

No. Dok: 5969

Copy: 1

D

668.423.4

Haf

A

LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN GUGUS FUNGSI
KOMPOSIT POLIPROPILENA/SERAT RAMI/TALK
DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(Juni 2018 - Juni 2019)

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



DATA BUKU PERPUSTAKAAN	
Tgl. Pengantar	4/10/2021
No. Katalog	09/TKP/SB/21

OLEH:

ISNAINIA NURUL HAFIZHAH 1515048

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS
AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN GUGUS FUNGSI KOMPOSIT
POLIPROPILENA/SERAT RAMI/TALK

DISUSUN OLEH :

NAMA : ISNAINIA NURUL HAFIZHAH

NIM : 1515048

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Juni 2019

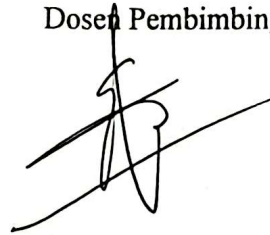
Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004












Dosen Pembimbing










Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 198210012014022001

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Isnainia Nurul Hafizhah
 NIM : 1515048
 Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Tarik dan Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk
 Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
30-06-2018	Bab I	Diskusi mengenai topik penelitian	
13-07-2018	Bab II	Diskusi mengenai literatur yang akan digunakan	
16-07-2018	Bab II	Diskusi mengenai alat pengujian, metode dan kegunaannya.	
01-08-2018	Bab II	Diskusi mengenai polipropilena, NAPP, dan talk.	
19-08-2018	Bab II	Presentasi jurnal "Tensile and Flexural Properties of Polypropylene Composites Reinforced with Raw Bagasse."	
27-10-2018	Bab III	Diskusi mengenai variasi persentase berat serat rami dan temperatur pencetakan lembaran komposit dengan Manual Forming Machine (MFM)	
29-10-2018	Bab II	Presentasi jurnal "Physical, Mechanical, and Biodegradable Properties of Kenaf/Coir Hybrid Fiber Reinforced Polymer Nanocomposites."	
11-12-2018	Bab II	Diskusi mengenai matriks penelitian	
20-12-2018	Bab III	Diskusi mengenai penggunaan MFM dan Pneumatic Specimen Punch	
19-02-2019	Bab IV	Pelaporan hasil pembuatan lembaran komposit dengan MFM	
20-03-2019	Bab IV	Pelaporan hasil pembuatan spesimen komposit dengan Pneumatic Specimen Punch	

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
27-04-2019	Bab <u>iv</u>	Pelaporan hasil kegiatan tarik dengan UTM	
24-05-2019	Bab <u>iv</u>	Pelaporan hasil pengujian FTIR	
27-05-2019	Bab <u>i</u> - <u>iii</u>	Perbaikan laporan bab <u>i</u> - <u>iii</u>	
29-05-2019	-	Perbaikan cover, lembar pengesahan, lembar pernyataan keastlian dan lembar bimbingan	
11-06-2019	Bab <u>v</u> - <u>iii</u>	Perbaikan cover, daftar isi, Bab <u>i</u> - <u>iii</u>	
17-06-2019	Bab <u>ii</u> - <u>iv</u>	Perbaikan Bab <u>ii</u> - <u>iv</u>	
24-06-2019	Bab <u>i</u> - <u>v</u>	Perbaikan daftar isi, Bab <u>ii</u> - <u>v</u>	

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Pembimbing,



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 198210012014022001

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR

ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN GUGUS FUNGSI KOMPOSIT
POLIPROPILENA/SERAT RAMI/TALK

DISUSUN OLEH :

NAMA : ISNAINIA NURUL HAFIZHAH

NIM : 1515048

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu, 24 Juli 2019.

