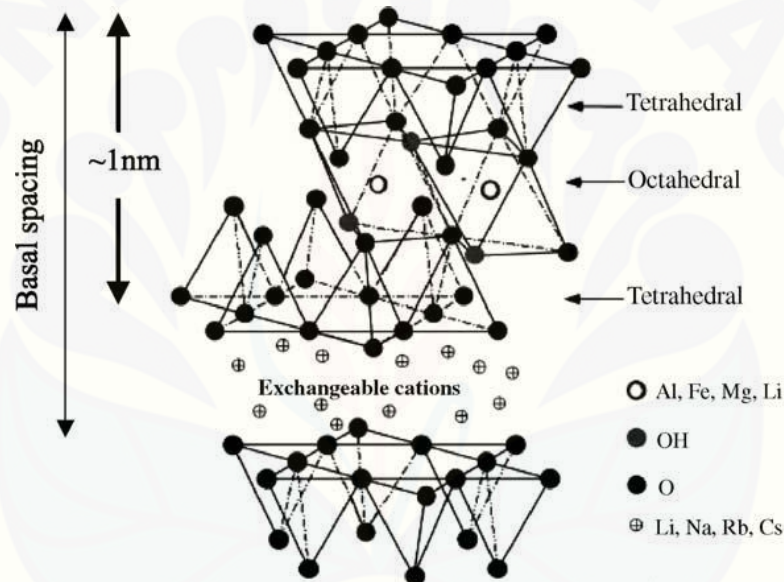
2.5 Montmorillonite (MMT)

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 silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Kandungan silika 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 (Roy dalam Diharjo *et al*, 2012). Selain itu, MMT dapat meningkatkan kekuatan tarik dari material komposit.

Montmorillonite biasa disebut dengan bentonit. Bentonit atau *clay* adalah istilah yang digunakan untuk sejenis lempung yang mengandung mineral *montmorillonite*. Pada tahun 1960 Billson mendefinisikan bentonit sebagai mineral lempung yang terdiri dari 85% *montmorillonite* dan mempunyai rumus kimia $(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot x H_2O)$. Nama *montmorillonite* ini berasal dari jenis lempung plastis yang ditemukan di *Montmorillonite*, Perancis pada tahun 1847 (Labaik dalam Barleany *et al*, 2011). Struktur kristal *montmorillonite* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur kristal MMT (Sumber : Barleany *et al*, 2011).

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 (Diharjo *et al*, 2012). Dalam pembuatan zat aditif *montmorillonite* dilakukan dengan menghancurkan genteng dengan

menumbuknya sampai ukuran $\leq 297 \mu\text{m}$ atau mesh ≤ 50 (Nasiruddin, 2014).

Dalam penelitian ini MMT dihasilkan dari material yang berasal dari genteng yang dihaluskan dengan ditumbuk menggunakan alu. Genteng yang digunakan adalah genteng Sokka yang dibuat oleh pabrik genteng Sinar Sokka dari Kebumen, Jawa Tengah. Gambar 2.6 menunjukkan jenis genteng dan juga material MMT yang dihasilkan dari genteng tersebut.



Gambar 2.6 Genteng yang digunakan dan MMT yang dihasilkan
(Sumber : Nasiruddin, 2014).

2.6 Siklus Thermal

Siklus thermal merupakan suatu perlakuan yang dilakukan pada suatu material dimana material tersebut diberi temperatur yang tinggi yang kemudian temperatur yang tinggi tersebut diturunkan secara ekstrim dengan pemberian temperatur yang 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 suatu material jika diberi perlakuan thermal yang ekstrim.

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 temperatur yang lebih rendah diantara 100°C - 200°C ,

FRP akan mengalami pelunakan, creep dan terdistorsi yang menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur. Ketika diberi temperatur 300°C-500°C, matriks polimer terdekomposisi, melepaskan panas dan gas beracun (Yousif, 2013).

Sifat hambatan panas bahan komposit sangat dibutuhkan untuk aplikasinya sebagai isolator thermal. Penggunaan material partikel tahan panas pada komposit diharapkan dapat meningkatkan hambatan thermal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan partikel *montmorillonite* mampu meningkatkan hambatan panas komposit matrik bisphenolic. Pada kadar partikel 10% dan 50% (v/v), komposit secara berurutan memiliki hambatan panas $0,807 \times 10^{-2}$ K/W dan $0,939 \times 10^{-2}$ K/W. Hambatan panas untuk komposit dengan ukuran partikel 125-177 μm dan $< 74 \mu\text{m}$ masing-masing adalah $0,725 \times 10^{-2}$ K/W dan $0,888 \times 10^{-2}$ 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* 2013).

Hasil penelitian Hariyanto (2011) menunjukkan bahwa pengujian bending yang dilakukan pada komposit sandwich yang telah mengalami perlakuan siklus thermal menunjukkan bahwa tegangan *bending* komposit *sandwich* mengalami penurunan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan siklus. Sebesar 35.5 MPa pada temperatur ruang 35°C dengan siklus 0x sebagai pembanding. Pada temperatur ruang 75° C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut sebesar 20.9 MPa, 13.8 MPa, 11.9 MPa. Pada temperatur ruang 125°C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut sebesar 34.7 MPa, 12.4 MPa, 20.8 MPa. Pada temperatur ruang 175° C dengan siklus 25x; 75x; dan 125x berturut-turut sebesar 35.5 MPa, 27.2 MPa, 14.3 MPa. Defleksi bending komposit *sandwich* mengalami peningkatan secara signifikan bersamaan dengan peningkatan temperatur dan 3 peningkatan siklus. Pengaruh peningkatan temperatur dan peningkatan siklus mampu menyebabkan tingkat pertumbuhan kegagalan delaminasi semakin besar.

2.7 Sifat Material Terhadap Panas

Dari beberapa sifat yang ada, perubahan sifat akibat perubahan temperatur adalah salah satu sifat yang menarik untuk diamati. Secara umum, polimer mempunyai kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur bila dibandingkan dengan bahan logam. Kepekaan terhadap perubahan temperatur ini disebabkan oleh rendahnya temperatur transisi gelas (*glass transition temperature*) polimer, yang pada umumnya hanya berada di bawah 100°C. Temperatur transisi gelas ini merupakan temperatur perubahan struktur polimer yang menyebabkan terjadinya perubahan sifat yang sangat besar (Kumar, 1998).

Sebagai contoh, di bawah temperatur transisi gelas suatu polimer dapat bersifat keras dan rapuh, tetapi di atas temperatur tersebut polimer tersebut berubah menjadi lunak dan ulet. Kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur itu juga dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk mengubah bentuk polimer sesuai dengan yang dikehendaki tanpa mengubah sifat mekanisnya secara signifikan. Sekalipun demikian, secara teoritis proses pemanasan dan perubahan bentuk itu akan berpengaruh pada sifat mekanisnya. Sekecil apapun pengaruh tersebut akan menimbulkan perbedaan kinerja alat yang menggunakan bahan polimer itu (Umam).

Sifat hambatan panas bahan komposit sangat dibutuhkan untuk aplikasinya sebagai isolator thermal. Penggunaan material partikel tahan panas pada komposit diharapkan dapat meningkatkan hambatan thermal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kandungan partikel *montmorillonite* mampu meningkatkan hambatan panas komposit matrik bisphenolic. Pada kadar partikel 10% dan 50% (v/v), komposit secara berurutan memiliki hambatan panas $0,807 \times 10^{-2}$ K/W dan $0,939 \times 10^{-2}$ K/W. Hambatan panas untuk komposit dengan ukuran partikel 125-177 μm dan $< 74 \mu\text{m}$ masing-masing adalah $0,725 \times 10^{-2}$ K/W dan $0,888 \times 10^{-2}$ 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.*, 2013). Tapi Tran Doang Hung (2011) mengatakan bahwa pada

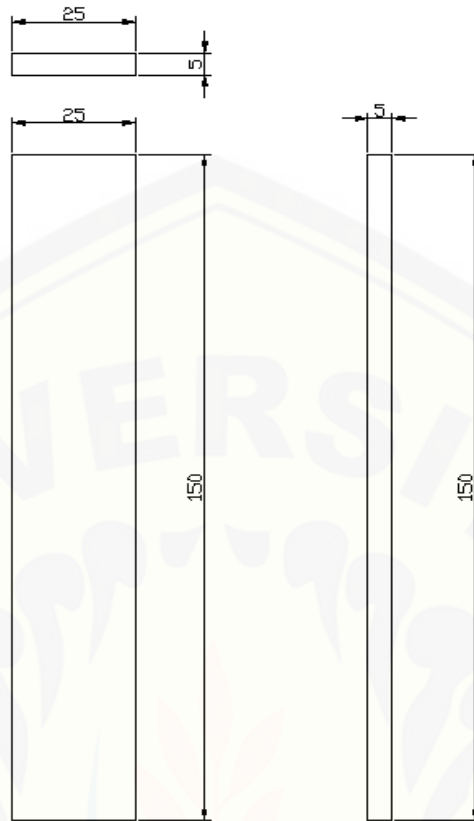
umumnya matrik komposit berasal dari bahan organik tidak dapat bekerja pada paparan temperatur di atas 200°C (Nasiruddin, 2014).

Siklus thermal dapat menyebabkan bahan matrik menjadi getas atau retak. Perubahan sifat pada bahan serat dan bahan matrik yang diakibatkan oleh pembebanan siklus thermal menyebabkan perubahan sifat fisik dan mekanik pada bahan komposit (Widyanto *et al*, 2004). Variasi temperatur yang semakin meningkat pada siklus thermal dapat menurunkan kekuatan mekanik komposit, hal ini sesuai dengan penelitian Karso, T., 2012, yang menunjukkan bahwa kekuatan tarik serat karbon berkurang secara signifikan dengan peningkatan temperatur dari 16, 30, 55, 80, 120, 160 sampai 200°C, pada temperatur tinggi hibridisasi serat mampu mengurangi penurunan kekuatan tarik komposit CFRP.

Selain itu, semakin besar temperatur uji, maka kekuatan mekanik spesimen akan mengalami penurunan karena pengaruh kelembaban. Kelembaban juga akan mengakibatkan bertambahnya absorbs air, akibatnya akan menaikkan regangan patah. Pada spesimen juga akan terjadi *pull-out fiber* yang sangat mendominasi karena pada ikatan antara resin dengan serat menurun disebabkan karena spesimen mengalami perubahan fase dari padat menuju fase cair yang mengakibatkan ikatan antar muka antara resin *polyester* dengan serat menjadi melemah (dalam Wibowo, 2014).

2.8 Pengujian Tarik Material Komposit

ASTM D 3039 merupakan standard pengujian sifat tarik pada Komposit bermatrik polimer. 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 (Nasiruddin, 2014). Gambar 2.7 merupakan dimensi spesimen yang digunakan dalam pengujian tarik



Gambar 2.7 Dimensi spesimen uji tarik.