Jakarta, Agustus 2019

Ketua Tim Penguji



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Penguji 1



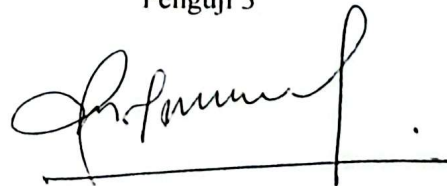
Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 198210012014022001

Penguji 2



Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

Penguji 3



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.
NIP. 195702141985031002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Isnainia Nurul Hafizhah
NIM : 1515048
Proram Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul "Analisis Kekuatan Tarik dan Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk":

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Juni 2019

Yang Membuat Pernyataan



Isnainia Nurul Hafizhah

ABSTRAK

Penggunaan komposit serat alam dewasa ini dapat menggantikan serat kaca maupun serat sintesis dalam pembuatan komponen-komponen otomotif. Serat-serat alam, seperti kenaf, rami, *jute*, linen, dan kapas memiliki banyak keunggulan dari aspek teknis dan ekonomis dalam pengaplikasian komposit otomotif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase berat serat rami (10%, 15%, 20%) dan temperatur operasi pada *manual forming* (180°C dan 190°C) terhadap kekuatan tarik serta mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam komposit polipropilena/serat rami/talk. *Universal Testing Machine* (UTM) digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik komposit. Dari hasil pengujian kekuatan tarik didapatkan kekuatan tarik tertinggi pada sampel komposit polipropilena/serat rami/talk dengan persentase berat serat rami 10% dan temperatur *manual forming* 190°C sebesar 24,41 MPa. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui kandungan gugus fungsi komposit polipropilena/serat rami/talk. Hasil pengujian gugus fungsi komposit polipropilena/serat rami/talk menunjukkan adanya keberadaan polipropilena dalam komposit dan keberadaan serat rami, MAPP serta Irganox 1010 dengan adanya gugus fungsi $-CH$, $-OH$, $C=C$, dan $C=O$. Namun keberadaan talk tidak terlihat pada spektra FTIR karena kandungannya yang sedikit.

Kata kunci: komposit, polipropilena, serat rami, kekuatan tarik, gugus fungsi

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
3. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer STMI Jakarta.
4. Ibu Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing saya sampai terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Syaiful Ahsan, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan saya melaksanakan preparasi dan uji laboratorium.
6. Bapak Dahrul Hidayah, A. Md., Bapak Samsudin, S.T., dan Ibu Ida Nur Apriani, S.S.T., M.Si selaku Operator Laboratorium yang telah membantu memudahkan saya saat melaksanakan preparasi dan uji laboratorium.
7. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
8. Ezra, Dinda Pangesti, Rizka Amalia, Dian Resti Handayani, Puteri Husnia Zahira, Syamrizal, Muhammad Hafizan selaku sahabat dan rekan dalam Tugas Akhir ini,
9. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2015 selaku kawan seperjuangan.

10. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga semua kebaikan semua pihak yang membantu mendapatkan balasan dari Allah SWT dan semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua.

Jakarta, Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Komposit	6
2.1.1 Komposit Polimer	6
2.1.2 Bahan Penyusun Komposit Polimer.....	7
2.1.3 Proses Manufaktur Komposit.....	10
2.2 Polimer Berpenguat Serat Alam.....	13
2.2.1 Komposit Berbasis Termoset	13
2.2.2 Komposit Berbasis Termoplastik	14
2.2.3 Komposit Berbasis Polimer <i>Biodegradable</i>	14
2.2.4 Modifikasi Komposit Polimer Serat Alam.....	15
2.2.5 Aplikasi Komposit Polimer Serat Alam dalam Industri	

Otomotif.....	18
2.3 Polipropilena	19
2.4 Serat.....	21
2.4.1 Serat Sintetis.....	21
2.4.2 Serat Alam.....	22
2.5 Serat Rami	24
2.6 Kekuatan Tarik Komposit	25
2.7 Analisis Gugus Fungsi	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat.....	31
3.2.2 Bahan.....	32
3.3 Variabel Penelitian	32
3.3.1 Variabel Tetap.....	32
3.3.2 Variabel Berubah.....	32
3.4 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1 Pembuatan Lembaran Komposit dan Polipropilena	34
3.4.2 Pembuatan Spesimen	35
3.5 Tahap Pengujian	35
3.5.1 Uji Kekuatan Tarik.....	35
3.5.2 Uji Kandungan Gugus Fungsi	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Analisis Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/ Talk.....	37
4.1.1 Pengaruh Persentase Berat Serat Rami Terhadap Kekuatan Tarik.....	38
4.1.2 Pengaruh Temperatur <i>Manual Forming</i> Terhadap Kekuatan Tarik.....	39
4.2 Analisis Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk.....	40
BAB V PENUTUP.....	43

5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Komponen Mobil dari Komposit Serat Alam	19
Gambar II.2 Struktur Polipropilena	19
Gambar II.3 Serat Rami	25
Gambar II.4 Spesimen Uji Tarik ASTM D638-14 Tipe IV	26
Gambar II.5 Kurva Tegangan-Regangan	27
Gambar II.6 Ilustrasi <i>Attenuated Total Reflectance</i> (ATR)	30
Gambar III.1 Skema Penelitian Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk	33
Gambar IV.1 Pengaruh Persentase Berat Serat Rami dan Temperatur <i>Manual Forming</i> terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk	39
Gambar IV.2 Spektre FTIR Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Sifat-sifat Fisika Antioksidan	17
Tabel II.2 Sifat-sifat Fisika Homo-Polipropilena	21
Tabel II.3 Sifat Mekanis Serat Alam	24
Tabel II.4 Sifat-sifat Serat Rami	25
Tabel III.1 Matriks Penelitian Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk	33
Tabel IV.1 Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk dengan Polipropilena	37

DAFTAR SINGKATAN

ASTM : *American Standard Testing and Material*

ATR : *Attenuated Total Reflectance*

BHT : *Butylated Hydroxytoluene*

FTIR : *Fourier Transform Infrared*

MAPP : *Maleic Anhydride Polypropylene*

MFM : *Manual Forming Machine*

SUV : *Sport Utility Vehicle*

UTM : *Universal Testing Machine*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan penggunaan serat-serat alam sebagai bahan penguat komposit dalam industri otomotif terus meningkat. Komposit serat alam dapat menggantikan serat kaca maupun serat sintetis dalam pembuatan komponen-komponen otomotif. Hal ini dikarenakan serat-serat alam memiliki berat produk yang ringan, eco-efisien, dan terbarukan [1].

Penggunaan serat-serat alam, seperti kenaf, rami, jute, linen, dan kapas memiliki banyak keunggulan dari aspek teknis dan ekonomis dalam pengaplikasian komposit otomotif. Sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanis komposit, produksi biaya rendah, dan meningkatkan keselamatan penumpang [2]. Serat rami merupakan serat yang paling keras di antara serat kulit pohon yang lain, akan tetapi serat rami relatif kurang dieksplorasi dibandingkan dengan serat kulit pohon yang lain [3].

Kombinasi serat-serat alam dengan polipropilena yang relatif murah sebagai matriks komposit dapat menghasilkan material dengan harga yang menarik dan dapat digunakan sebagai interior mobil [4]. Selain dengan harganya yang murah, polipropilena juga disukai karena memiliki densitas yang rendah, dapat diproses dengan mudah, sifat mekanis dan sifat elektrik yang sempurna, serta kekuatan tumbukan yang baik [1].

Sampai saat ini, perkembangan komposit polimer berpenguat serat alam telah digunakan dalam beberapa industri otomotif seperti Honda, BMW, dan Toyota. Honda menggunakan komposit berpenguat serat kayu untuk lantai *Sport Utility Vehicle* (SUV). *BMW Group* mempertimbangkan penggunaan komposit campuran serat kenaf dan linen untuk panel pintu Saturn L 300S. Toyota juga mengembangkan komposit berpenguat serat kenaf untuk badan mobilnya. Selain

itu, industri otomotif di Amerika Serikat mengembangkan komposit yang diperkuat serat-serat alam untuk komponen mobil yang berukuran besar seperti pintu, lantai, dan lain-lain [5]. Akan tetapi, penggunaan komposit serat alam belum menjangkau komponen-komponen kecil seperti *door handle and lock*, *cover spion*, dan lain-lain. Komponen-komponen tersebut masih menggunakan komposit termoplastik dengan penguat serat dan aditif sintetis. Tingkat kerumitan dan kemungkinan gagal saat pencetakan komposit menjadi salah satu kekhawatiran penggunaan serat alam sebagai penguat komposit. Penggunaan serat alam yang berukuran pendek (<1 mm) juga menjadi kekhawatiran karena rendahnya kekuatan komposit yang dihasilkan [1].