Perhitungan *ultimate tensile strength* menggunakan persamaan berikut ini:

Dimana :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

keterangan :

σ : angka uji tarik (N/mm^2)

F : beban maksimum sebelum kegagalan (N)

A : luasan spesimen (mm^2)

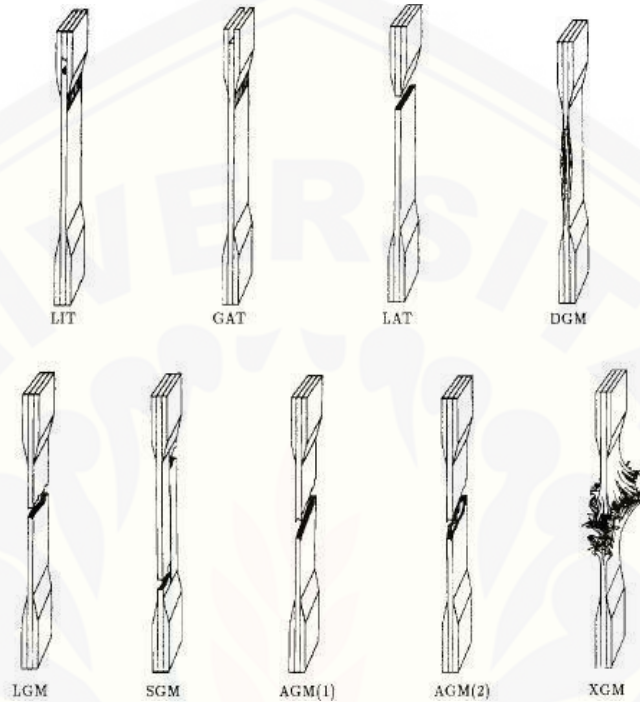
ϵ : regangan

ΔL : selisih panjang pada saat diuji tarik (mm)

L_0 : panjang awal spesimen (mm)

2.9 Pengujian Makro Material Komposit

Pada pengujian makro, material komposit difoto dengan menggunakan kamera. Gambar 2.8 merupakan jenis patahan yang terjadi akibat pengujian tarik.



Gambar 2.8 Patahan yang terjadi akibat pengujian tarik
(Sumber : ASTM D3039).

Pengujian makro ini dilakukan untuk mengetahui jenis patahan dan bagaimana morfologi dari patahan dengan mata telanjang sebelum diberi perlakuan siklus thermal, setelah diberi perlakuan siklus thermal, dan setelah dilakukan pengujian tarik.

2.10 Hipotesa

2.10.1 Variasi Fraksi Kadar MMT Terhadap Sifat Mekanik

Hipotesis pertama pada penelitian ini adalah penambahan persentase fraksi berat *montmorillonite* sebanyak 30%, 40% dan 50% akan menyebabkan sifat mekanik dari material akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *montmorillonite*. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan yang terbentuk

antara penguat, MMT dan serat kenaf yang akan meningkatkan juga kekuatan tariknya.

2.10.2 Variasi Banyaknya Siklus Thermal Terhadap Sifat Mekanik

Hipotesis kedua pada penelitian ini adalah semakin banyak siklus thermal yang dilakukan, maka sifat mekanik dari material akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena spesimen mengalami kelelahan thermal akibat terkena temperatur yang berubah ubah.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah penggabungan antara eksperimen di lapangan dan pengkajian studi literatur dari berbagai sumber baik dari buku, jurnal yang ada di perpustakaan maupun internet.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan April s/d Juni 2015 di Laboratorium Uji Bahan dan Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari dua macam, yaitu :

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain, variabel bebas dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Variabel bebas

Kadar/w (%)	Jumlah/x(kali)			
	0 (x_0)	25 (x_1)	55 (x_2)	85 (x_3)
30% (w_1)	$w_1 x_0$	$w_1 x_1$	$w_1 x_2$	$w_1 x_3$
40% (w_2)	$w_2 x_0$	$w_2 x_1$	$w_2 x_2$	$w_2 x_3$
50% (w_3)	$w_3 x_0$	$w_3 x_1$	$w_3 x_2$	$w_3 x_3$

Keterangan : Setiap variabel dilakukan 6 kali pengulangan spesimen

3.2.2 Variabel Terikat

Variabel ini dipengaruhi oleh variabel lain, variabel ini disebut juga variabel tergantung. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini berlangsung antara lain:

Alat :

1. Universal Machine Testing Merk ESSOM TM 113 30 kN.
2. Oven merk Kirin KBO-90M, dengan spesifikasi :
 - a. Model : KBO-90M
 - b. Voltase : AC-220V
 - c. Frekuensi : 50/60 Hz
 - d. Daya : 600 Watt
 - e. Kapasitas : 9 liter
 - f. Berat bersih : 2,8 Kg
 - g. Berat kotor : 3,2 Kg
3. *Refrigerator* merk national NR-S14C
4. Ayakan mesh 50 (ayakan tepung).
5. Cetakan Komposit dari Kaca, Plastik Astralon, Plastisin dan Margarin
6. Penggaris
7. Palu dan lumpang besi
8. Timbangan digital
9. Kamera 13 MP, resolusi 4128 x 3096 pixels (spesifikasi lihat lampiran)
10. Mikroskop Olympus U-MSSP4 dengan perbesaran 40x, 100x dan 200x.
11. Pencekam khusus komposit polimer
12. *Cutter* dan Gunting
13. Gerinda Tangan.

Bahan :

1. Serat kenaf anyam.
2. Resin polyester Yukalac BQTN –EX 157
3. Partikel *Montmorillonite*
4. Hardener.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Langkah-langkah pembuatan sampel

1. Sampel dibuat dengan menggunakan cetakan yang terbuat kaca dengan ukuran yang sesuai dengan standart ASTM.
2. Potong serat kenaf sesuai dengan standart ASTM D 3039 untuk ukuran sampel uji tarik.
3. Membuat partikel *montmorillonite* dengan menumbuk genteng dengan lumpang besi lalu ayak dengan ayakan tepung untuk mendapatkan mesh berukuran ≥ 50 .
4. Ukur dan timbang resin sesuai kebutuhan, tambahkan katalis (hardener) 1%, dan timbang *montmorillonite*. Kemudian campur resin, katalis dan *montmorillonite* dengan persentase sesuai dengan rencana. Aduk sebanyak 100 kali saat pencampuran resin dan katalis, lalu aduk 60 kali saat pencampuran resin-katalis dengan *montmorillonite*.
5. Untuk memudahkan melepaskan material komposit dengan cetakan, lapisi cetakan dengan plastik astralon. Tuang campuran matriks ke dalam cetakan sampai ketebalan 3 mm, kemudian letakkan serat kenaf di atasnya, setelah itu tuangkan lagi matriks ke dalam cetakan. Tutup cetakan dengan plastik astralon. Pastikan tidak terjadi rongga udara (void) saat menutup cetakan.
6. Tunggu hingga setengah hari, kemudian lepaskan hasil cetakan dari cetakan. Potong pada sisi kiri dan kanan yang berlebih pada komposit dengan menggunakan gerinda tangan.
7. 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 Thermal

Sebuah sampel komposit dilakukan perlakuan siklus thermal dengan meletakkan sampel ke dalam *microwave* dengan temperatur 100° C selama 10 menit. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam *referigerator* (pendingin) dengan

temperatur 0° C selama 10 menit dengan waktu penahanan pada temperatur ruang selama 10 menit. Hal ini dilakukan terus menerus secara berulang-ulang dan membentuk suatu siklus. Yang disebut satu siklus thermal adalah ketika sampel masuk ke dalam *microwave* dan masuk lagi ke dalam *refrigerator*. lakukan siklus tersebut sebanyak 0x, 25x, 55x, dan 85x (sesuai dengan variabel yang ditentukan).

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) dan microsoft excel (untuk membuat grafik) (Nasiruddin, 2014).

3.5 Rencana 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:

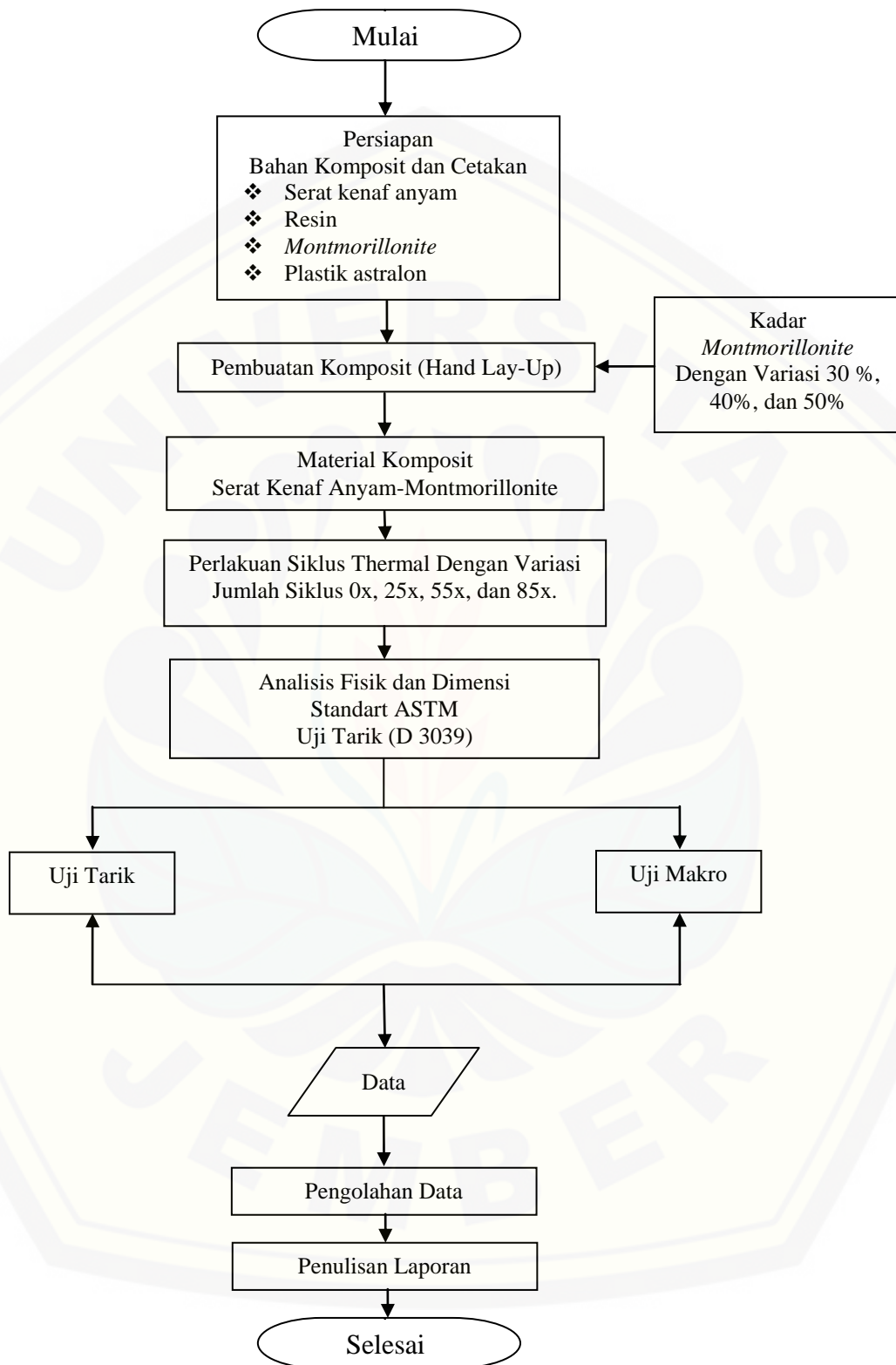
1. Analisis pengaruh variasi fraksi berat aditif *montmorillonite* pada komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf terhadap nilai kekuatan mekanik.
2. Analisis pengaruh banyaknya perlakuan siklus thermal terhadap kekuatan mekanik komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf menggunakan aditif partikel *montmorillonite*.

3. Analisis kondisi morfologi komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf menggunakan aditif partikel *montmorillonite* sebelum diberi perlakuan siklus termal, setelah diberi perlakuan siklus termal, dan setelah dilakukan pengujian. Bertikut di bawah ini adalah tabel pengujian tarik dari spesimen.