Pada penelitian Oktariani dkk [5] membuat komposit polipropilena/serat kenaf dengan menggunakan mesin *hot press*. Serat kenaf berukuran ± 5 mm diberi perlakuan alkali NaOH 5% selama 24 jam. Lembaran polipropilena dibuat dengan mesin *extruder* dan ditambahkan MAPP 5% (wt) sebagai *coupling agent*. Serat kenaf dan lembaran komposit dibuat menjadi beberapa lapisan dan ditempatkan di mesin *hot press*. Didapatkan kombinasi dengan nilai terbaik pada komposit dengan 3 lapisan, temperatur *hot press* 210°C, waktu tekanan 5 menit, dan tekanan 50 bar dengan nilai kekuatan tarik sebesar 61,958 MPa dan nilai kekuatan lentur sebesar 64,342 MPa.

Oktariani dkk [1] selanjutnya mengembangkan penelitiannya dengan membuat komposit polipropilena/serat kenaf dengan penambahan talk sebesar 0,8% sebagai *filler*. Komposit polipropilena-serat kenaf dibuat dengan persentase berat kenaf 10%, 20%, 30% dengan menggunakan mesin *hot press*. Diperoleh komposisi komposit polipropilena/serat kenaf yang paling baik adalah 30% tanpa talk dengan nilai kekuatan tarik dan kekuatan lentur masing-masing 28,41 MPa dan 63,91 MPa.

Zhang dkk [6] menggunakan serat rami sebagai penguat komposit polipropilena dengan persentase berat serat rami 10%, 20%, 30%. Didapatkan hasil bahwa semakin besar persentase berat serat rami dapat menurunkan temperatur lebur komposit. Hal ini terjadi karena serat rami dengan permukaan yang kasar dan gaya adhesi yang rendah pada permukaannya sulit untuk saling berikatan dengan

matriks jika tidak dibantu oleh *compatibilizer*, sehingga sifat mekanis dan ketahanan termal menjadi kurang maksimal.

Berdasarkan penelitian yang telah dijabarkan di atas, penelitian kali ini untuk mendapatkan pengaruh persentase berat serat rami pendek (± 5 mm) pada komposit polipropilena/serat rami/talk dan temperatur pada proses pencetakan komposit dengan menggunakan mesin *manual forming* terhadap nilai kekuatan tarik, serta menganalisis kandungan gugus fungsi yang terdapat pada komposit polipropilena/serat rami/talk.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh persentase berat serat rami pendek dan temperatur operasi pada mesin *manual forming* terhadap kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk?
2. Bagaimana komposisi terbaik untuk kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk tertinggi?
3. Bagaimana gugus fungsi yang terdapat pada komposit polipropilena/serat rami/talk?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku yang digunakan granula komposit polipropilena/serat rami/talk dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Yeni Fitrianiingsih dan Wieke Susilawati [7] dengan variasi persentase berat serat rami 10%, 15% dan 20%.
2. Pencetakan lembaran komposit polipropilena/serat rami/talk menggunakan mesin *manual forming* dengan temperatur 180°C dan 190°C.
3. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekuatan tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan *American Standard Testing and Material* (ASTM) D638-14 dan kandungan gugus fungsi menggunakan mesin *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan pengaruh persentase berat serat rami pendek dan temperatur operasi pada mesin *manual forming* terhadap kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk.
2. Mendapatkan komposisi terbaik untuk kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk tertinggi.
3. Mendapatkan gugus fungsi yang terdapat pada komposit polipropilena/serat rami/talk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tambahan mengenai pengaruh persentase berat serat rami dan temperatur operasi pada mesin *manual forming* terhadap nilai kekuatan tarik, serta mengetahui gugus fungsi komposit polipropilena/serat rami/talk.

1.6 Sistematika Penelitian

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai tentang latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, batasan-batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan umum mengenai komposit, polimer berpenguat serat alam, polipropilena, serat alam, serat rami dan pengujian komposit.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, variasi penelitian dan prosedur penelitian yang dilakukan.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai data hasil pengujian yang telah diolah dan pembahasan hasil pengujian atau analisis data.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dibuat untuk peneliti yang ingin melanjutkan atau mengembangkan penelitian yang sudah dibuat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Komposit merupakan material yang terdiri dari dua bahan atau lebih yang dikombinasikan untuk mendapatkan material dengan struktur atau fungsional yang lebih bermanfaat. Komposit menjadi material yang penting karena memiliki banyak kelebihan seperti berat produk yang ringan, tahan korosi, kekuatan kelelahan tinggi, dan perakitan lebih cepat [8].

Komposit merupakan perpaduan berbagai material yang dimana setiap komponen mempertahankan karakter yang berbeda. Komponen-komponen tersebut bekerja secara kolektif untuk menghasilkan komposit dengan sifat mekanis yang baik dan kokoh. Material komposit terdiri dari dua fase atau lebih yang berbeda (bagian matriks dan bagian terdispersi) yang memiliki sifat curah yang secara signifikan berbeda dari satu sama lain. Bagian matriks biasanya lebih getas, yang merupakan fase utama yang memiliki karakter yang konstan. Sedangkan fase sekunder yaitu fase terdispersi. Fase terdispersi tertanam dalam matriks dalam bentuk terputus-putus (diskontinu). Fase ini biasanya lebih kuat dari pada fase matriks sehingga dapat disebut sebagai fase penguatan [8].

Berdasarkan fase matriksnya, komposit dapat dikategorikan dalam tiga jenis yaitu matriks logam komposit (*metal matrix composites*), keramik matriks komposit (*ceramic matrix composites*), dan komposit matriks polimer (*polymer matrix composites*). Di sisi lain, komposit juga dapat diklasifikasikan menurut jenis penguatnya yaitu komposit partikel (terdiri dari partikel), komposit berserat (terdiri dari serat), dan komposit laminasi (terdiri dari laminasi) [8].

2.1.1 Komposit Polimer

Dalam beberapa dekade terakhir, polimer telah menggantikan berbagai logam tradisional atau material-material lain dalam banyak aplikasi. Hal ini terjadi karena polimer lebih banyak manfaat yang disediakan dibandingkan dengan bahan-bahan

konvensional seperti pemrosesan yang mudah, dapat meningkatkan produktivitas, dan biaya yang lebih murah [9].

Kebanyakan komposit bermatriks polimer yang diproduksi secara komersial sering disebut sebagai larutan resin. Ada banyak sekali polimer yang tersedia tergantung dengan bahan baku awalnya [6]. Saat ini, bahan termoplastik sangat sering digunakan sebagai matriks. Termoplastik yang paling umum digunakan yaitu polipropilena, polietilena, dan polivinil. Sementara fenolik, epoksi, dan poliester sebagai matriks termoset [9].

Bahan penguat yang sering digunakan dalam komposit polimer adalah serat tetapi penggunaan tanah mineral juga umum digunakan. Penggunaan polimer tanpa penguat sebagai material struktur sangat dibatasi karena rendahnya sifat mekanis yang dimiliki, yaitu kekuatan, modulus, dan ketahanan benturannya [8]. Pada sebagian besar aplikasi, penggunaan penguat/serat dapat mengubah sifat polimer agar sesuai dengan persyaratan kekuatan dan modulus yang tinggi [9].

2.1.2 Bahan Penyusun Komposit Polimer

2.1.2.1 Matriks Polimer

Matriks dalam komposit berperan untuk menjaga penguat berada di tempatnya, mentransfer tekanan ke penguat, dan sebagai pelindung terhadap bahan kimia dan kelembaban, serta untuk melindungi permukaan penguat dari degradasi mekanis. Matriks juga berperan kecil dalam daya beban tarik pada struktur komposit. Akan tetapi, pemilihan matriks akan memberikan pengaruh pada sifat tekan dan gaya geser antar laminar pada material komposit [10].

Polimer merupakan rantai molekul panjang yang mengandung satu atau lebih unit pengulangan atom dan bergabung bersama oleh ikatan kovalen yang kuat [10]. Penggunaan polimer sebagai matriks dapat memberikan banyak keuntungan, diantaranya yaitu biaya yang rendah, mudah diproses, dan ketahanan kimia yang baik. Ada tiga variasi polimer yang umum digunakan sebagai matriks komposit yaitu polimer termoset, polimer termoplastik, dan elastomer [8].