Tabel 3.2 Tabel nilai pengujian uji tarik

Nilai Pengujian Tarik (Mpa)				
Kadar MMT (%)	Jumlah Siklus			
	0	25	55	85
30%				
40%				
50%				

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.7 Rencana Jadwal Penelitian

Adapun rencana jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel 3.3 Jadwal rencana penelitian

No	Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																				
2	Penyusunan Proposal																				
3	Pelaksanaan Penelitian																				
4	Analisis Data																				
5	Penyusunan Laporan																				

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

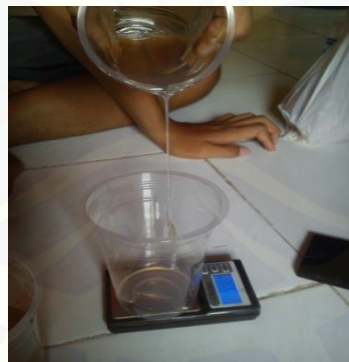
4.1 Proses Pengujian Spesimen

4.1.1 Pembuatan Spesimen

Proses pertama yang dilakukan adalah persiapan bahan. Genteng sokka yang merupakan bahan partikel MMT ditumbuk dengan menggunakan alu kemudian disaring dengan ayakan mesh 50 seperti pada Gambar 4.1. Kemudian serat kenaf dipotong sesuai dengan ukuran spesimen yakni 160 mm x 30 mm. Setelah itu persiapan bahan berupa menimbang resin, MMT dan hardener seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Penimbangan matriks dilakukan dengan rasio berat masing-masing yang mengacu pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Partikel MMT disaring dengan ayakan mesh 50.



Gambar 4.2 Penimbangan bahan.

Tabel 4.1 Rasio pencampuran matriks per spesimen

Bahan	0%	30%	40%	50%
Resin (gr)	34,65	34,5	29,5	24,5
Hardener (gr)	0,35	0,5	0,5	0,5
MMT (gr)	-	15	20	25

Cetakan yang digunakan menggunakan kaca yang mempunyai ukuran alas 33 x 18 cm, sedangkan ukuran sekatnya 15 x 1 cm dengan satu kali pencetakan menghasilkan 8 spesimen. Cetakan berupa kaca yang dapat dibongkar pasang dan dalam pemasangannya direkatkan dengan *double tape*. Untuk mengetahui berat matriks yang dibutuhkan dalam satu cetakan, hanya dengan mengalikan angka rasio berat pada Tabel 4.1 dengan jumlah spesimen per cetakan. Akan tetapi dalam pembuatan adonan matriks, diperlukan matriks yang lebih sehingga dibutuhkan 500 gr matriks untuk membuat satu cetakan. Dalam pengadukan, resin dan hardener dicampur terlebih dahulu, kemudian diaduk sebanyak 100x, kemudian MMT ditambahkan dan diaduk sebanyak 60x.

Proses selanjutnya adalah proses penuangan matriks ke spesimen, akan tetapi terlebih dahulu alas dari cetakan dilapisi plastik astralon agar tidak lengket saat pelepasan. Penuangan matriks dilakukan sampai matriks mengisi cetakan dengan ketinggian 3 mm seperti pada Gambar 4.3, kemudian serat kenaf ditaruh di atasnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Serat kenaf ditekan rata agar serat turun ke bawah dan basah oleh matriks. Setelah itu matriks dituang lagi sampai adonan matriks melebihi cetakan, dengan tujuan agar dalam penutupan cetakan dengan plastik astralon tidak terjadi *void* pada permukaan spesimen. Setelah matriks dituang, cetakan ditutup dengan plastik astralon, kemudian ditekan dengan kaca seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Setelah itu cetakan diberi beban di atasnya dengan tujuan agar spesimen tidak melengkung.



Gambar 4.3 Penuangan matriks.



Gambar 4.4 Penambahan serat kenaf pada matriks.



Gambar 4.5 Proses dimana cetakan ditutup dengan kaca.

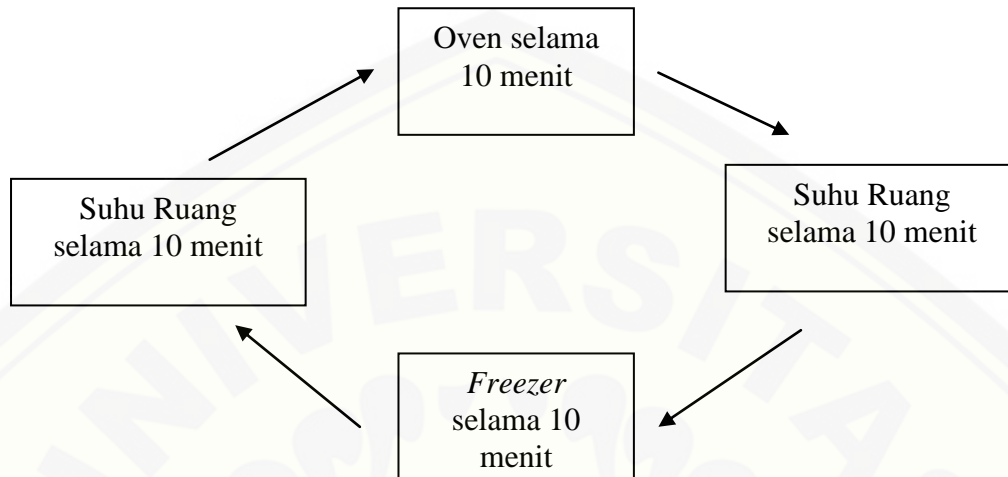
Spesimen didiamkan selama 12 jam agar matriks kering dengan sempurna. Setelah itu cetakan dibongkar dan spesimen dengan dimensi 160 x 30 x 5 mm sudah terbentuk. Karena dalam ASTM D3039 spesimen uji tarik harus mempunyai dimensi 150 x 25 x 5 mm, maka dilakukan proses finishing dengan memotong spesimen sesuai dimensi ASTM D3039 dengan menggunakan gerinda tangan. Gambar 4.6 menunjukkan proses pelepasan spesimen dari cetakan dan proses finishing spesimen.



Gambar 4.6 Proses pelepasan spesimen dari cetakan dan proses finishing.

4.1.2 Perlakuan Siklus Thermal

Proses siklus thermal dilakukan dengan menempatkan spesimen pada suhu yang berubah ubah. Perlakuan siklus thermal dapat dijelaskan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perlakuan siklus thermal.

Dalam proses siklus thermal, dilakukan pengukuran suhu secara real time dengan menggunakan thermokopel. Kabel thermokopel yang telah tersambung dengan thermoreader dilekatkan pada permukaan spesimen yang kemudian dilakukan pengukuran suhu secara realtime pada saat proses siklus thermal terjadi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa mampu panas yang dapat diterima oleh spesimen. Pengukuran ini dilakukan pada spesimen fraksi berat 30% dan 50% MMT pada awal siklus thermal, pertengahan siklus thermal dan akhir siklus thermal.

4.1.3 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan dengan menyiapkan pencekam khusus untuk komposit. Benda dicekam dengan alat pencekam tersebut, dan kemudian dilakukan pengujian dengan alat uji tarik universal machine testing merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN yang dimana sebelumnya telah dikalibrasi agar didapatkan data yang valid. Proses pengujian tarik dapat kita lihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pencekam spesimen untuk uji tarik dan proses pemasangan spesimen pada alat uji tarik.

Terdapat 2 *display* yang ada pada alat uji tarik ini, dimana *display* pertama menunjukkan besarnya gaya maksimum yang terjadi, dan *display* kedua menunjukkan besarnya perubahan panjang dari spesimen. Gaya maksimum yang digunakan adalah angka paling tinggi yang muncul pada *display* alat uji. Agar tidak terjadi kesalahan dalam menentukan gaya maksimum karena angka pada *display* yang berubah-ubah, maka selama pengujian tarik berlangsung *display* gaya direkam menggunakan kamera agar dapat dilakukan peninjauan kembali dalam menentukan gaya maksimum yang terjadi. Setelah pengujian tarik sudah selesai, kemudian dilakukan perhitungan nilai kekuatan tarik. Contoh perhitungan nilai kekuatan tarik dari salah satu spesimen dapat dilihat pada contoh berikut ini :

Contoh :

- 1) Diketahui keluaran tertinggi pada komposit polyester-kenaf aditif MMT fraksi berat 30% dengan jumlah siklus 25x sebesar 2.188,82 N. Berapakah kekuatan tarik yang akan didapatkan (MPa) ?

Jawab :

$$F_{\max} = 2.188,82 \text{ N}$$

$$A_0 = 25 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} = 125 \text{ mm}^2$$

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

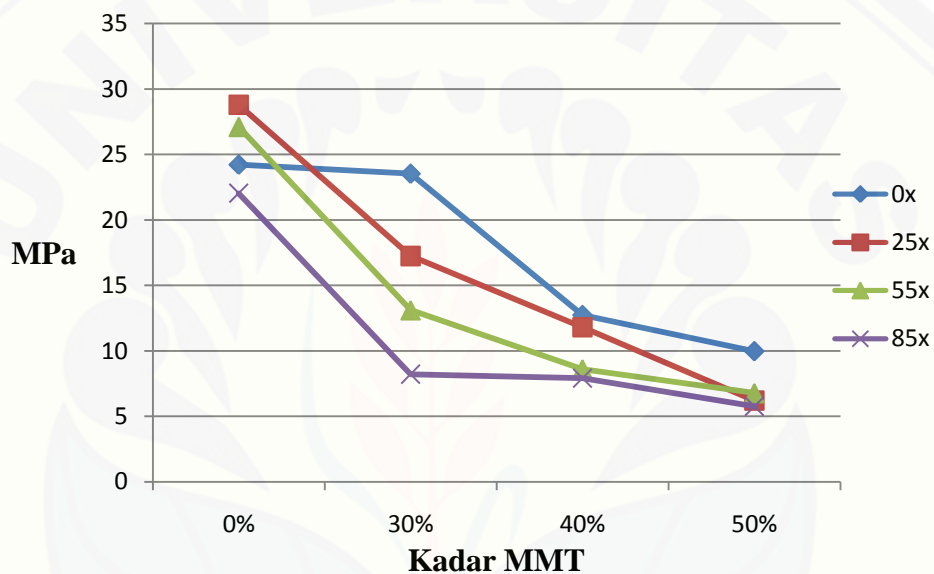
$$= (2.188,82) / 125 \text{ mm}^2$$

$$= 17,12 \text{ N/mm}^2 = 17,12 \text{ Mpa}$$

Jadi, nilai kekuatan tariknya adalah 17,12 MPa

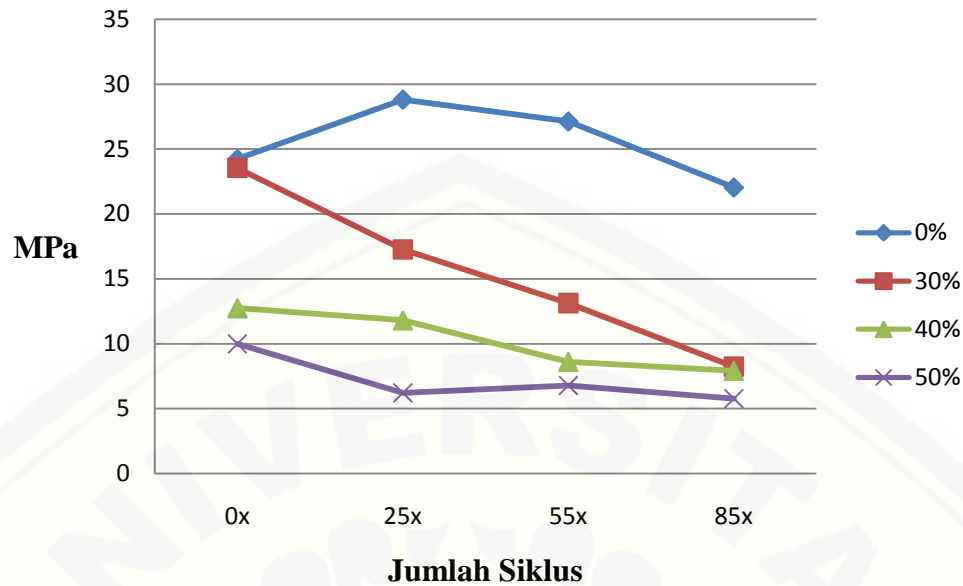
4.2 Data Hasil Pengujian

Bahan uji dan alat uji berdasarkan standar uji material komposit polimer ASTM D 3039. Spesimen yang digunakan adalah komposit polyester-kenaf anyam dengan variasi penambahan berat aditif MMT 30%, 40%, dan 50%. Sebelum pengujian tarik, spesimen diberi perlakuan siklus thermal sebanyak 0x, 25x, 55x, dan 85x siklus. Hasil pengujian dengan variasi kadar berat MMT terhadap nilai kekuatan tarik diperoleh grafik pada Gambar 4.9 berikut :



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan variasi kadar MMT.