Polimer termoplastik terdiri dari rantai linier atau bercabang yang memiliki ikatan intramolekul yang kuat namun lemah ikatan antar molekulnya. Polimer termoplastik dapat dibentuk kembali jika diberi panas dan tekanan. Termoplastik

bersifat semikristalin atau amorf. Contoh polimer termoplastik yaitu polietilena, polipropilena, polistirena, nilon, polikarbonat, poliasetal, poliamida, polieter eter keton, polisulfona, polifenilena sulfida, dan lain-lain [8].

Polimer termoset memiliki struktur ikatan silang atau jaringan dengan semua molekulnya ikatan kovalen. Polimer termoset tidak melunak saat dipanaskan tetapi termoset akan terurai. Selama proses pemanasan, polimer termoset mengalami proses ikatan silang dan membuatnya menjadi padat sehingga polimer termoset tidak dapat kembali ke keadaan semula. Polimer termoset yang umum digunakan sebagai matriks komposit yaitu epoksi, poliester, fenolik, urea, melamin, silikon, dan polimida [8].

Elastomer merupakan polimer yang memiliki sifat viskoelastis. Umumnya elastomer memiliki modulus elastisitas yang sangat rendah dan memiliki tegangan yang tinggi dibandingkan dengan material yang lain. Setiap monomer elastomer yang terhubung dan membentuk polimer biasanya terbuat dari karbon, hidrogen, dan silikon. Elastomer bersifat amorf. Elastomer dapat dideformasi dan lunak pada suhu kamar. Contoh elastomer yaitu karet alam, poliisoprena sintesis, polibutadiena, karet kloroprena, karet butil, karet etilena propilena, karet silikon, fluoroelastomer, karet polisulfida, dan lain-lain [8].

2.1.2.2 Bahan Penguat (*reinforcement*)

Bahan penguat biasanya lebih kuat daripada bahan matriks. Penguat tertanam dalam matriks dalam bentuk terputus-putus (diskontinu). Bentuk partikel penguat dapat berbentuk bulat, kubik, geometri teratur atau geometri tidak teratur. Partikel penguat memiliki dimensi yang kira-kira sama pada semua arah. Partikel tidak memiliki arah yang disukai dan biasanya digunakan untuk meningkatkan sifat atau menurunkan biaya material [8].

Bahan penguat memiliki berbagai tipe yang berbeda, yaitu geometri (kontinu atau diskontinu) dan struktur (acak atau berorientasi) yang mana memerlukan teknologi pemrosesan yang berbeda dalam pembuatan kompositnya. Bahan penguat dapat diatur ke satu dimensi dalam bentuk berupa benang dan dua dimensi dalam bentuk tikar, kain tenun, atau rajutan, serta tiga dimensi dalam bentuk keping atau kain [8].

Bahan penguat yang paling umum digunakan dalam komposit polimer termoplastik adalah serat kaca, serat aramid, serat karbon, dan serat alam. Serat merupakan unsur yang penting dalam komposit polimer. Banyak sekali penelitian dan pengembangan yang dilakukan mengenai pengaruh serat dalam fraksi massa, arsitektur, dan orientasi. Serat dapat dicacah, ditenun, dijahit, dan dikepang [8].

Serat untuk material komposit dapat datang dalam berbagai bentuk, mulai dari yang kontinu sampai serat diskontinu, serat panjang sampai serat pendek, serat organik sampai serat anorganik. Serat kaca mudah ditemukan dan memiliki harga termurah di antara semua jenis serat lainnya. Serat kontinu digunakan untuk proses *filament winding*, *pultrusion*, dan lain-lain. Serat kontinu paling banyak digunakan dengan resin termoset dan termoplastik. Serat cincang atau serat pendek digunakan untuk proses *injection molding* dan *compression molding*. Serat kontinu juga dapat digunakan dalam proses *injection molding* dan *compression molding* tetapi sebelumnya dipotong oleh mesin pemotong. Kain tenun digunakan untuk membuat laminasi untuk berbagai aplikasi seperti perahu, alat olah raga, dan marinir [11].

2.1.2.3 Bahan Pengisi (*filler*)

Partikel mika, silika, kalsium karbonat dan lain-lain merupakan konstituen utama dalam komposit. Secara umum, partikel-partikel tersebut tidak berkontribusi terhadap kapasitas bahan dan lebih bertindak sebagai bahan pengisi. Bahan pengisi ditambahkan ke dalam matriks polimer bertujuan untuk mengurangi biaya, meningkatkan modulus, mengurangi penyusutan saat pencetakan, sebagai kontrol viskositas, dan dapat menghasilkan permukaan komposit yang lebih halus [10].

Talk adalah *filler* yang paling penting untuk polipropilena. Talk memberikan nilai mutu yang baik seperti kekakuan yang lebih tinggi, estetika permukaan yang lebih baik, koefisien rendah pada ekspansi termal, dan terjadinya penyusutan lebih rendah. Temperatur defleksi panas dan susut cetakan juga ditingkatkan dengan adanya penambahan talk. Modulus lentur meningkat dengan penambahan talk [12].

Talk adalah lembar silikat magnesium yang terhidrasi dengan formula kimia $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. Talk adalah partikel yang tidak larut dalam air dan asan lemah dan basa. Talk tidak mudah terbakar meskipun memiliki reaktivitas kimia yang sedikit

di atas 900°C, semakin kehilangan gugus hidroksilnya bisa di atas 1050°C. Titik leleh talk adalah 1500°C [12].

Kalsium karbonat (CaCO_3) juga berfungsi sebagai bahan pengisi. Kalsium karbonat ditambahkan ke dalam matriks polimer bertujuan untuk mengurangi biaya, meningkatkan modulus, mengurangi penyusutan saat pencetakan, sebagai kontrol viskositas, dan dapat menghasilkan permukaan komposit yang lebih halus [10]. Kalsium karbonat adalah bahan yang sangat murah dan yang paling sering digunakan sebagai bahan pengisi utama. Selain kalsium karbonat, terdapat alumina trihidrat dan antimon trioksida yang digunakan untuk ketahanan api, serta aluminium silikat (tanah liat kaolin) yang digunakan untuk meningkatkan insulasi, permukaan akhir, dan ketahanan terhadap bahan kimia [11].

2.1.3 Proses Manufaktur Komposit

Proses manufaktur komposit merupakan proses yang sangat penting dalam pembuatan dan pembentukan komposit menjadi produk jadi. Metode pembuatan komposit yang paling umum digunakan adalah *hand lay-up*, *filament winding*, *pultrusion*, *resin transfer molding*, *injection molding*, *compression molding*, *manual forming* dan sebagainya.

2.1.3.1 Hand Lay-Up

Metode pembuatan komposit *hand lay-up* merupakan metode yang paling tua, paling sederhana, dan paling umum digunakan. Permukaan yang datar dan cetakan yang berbentuk positif dapat terbuat dari kayu, logam, plastik, atau gabungan dari bahan-bahan tersebut dapat digunakan sebagai cetakan pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up* [8].

2.1.3.2 Filament Winding

Filament winding merupakan metode yang digunakan untuk pembuatan modifikasi permukaan seperti pipa, tabung, silinder, dan bola. Proses ini sering digunakan untuk pembuatan konstruksi tangki besar dan pipa yang digunakan dalam industri kimia. Pola adalah dasar dalam metode ini adalah gulungan filamen. Serat yang telah dibasahi resin menyelimuti *mandrel* yang berputar dengan bentuk sesuai dengan produk yang diinginkan. Setelah *cure*, produk dipisahkan dari

mandrelnya. Serat kemudian ditarik melalui bak berisi resin sebelum dililitkan dengan pola *helical* pada *mandrel*. Proses pelilitan diulang terus sehingga membentuk lapisan tambahan saling silang dengan ketebalan yang diinginkan [8].