Berdasarkan grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan fraksi berat MMT, didapatkan bahwa semakin besar jumlah fraksi MMT, maka kekuatan tarik akan semakin menurun. Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengujian tarik dengan variasi jumlah siklus terhadap nilai kekuatan tarik pada masing-masing kandungan fraksi berat MMT. Dari Gambar 4.10 didapatkan bahwa semakin banyak jumlah siklus yang diberikan kepada spesimen, maka semakin menurun nilai kekuatan tariknya.



Gambar 4.10 Grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan variasi jumlah siklus thermal.

4.3 Pembahasan

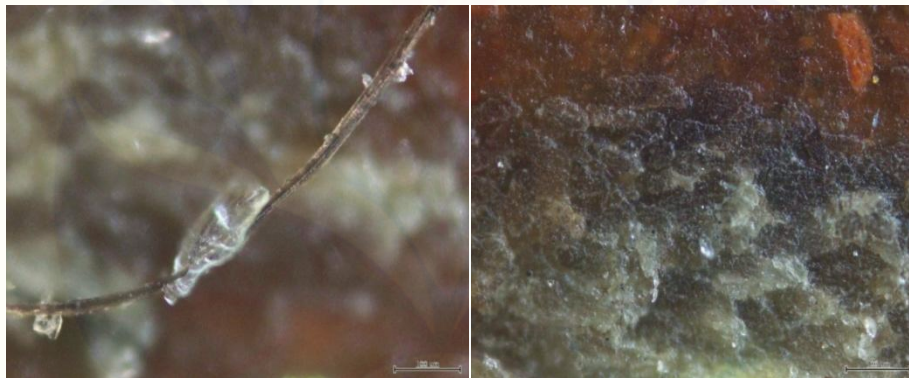
4.3.1. Analisa Variasi Fraksi Kadar Berat MMT Terhadap Sifat Mekanik

Berdasarkan grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan fraksi berat MMT pada Gambar 4.9, didapatkan bahwa semakin banyak fraksi berat MMT yang terkandung, maka kekuatan tariknya semakin menurun. Penurunan tercuram didapat pada 0% ke 30% fraksi berat MMT hingga mencapai selisih rata-rata 13,11 MPa. Kekuatan tarik terkecil didapat pada 50% fraksi berat MMT dengan perlakuan siklus thermal 85x dengan nilai kekuatan tarik mencapai 5,77 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik terbesar didapat pada 0% fraksi berat MMT dengan perlakuan siklus thermal 0x dengan nilai kekuatan tarik mencapai 24,22 MPa.

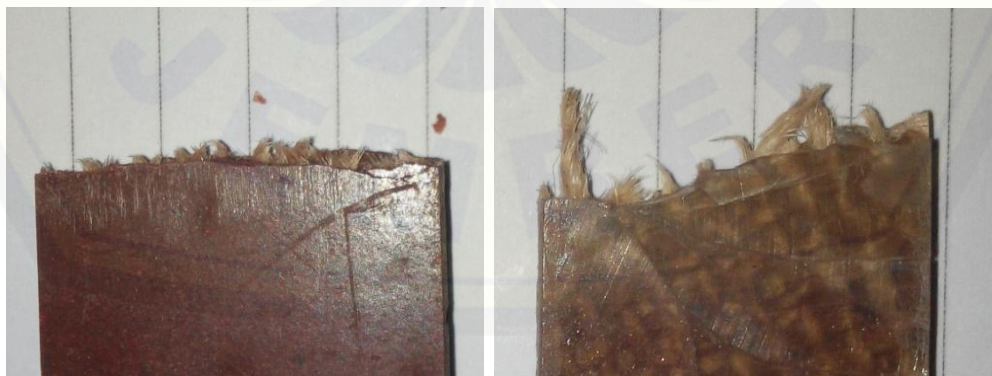
Dalam hipotesa, dikatakan bahwa penambahan fraksi berat *montmorillonite* yang semakin besar akan menyebabkan sifat mekanik dari material akan meningkat. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan hal yang berbeda, dimana kekuatan tarik semakin menurun diiringi presentase berat yang semakin besar. Menurut Sutrisno (2013) kekuatan tarik komposit menurun

dikarenakan ikatan yang terjadi antara matriks dengan penguat lebih baik dibandingkan dengan ikatan resin dengan MMT. Semakin banyak presentasi berat MMT maka akan semakin kecil ikatan yang terjadi antara resin dengan penguat sehingga kekuatan tariknya semakin menurun.

Gambar 4.11 menunjukkan bahwa serat kenaf hanya terbungkus oleh resin, sedangkan tidak terlihat MMT yang mengikat. Hal ini membuktikan bahwa MMT tidak mampu masuk kebagian dalam dari serat kenaf anyam. Akan tetapi terbentuk ikatan yang kuat antara campuran resin MMT dengan bagian pinggir dari serat kenaf. Hal ini berpengaruh pada *pull out* (serat lepas), dimana *pull out* yang terjadi antara komposit 0% MMT lebih panjang dibandingkan dengan komposit dengan berpenambah MMT seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12. Ini membuktikan bahwa MMT membuat ikatan antara resin dengan kenaf menjadi kuat, akan tetapi penambahan MMT akan membuat ikatan antara resin dengan MMT itu sendiri menjadi lemah sehingga kekuatan tariknya menurun.



Gambar 4.11 Resin berikatan dengan serat kenaf perbesaran 200x.



Gambar 4.12 *Pull out* komposit berpenambah MMT dan *pull out* komposit tanpa penambah MMT.

Penurunan nilai kekuatan tarik juga berasal dari jumlah *void* yang ada pada spesimen. *Void* merupakan rongga udara yang terdapat pada spesimen. *Void* terbentuk karena adanya udara yang terjebak pada saat proses pembuatan spesimen, terutama dalam hal penuangan campuran ke cetakan dan juga pada saat proses pengadukan. Selain itu *void* juga berasal dari udara yang terjebak di sela-sela serat kenaf anyam. Semakin besar fraksi berat MMT, maka jumlah *void* yang terdapat pada spesimen juga semakin banyak. Hal ini dibuktikan dengan perhitungan berat secara teoritis dengan perhitungan berat secara aktual dimana selisih berat cenderung semakin besar seiring dengan semakin besar fraksi berat MMT. Tabel 4.2 berikut menunjukkan perubahan berat yang terjadi antara berat secara teoritis dengan berat secara aktual.

Tabel 4.2 Perhitungan berat spesimen secara teoritis dan aktual

Berat (gr)	Kadar Berat MMT			
	0%	30%	40%	50%
Berat Teoritis	22,56	26.56	26.16	27.06
Berat Aktual	21.08	24.02	25.32	24.80



Gambar 4.13 Foto makro yang menunjukkan *void* pada spesimen.

Bentuk dari *void* pada spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.13 dimana *void* terdapat pada bagian dalam spesimen. Dilihat dari segi nilai kekuatan tarik, tentunya spesimen yang memiliki *void* yang banyak akan menyebabkan nilai kekuatan tariknya akan menurun. Hal ini diakibatkan karena luasan penampang tarik yang seharusnya terbentuk, menjadi berkurang akibat adanya *void* tersebut. Selain itu *void* juga sebagai awal retakan pada patahan. Gambar 4.13 merupakan contoh foto makro dari spesimen dimana letak patahan yang terbentuk, yakni

terjadi di titik dimana spesimen tersebut terdapat *void*. Sedangkan pada Gambar 4.14 menunjukkan *void* dengan menggunakan foto mikro.



Gambar 4.14 Foto mikro menunjukkan *void* pada spesimen perbesaran 40x.

Dalam pengujian mikro pada spesimen yang ditunjukkan oleh Gambar 4.16, diketahui bahwa terdapat bagian yang berwarna gelap dan terang. Bagian gelap merupakan gumpalan resin yang kaya dengan MMT atau resin yang dapat tercampur sempurna dengan MMT. Sedangkan butir yang berwarna coklat terang, merupakan gumpalan resin yang miskin MMT atau resin yang tidak dapat tercampur sempurna. Hal ini terjadi karena proses pengadukan yang kurang merata pada saat pembuatan adonan matriks. Semakin banyak kadar MMT, maka semakin besar kemungkinan terjadinya ketidakmerataan MMT yang tercampur oleh resin. Ini dikarenakan jumlah adukan pada saat pembuatan spesimen untuk semua kadar variasi MMT yang dibuat sama, yakni 65 kali adukan. Gambar 4.15 merupakan foto makro spesimen yang menunjukkan adanya perbedaan warna pada penampang patahan setelah diuji tarik.



Gambar 4.15 Foto makro spesimen.



Gambar 4.16 (a) Foto mikro spesimen perbesaran 40x (b) Foto mikro gumpalan resin yang miskin MMT perbesaran 200x.

Meskipun semakin banyak kadar MMT membuat kekuatan tarik material semakin menurun, terdapat hal yang menonjol yakni ikatan yang terjadi antara matriks dengan serat menjadi lebih kuat. Bentuk patahan komposit dengan MMT terjadi tanpa *pullout* merupakan suatu keunggulan fisik dari komposit berpenambah MMT. Dengan demikian perlu dikaji lagi pada penelitian selanjutnya bagaimana cara meningkatkan kekuatan tarik dari material dengan penambah MMT.

4.3.2. Analisa Variasi Banyaknya Siklus Termal Terhadap Sifat Mekanik

Berdasarkan grafik hubungan antara nilai kekuatan tarik dengan jumlah siklus thermal pada Gambar 4.10, didapatkan hasil bahwa siklus thermal tidak berpengaruh pada spesimen 0% MMT ditunjukkan dengan angka nilai kekuatan tarik yang naik turun. Penambahan MMT dengan kadar 30%, 40%, dan 50% akan mengakibatkan nilai kekuatan tarik semakin menurun seiring dengan semakin banyaknya siklus thermal. Pada fraksi 30% terjadi penurunan nilai kekuatan tarik yang tajam, sedangkan pada fraksi 40% dan 50% menunjukkan hal yang sebaliknya. Ini menunjukkan bahwa pengaruh siklus thermal yang paling signifikan terjadi pada fraksi 30%, sedangkan pada fraksi 40% dan 50% pengaruh siklus thermal dapat dikatakan kecil.

Dalam hipotesa, dikatakan bahwa semakin banyak siklus termal yang dilakukan maka sifat mekanik dari material akan semakin menurun. Hasil penelitian menunjukkan hasil yang sejalan dimana secara garis besar angka uji tarik menunjukkan penurunan. Pada perlakuan siklus thermal sebanyak 85x untuk seluruh variasi fraksi berat MMT, kekuatan tarik menurun di bawah kekuatan tarik dari spesimen kontrol, hal ini menunjukkan bahwa efek yang signifikan didapat dari perlakuan siklus thermal sebanyak ≥ 85 kali. Sedangkan untuk perlakuan siklus thermal 25x dan 55x masih belum menunjukkan efek yang signifikan karena masih didapat angka uji tarik yang naik turun, yaitu pada variasi fraksi berat MMT 0% dan 50%.

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 kekuatannya sebagai imbas dari efek *thermal fatigue* yang juga semakin besar.

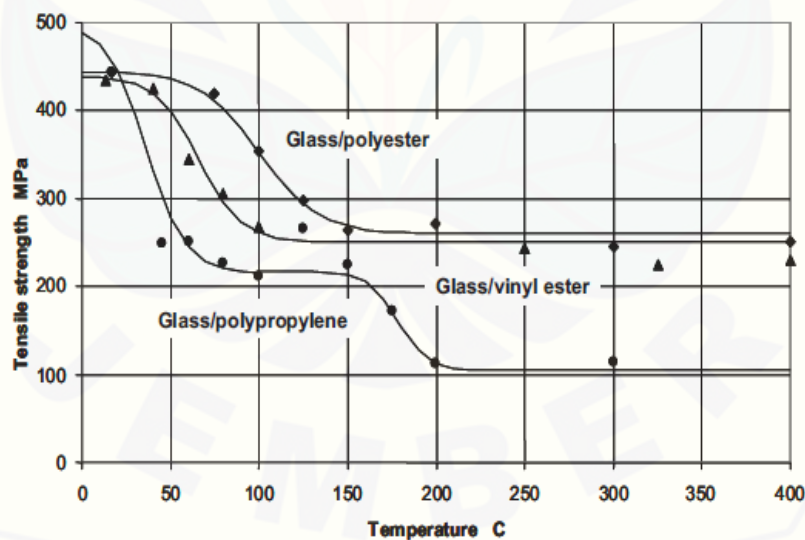
Berbeda dengan material termoplastik, material komposit atau polymer yang digunakan merupakan material yang bersifat termoset yang artinya ketika diberi temperatur tinggi material tidak akan berubah menjadi fase cair, tetapi akan cenderung berubah menjadi hangus dan jika proses pemanasan diteruskan, komposit akan berubah menjadi arang. Dengan demikian, penurunan nilai kekuatan tarik karena proses berubahnya material menjadi arang yang menyebabkan material menjadi rapuh.



Gambar 4.17 Mikrostruktur selama proses pemanasan dan pendinginan pada material termoset (Sumber: Rizqi, 2008).

. Gambar 4.17 menunjukkan bahwa selama proses pemanasan struktur dari resin akan membesar, diikuti dengan struktur dari MMT dan juga serat kenaf. Hal ini erat hubungannya dengan perbedaan koefisien muai panjang. Perbedaan muai antara resin, MMT dan serat menyebabkan komposit menjadi leleh dan kekuatan tarik menurun karena ikatannya yang mulai melemah. Penurunan kekuatan ini dikarenakan efek dari pemberian panas yang menyebabkan ukuran dari suatu benda menjadi membesar atau memanjang sehingga merusak ikatan antar bahan pada komposit.

Melemahnya kekuatan komposit juga diiringi dengan melemahnya kekuatan pada polimer setelah terpapar suhu tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yousif (2013), dimana pada temperatur antara 100°C - 200°C , FRP (*Fiber Reinforced Polymer*) akan mengalami pelunakan, creep dan terdistorsi yang menyebabkan kegagalan ketika mengalami pembebanan struktur. Selain itu juga kekuatan polymer akan semakin menurun seiring dengan semakin besarnya temperatur yang diterima. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 4.18.



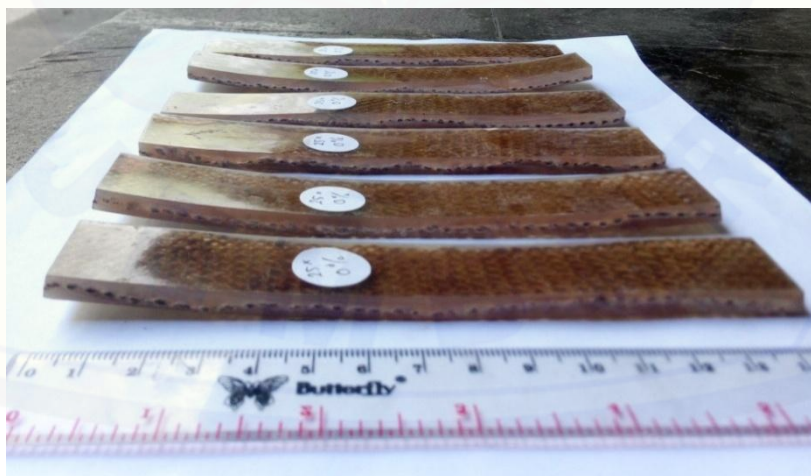
Gambar 4.18 Grafik pengaruh kenaikan suhu terhadap kekuatan tarik pada polymer (Sumber: Mouritz, *dkk.*, 2006).

4.3.3. Analisa Kondisi Morfologi Komposit

Dari hasil pengujian tarik, didapatkan kondisi morfologi berupa uji makro. Uji makro sangat penting untuk dikaji karena dari sinilah kita bisa 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 pada spesimen setelah spesimen tersebut dicetak, 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 di tiap perlakuan.

Pengujian makro menunjukkan bahwa spesimen mengalami perubahan bentuk, terutama akan mengalami penyusutan karena spesimen bersifat termoset. Gambar 4.19 menunjukkan bahwa spesimen dengan 0% MMT terlihat melengkung karena tidak adanya penguat lain selain serat kenaf. Berbeda dengan spesimen dengan penambahan MMT yang tidak melengkung. Hal ini menandakan bahwa spesimen dengan penambahan MMT lebih getas dan keras dibandingkan dengan spesimen tanpa MMT.



Gambar 4.19 Spesimen dengan kadar MMT 0% terlihat melengkung setelah diberi perlakuan siklus thermal.

Sebagian besar dari spesimen memiliki patahan yang berada pada bagian pengecam. Ini dikarenakan adanya konsentrasi tegangan yang terkumpul berada pada bagian pengecam. Bentuk spesimen yang berupa persegi panjang tanpa disertai radius pada bagian tengah, merupakan salah satu penyebab patahan yang terjadi pada bagian pengecam. Selain itu, bentuk material yang melengkung juga mengakibatkan pengecam tidak lurus sehingga terjadi gaya bending terlebih dahulu pada spesimen. Hal ini yang menyebabkan spesimen patah pada bagian pengecam.

Dari pengamatan makro didapat efek lain dari penambahan MMT, dimana pada Gambar 4.20 menunjukkan bahwa pada daerah sekitar patahan komposit 0% MMT masih terdapat retakan sedangkan komposit berpenambah MMT tidak terjadi retakan sama sekali. Ini menunjukkan bahwa komposit 0% MMT lebih ulet, sedangkan komposit berpenambah MMT menjadi lebih getas.



Gambar 4.20 Patahan yang terjadi antara komposit 0% MMT dan komposit berpenambah MMT.

Komposit yang menjadi getas merupakan keunggulan fisik dari komposit dengan penambah MMT dimana spesimen tidak mengalami pelengkungan dan juga mampu menahan panas. Berdasarkan latar belakang dari penelitian yaitu sebagai kap mobil tentunya hal ini sudah mendekati tujuan dari latar belakang penelitian, paling tidak dapat digunakan sebagai peredam panas yang dipasang di bagian dalam pada kap mobil. Kekuatan tarik yang semakin menurun tentunya dapat diatasi dengan melakukan penelitian diwaktu yang akan datang sehingga

didapat komposit dengan matriks dan penguat yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan juga dapat mampu menahan panas yang baik. Hal yang penting adalah bahwa penambahan MMT membuat spesimen dapat meredam panas meskipun kekuatan tariknya menurun dan membuat komposit menjadi getas sehingga dapat mempertahankan bentuknya meskipun terpapar panas.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil penelitian menunjukkan hal yang berbeda dengan hipotesis dimana penambahan kadar berat *montmorillonite* menurunkan kekuatan tarik komposit matrik polyester berpenguat serat kenaf anyam menggunakan aditif partikel *montmorillonite*.
2. Keunggulan fisik dari komposit berpenambah MMT yakni ikatan yang terjadi antara matriks dengan serat kenaf menjadi lebih kuat. Patahan yang terjadi pada komposit dengan MMT terjadi tanpa *pullout*, sedangkan komposit tanpa MMT mengalami *pullout*.
3. Secara garis besar, semakin banyak jumlah siklus yang diterima oleh spesimen, maka nilai kekuatan tariknya akan menurun. Kekuatan tarik secara serentak turun di bawah kekuatan tarik sampel kontrol pada perlakuan siklus thermal sebanyak 85x pada semua variasi fraksi berat MMT.
4. Keunggulan fisik dari komposit yang mengalami siklus thermal yakni penambahan MMT membuat spesimen dapat meredam panas meskipun kekuatan tariknya menurun dan juga membuat komposit menjadi getas sehingga dapat mempertahankan bentuknya meskipun terpapar panas.
5. Kondisi morfologi setelah dilakukan perlakuan siklus thermal dan uji tarik menunjukkan bahwa faktor yang menyebabkan spesimen tidak dapat mempertahankan kekuatan adalah kelelahan thermal akibat siklus thermal dan void pada material akibat pengadukan yang kurang merata dan udara yang terjebak pada serat kenaf.

5.2 Saran

Saran yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Perlu dilakukan lebih lanjut penelitian mengenai perlakuan siklus thermal sebanyak $\geq 85x$ agar dapat diketahui efek siklus thermal yang lebih signifikan terhadap komposit polyester berpenguat serat kenaf anyam dengan aditif MMT.
2. Perlu pengkajian lebih lanjut lagi mengenai serat lain selain serat kenaf agar didapatkan material komposit dengan nilai kekuatan tarik yang maksimal terhadap siklus thermal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariawan D., W. Wisnu R., dan E. Prasetya B. 2008. Karakteristik Fisik Dan Mekanik Komposit Sampah Kota Dengan Matrik Pati Kanji Dan Unsaturated Polyester. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. 97-103.
- Barleany D. R., R. Hartono 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., B. Kusharjanta, R. A. P. Tarigan dan A. R. Andhika. 2013. Pengaruh Kandungan dan Ukuran Serbuk Genteng Sokka terhadap Ketahanan Bakar Komposit Geopolimer. Jurnal Rekayasa Mesin. 4. 27-34.
- Hariyanto A., K. Diharjo. 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.
- Isaac D. H., Z. Salleh, M. N. Berhan dan K. M. Hyie. 2012. Composites Laminates Effect of Fibre Types Cold-pressed Kenaf and Fibreglass Hybrid. World of Academy Science 71(Engineering and Science). 969-973.
- Justus. (2011). YUKALAC Unsaturated Polyester Resin. Retrieved 10 maret, 2015.
- Kartini R., H. Darmasetiawan, A. Karo Karo dan Sudirman. 2002. Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science. 3. 30-38.
- Marlin D., Sugiyanto dan Zulhanif. 2013. Perilaku Creep Pada Komposit Polyester Yukalac 157 Bqtn-Ex Dengan Filler Serat Gelas. Jurnal FEMA. 1. 1-7.

- 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.
- Mouritz, A. P., dan A. G. Gibson. 2006. *Fire Properties of Polymer Composite Materials* (Vol. 143).
- Nasiruddin. 2014. Analisis Termal-Mekanis Komposit Matrik Polyester Dengan Aditif Partikel Montmorillonite Berpenguat Serat Kenaf Anyam. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- Onggo, H., W. Subowo, dan Sudirman. (2005). Analisis Sifat Termal Komposit Polypropylene Kenaf. Paper presented at the Prosiding Simposium Nasional Polimer V.
- Osman, E., A. Vakhguelt, S. Mutasher, dan I. Sbaski. 2012. Effect of Water Absorbtion on Tensile Properties of Kenaf Fiber Reinforced Unsaturated Polyester Composite. *Sunaree J.Sci Technol*. 20. 183-195.
- Pepper, T. 2012. Polyester Resins. Ashland Chemical Company.
- 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.
- Rizqi, F. 2008. Pengaruh Waktu Pemanasan. Skripsi Universitas Indonesia.
- Sentosa A. 2015. Pengaruh Variasi Fraksi Volume Filler Terhadap Peningkatan Kekuatan Impak Dan Bending Komposit Sandwich Polyester Berpenguat Serat Kebaf Anyam. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- Sutrisno. 2013. Kajian Sifat Mekanik Komposit Geomaterial Limbah Serbuk Genteng Dan Serat Karbon. *Agri-tek*. 4. 37-44.
- Sudjindro. 2011. Prospek Serat Alam Untuk Bahan Baku Kertas Uang. 10. 92-103.
- Tantowi M. 2014. Pengaruh Variasi Jarak Anyaman Serat Dengan Orientasi 45° Dan 135° Pada Material Komposit Poliester/Sisal (Agave Sisalana) Terhadap Sifat Mekanik. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- Umam M. K. Pengaruh Pemanasan Dan Perubahan Bentuk Pada Kekuatan Tarik Polyvinyl Chloride (PVC).

- Wibowo R. D. 2014. Sifat Fisis Dan Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Yang Di Treatment Menggunakan $Kmno_4$. Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Widyanto S. A., Sulardjaka, Ariyanto. 2004. Pengaruh Siklus Thermal Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Glass-Fiber Reinforced Concrete Dan Ramie-Fiber Reinforced Concrete. Proyek Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar.
- Yudistira M. 2010. Analisa Pengaruh Orientasi Arah Serap Dan Tebal Core Terhadap Kekuatan Bending Dan Impak Komposit Sandwich Serat Kenaf Dengan Core Kayu Sengon. Skripsi Universitas Jember. Jember.
- 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.
- Yousif B. F., dan Z.N. Azwa. (2013). Thermal Degradation Study of Kenaf Fibre-Epoxy Composites Using Thermo Gravimetric Analysis. Paper presented at the 3rd Malaysian Postgraduate Conference (MPC2013).

Internet

<http://www.litbang.pertanian.com> Diakses 7 April 2015

<http://www.karungoni.com> Diakses 10 Maret 2015

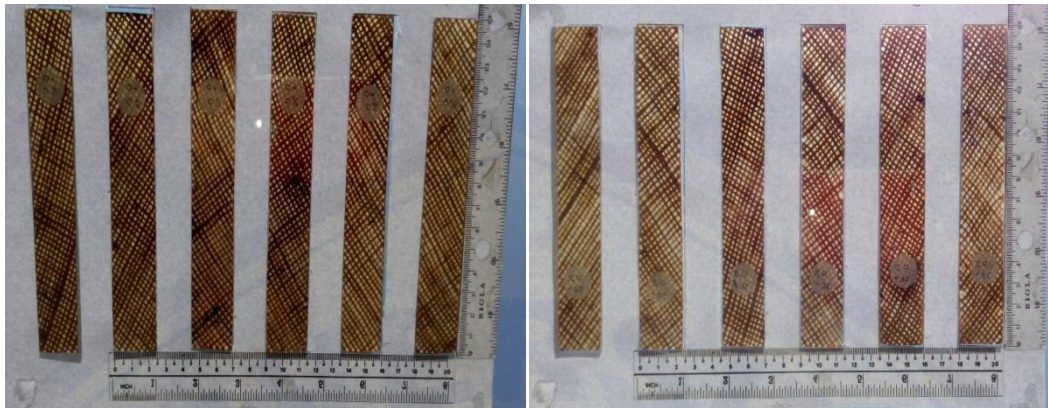


LAMPIRAN

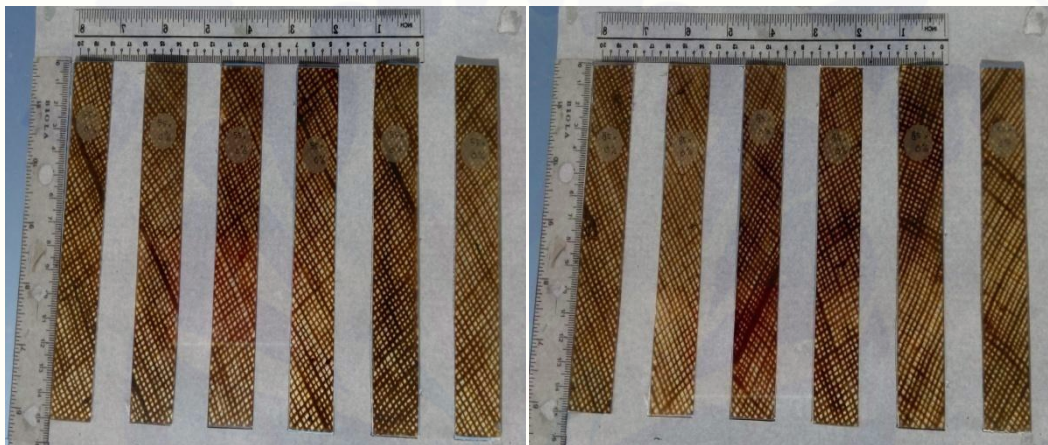
1. Tabel data hasil pengujian tarik

Kadar Berat MMT (%)	Jumlah Siklus Thermal	Kekuatan Tarik (MPa)					
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Sampel 6
0%	0x	30,68	23,15	19,39	23,91	25,79	22,40
	25x	25,79	20,14	30,31	36,33	28,80	31,44
	55x	19,76	26,54	28,05	26,92	34,07	27,29
	85x	20,52	20,89	18,64	33,32	19,76	19,01
30%	0x	22,40	22,78	16,00	27,67	25,79	26,54
	25x	17,51	18,26	15,25	11,11	16,38	25,04
	55x	14,12	14,49	11,48	12,61	16,38	9,60
	85x	4,71	7,34	7,34	9,98	9,22	10,73
40%	0x	19,39	2,82	18,64	18,26	0,94	16,38
	25x	11,86	16,38	11,48	3,95	12,99	14,12
	55x	9,22	10,73	8,85	3,58	14,49	4,71
	85x	9,22	8,85	8,85	4,71	7,34	8,47
50%	0x	3,95	11,11	12,61	4,33	14,12	13,74
	25x	3,95	4,71	10,73	4,33	8,47	5,08
	55x	11,86	3,58	10,35	5,46	4,71	4,33
	85x	5,46	8,09	4,71	5,08	6,96	4,33

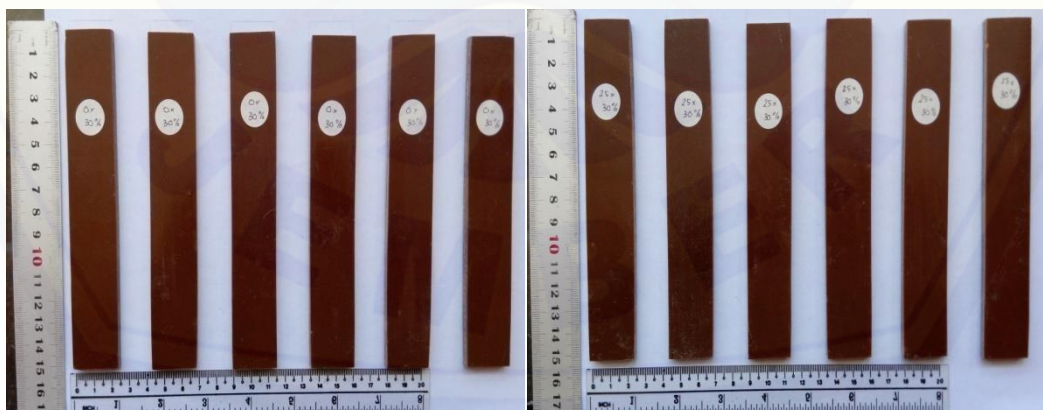
2. Gambar sampel uji sebelum uji tarik



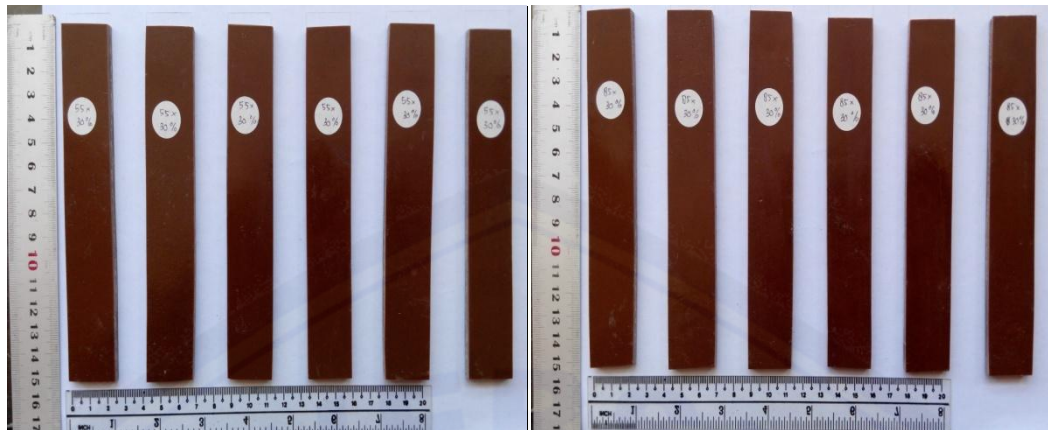
(a) Siklus thermal 0x kadar MMT 0% (b) Siklus thermal 25x kadar MMT 0%



(c) Siklus thermal 55x kadar MMT 0% (d) Siklus thermal 85x kadar MMT 0%



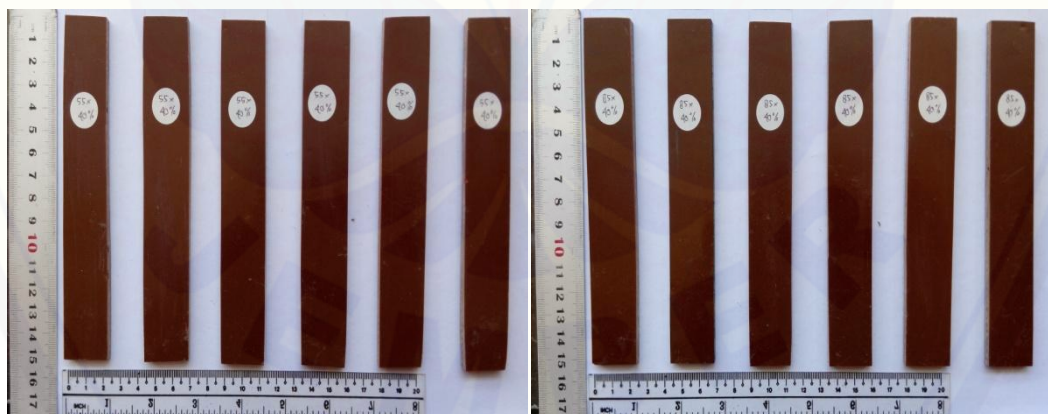
(e) Siklus thermal 0x kadar MMT 30% (f) Siklus thermal 25x kadar MMT 30%



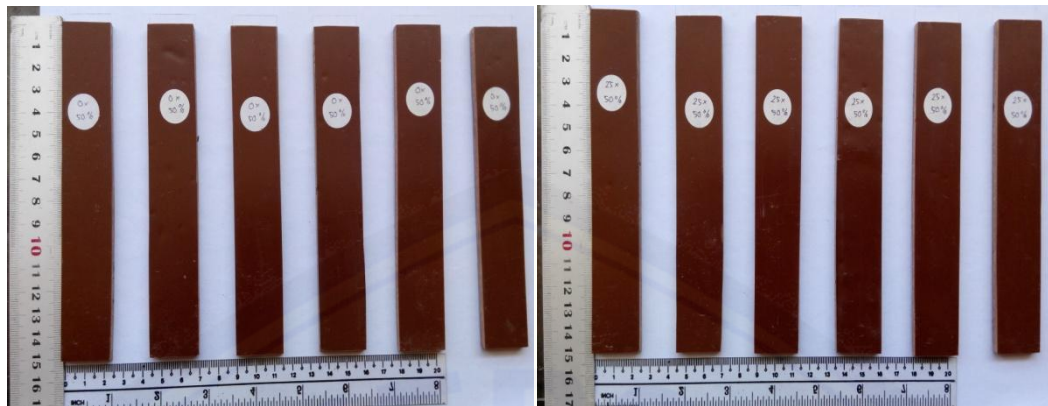
(g) Siklus thermal 55x kadar MMT 30% (h) Siklus thermal 85x kadar MMT 30%



(i) Siklus thermal 0x kadar MMT 40% (j) Siklus thermal 25x kadar MMT 40%



(k) Siklus thermal 55x kadar MMT 40% (l) Siklus thermal 85x kadar MMT 40%

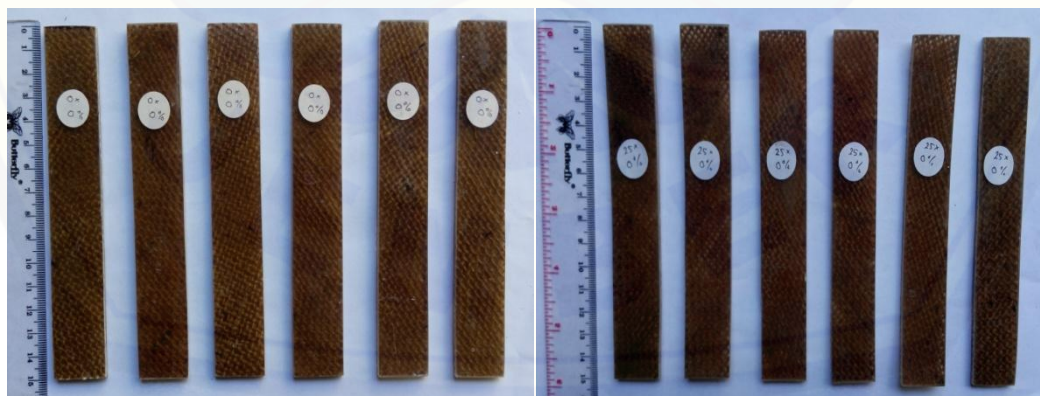


(m) Siklus thermal 0x kadar MMT 50% (n) Siklus thermal 25x kadar MMT 50%

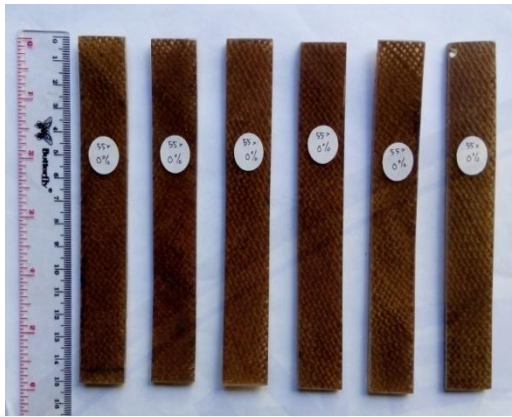


(o) Siklus thermal 55x kadar MMT 50% (p) Siklus thermal 85x kadar MMT 50%

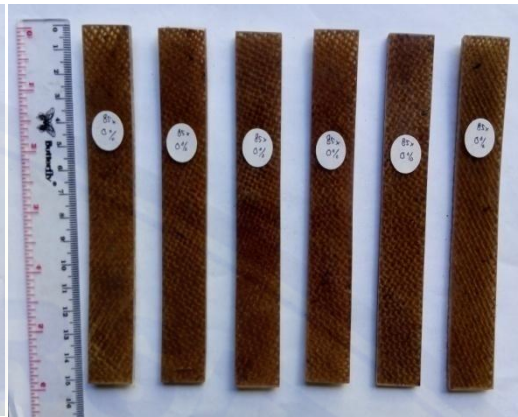
3. Gambar sampel uji setelah siklus thermal



(a) Siklus thermal 0x kadar MMT 0% (b) Siklus thermal 25x kadar MMT 0%



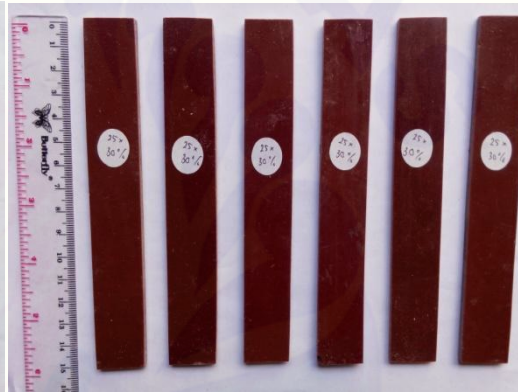
(c) Siklus thermal 55x kadar MMT 0%



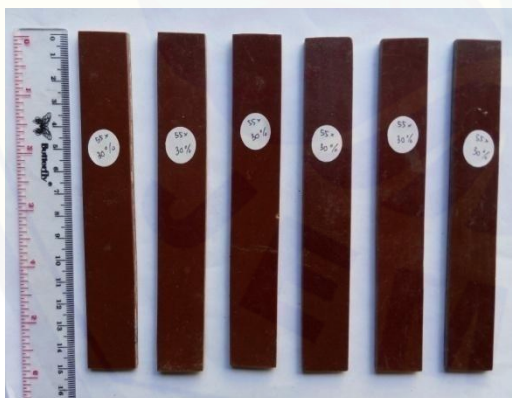
(d) Siklus thermal 85x kadar MMT 0%



(e) Siklus thermal 0x kadar MMT 30%



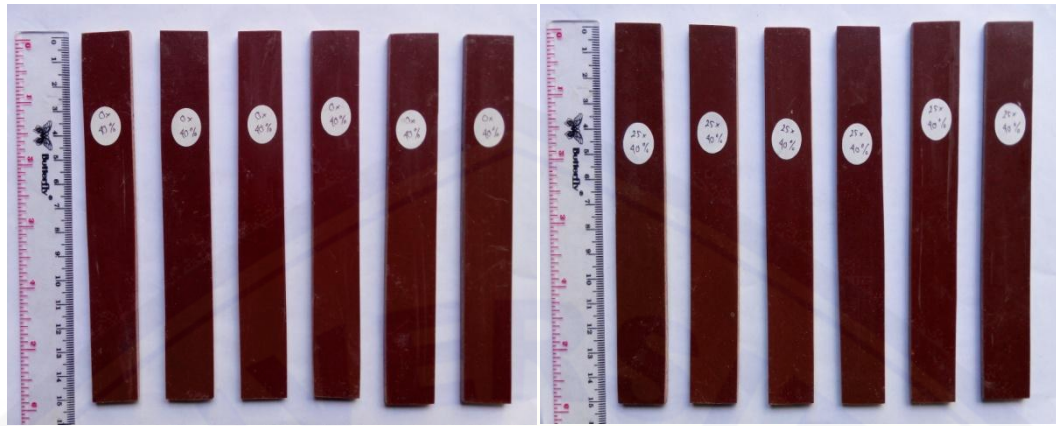
(f) Siklus thermal 25x kadar MMT 30%



(g) Siklus thermal 55x kadar MMT 30%

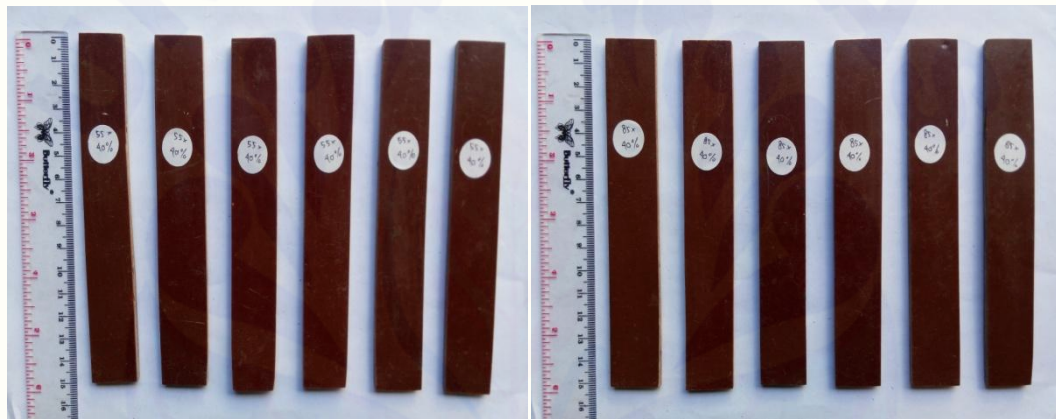


(h) Siklus thermal 85x kadar MMT 30%



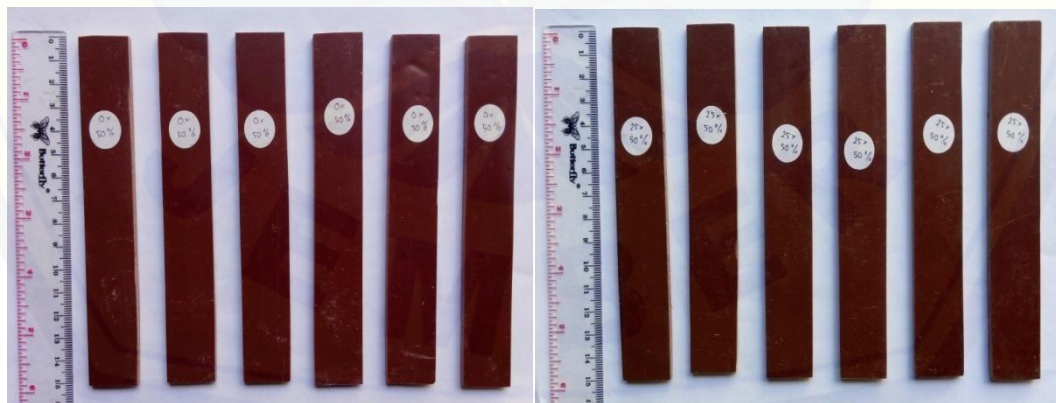
(i) Siklus thermal 0x kadar MMT 40%

(j) Siklus thermal 25x kadar MMT 40%



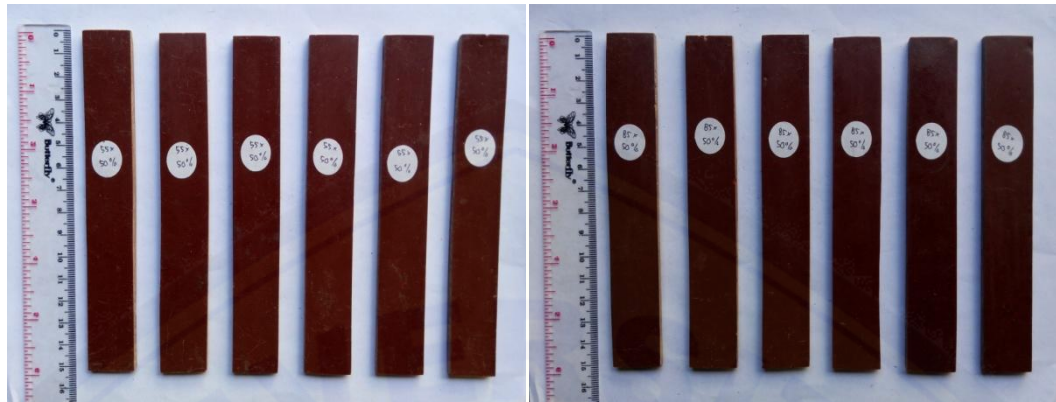
(k) Siklus thermal 55x kadar MMT 40%

(l) Siklus thermal 85x kadar MMT 40%



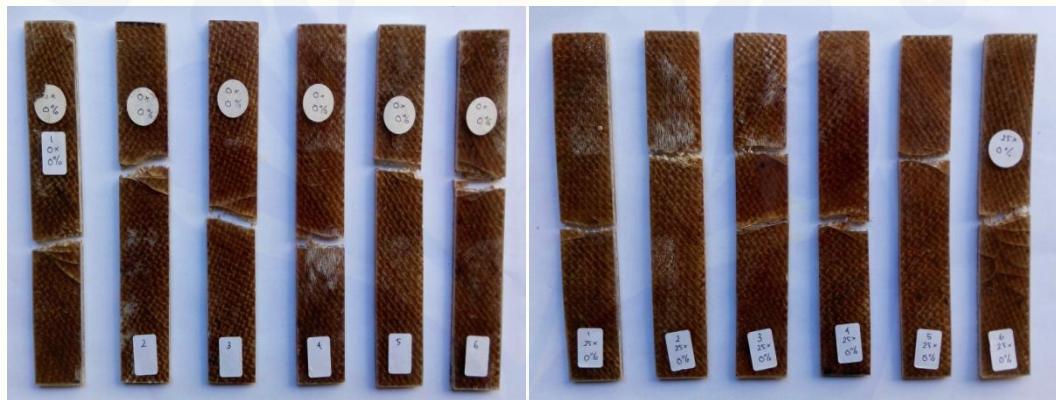
(m) Siklus thermal 0x kadar MMT 50%

(n) Siklus thermal 25x kadar MMT 50%

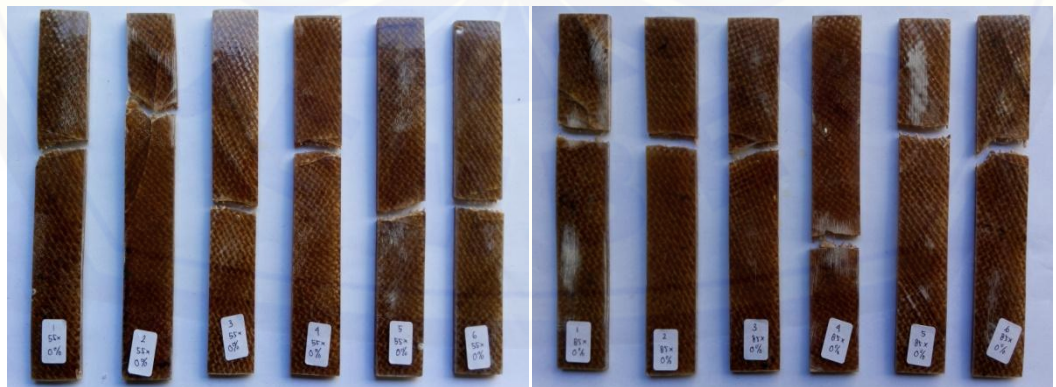


(o) Siklus thermal 55x kadar MMT 50% (p) Siklus thermal 85x kadar MMT 50%

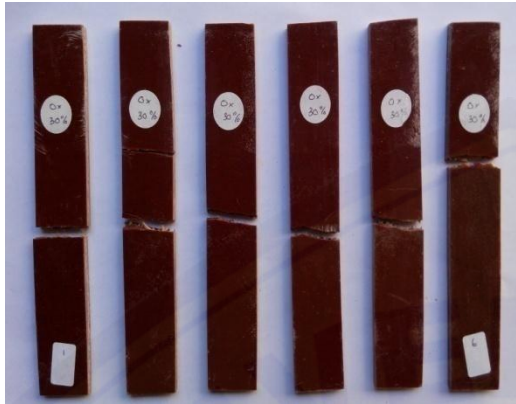
4. Gambar sampel uji setelah uji tarik



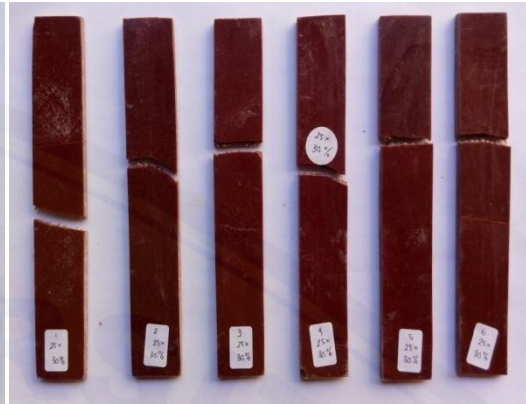
(a) Siklus thermal 0x kadar MMT 0% (b) Siklus thermal 25x kadar MMT 0%



(c) Siklus thermal 55x kadar MMT 0% (d) Siklus thermal 85x kadar MMT 0%



(e) Siklus thermal 0x kadar MMT 30%



(f) Siklus thermal 25x kadar MMT 30%



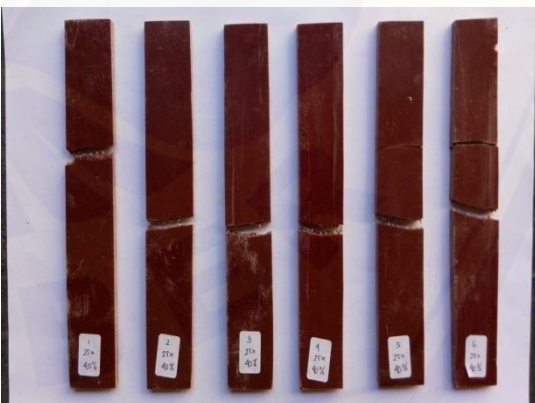
(g) Siklus thermal 55x kadar MMT 30%



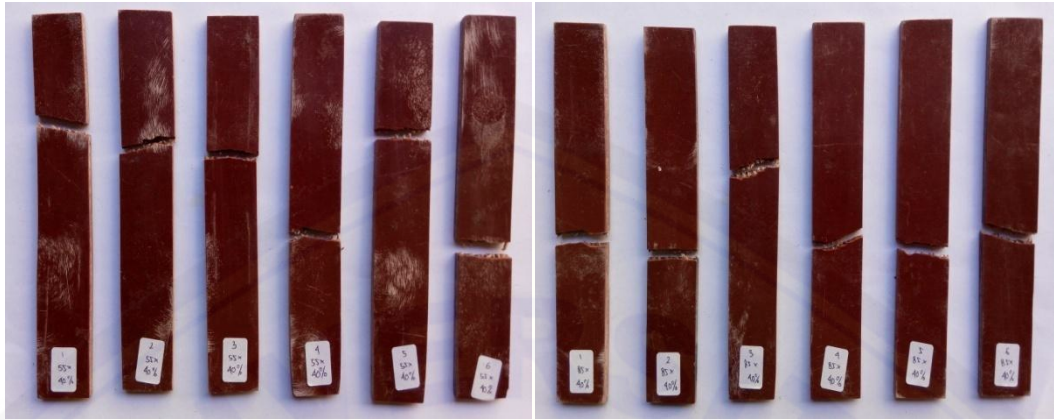
(h) Siklus thermal 85x kadar MMT 30%



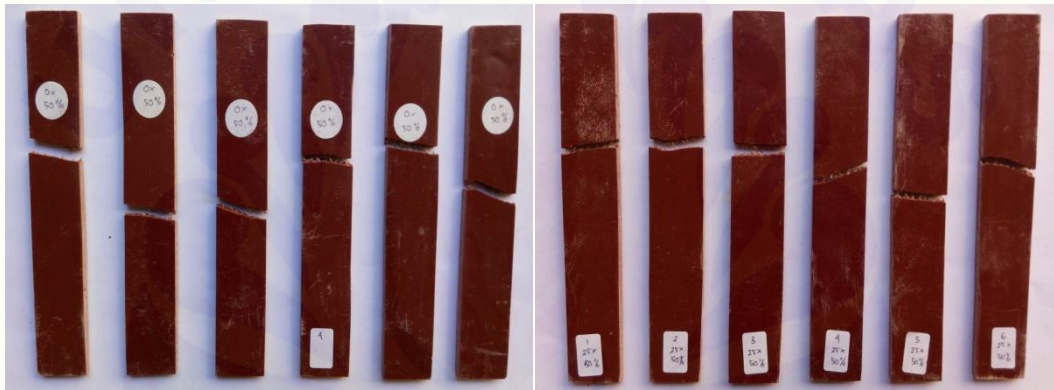
(i) Siklus thermal 0x kadar MMT 40%



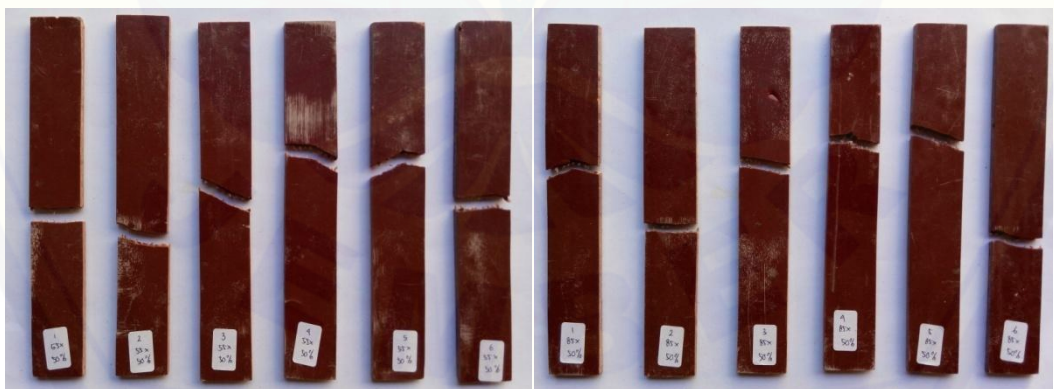
(j) Siklus thermal 25x kadar MMT 40%



(k) Siklus thermal 55x kadar MMT 40% (l) Siklus thermal 85x kadar MMT 40%

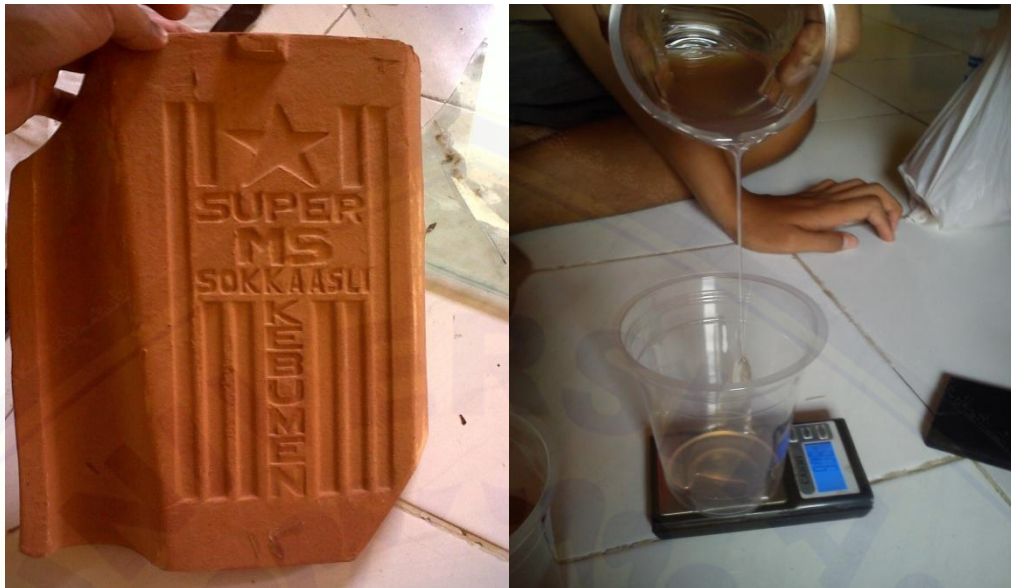


(m) Siklus thermal 0x kadar MMT 50% (n) Siklus thermal 25x kadar MMT 50%



(o) Siklus thermal 55x kadar MMT 50% (p) Siklus thermal 85x kadar MMT 50%

5. Gambar bahan dan alat tambahan untuk membuat spesimen





6. Spesifikasi kamera yang dipakai

Handphone : Xiaomi redmi note

Kamera : 13 MP, 4128 x 3096 pixels, autofocus, LED flash

Fitur : Geo-tagging, touch focus, face/smile detection, HDR