2.1.3.3 *Pultrusion*

Pultrusion merupakan metode untuk pembuatan material komposit kontinu yang berbentuk seperti batang atau tabung. Dalam metode ini, produk yang telah melalui *die* akan ditarik keluar bukan didorong keluar dengan tekanan. Berbagai bentuk struktural dapat diproduksi dengan menggunakan *die* yang sesuai dan tepat [8]. Pada proses ini apabila viskositas resin yang digunakan terlalu tinggi maka proses penarikan akan sulit dan membutuhkan daya tarik yang lebih tinggi sehingga mengakibatkan produk yang dihasilkan kurang sempurna. Jadi untuk bentuk yang kompleks akan sulit diproduksi [11]

2.1.3.4 *Resin Transfer Molding*

Resin transfer molding merupakan proses manufaktur komposit yang memiliki potensi tinggi dalam fabrikasi besar dengan proses biaya yang rendah. Dalam proses ini, bahan penguat yang digunakan dalam kondisi kering lalu dipotong-potong, kemudian ditempatkan di rongga cetakan. Resin kemudian disuntikkan pada titik terendah ke cetakan atas untuk mengurangi udara yang terjebak. Ketika resin mulai masuk ke dalam perangkat resin, tabung dijepit untuk meminimalkan kehilangan resin. Ketika resin yang berlebihan mengalir dari lubang angin area cetakan, aliran resin dihentikan. Kemudian komponen cetakan mulai melalui proses *curing* [8].

Resin transfer molding juga dikenal sebagai transfer cairan. Proses manufaktur ini menawarkan produksi yang hemat biaya dalam kuantitas volum medium dan menggunakan perkakas yang murah. *Resin transfer molding* dapat membuat komponen kompleks dengan arah serat yang terkontrol. Serat kontinu biasanya digunakan dalam proses manufaktur ini [11].

2.1.3.5 *Injection Molding*

Injection molding merupakan proses manufaktur komposit untuk material termoplastik dan termoset. Komposit dimasukkan ke dalam *barrel* yang dipanaskan, kemudian dicampur, dan disuntikkan ke dalam rongga cetakan.

Kemudian didinginkan agar komposit dapat mengeras. *Injection molding* dapat digunakan untuk pembuatan banyak hal seperti kemasan tutup botol, *dashboard* mobil, gulungan kawat, dan sebagainya. Keuntungan menggunakan *injection molding* adalah tingkat produksi yang tinggi, dapat menggunakan berbagai bahan, biaya tenaga kerja rendah, dan memerlukan sedikit penyelesaian setelah pencetakan. Akan tetapi *injection molding* sangat mahal peralatannya, dan membutuhkan rancangan yang tepat untuk cetakan [8].

Injection molding memiliki proses waktu siklus terpendek dibandingkan dengan operasi pencetakan lainnya dan memiliki tingkat produksi yang tinggi. *Injection molding* banyak digunakan untuk membuat produk berukuran kecil, tetapi juga dapat digunakan untuk membuat struktur besar [11].

2.1.3.6 Compression Molding

Compression molding pada dasarnya melibatkan penekanan bahan yang dibebankan antara dua cetakan yang dipanaskan dan berubah menjadi produk yang padat karena pengaruh peningkatan suhu pada cetakan. Setelah bahan diletakkan di atas cetakan, lalu cetakan ditutup dan dipanaskan sampai suhu tinggi. Dengan adanya tekanan yang tinggi membantu mengurangi masalah ketidak tersebarnya bahan. Keuntungan menggunakan *compression molding* sebagai metode pembuatan komposit yaitu mampu menghasilkan produk dalam skala besar, beragam bentuk, ukuran, kompleksitas dapat dicapai dengan menggunakan *compression molding* [12].

2.1.3.7 Manual Forming

Proses manufaktur komposit dengan *manual forming* juga disebut *compression molding*, proses ini mirip dengan proses pembentukan lembaran logam. Pada proses ini resin termoplastik dan serat ditumpuk bersama di dalam cetakan yang diletakkan di antara dua pelat yang dipanaskan. Serat yang digunakan dalam proses ini adalah serat diskontinu yang tidak searah. Proses ini digunakan untuk membuat bentuk yang sederhana. Proses ini belum banyak digunakan dalam kepentingan komersial. Proses ini digunakan untuk membuat produk dengan ketebalan konstan [11].

Cetakan untuk proses ini terbuat dari alumunium. Kebanyakan komposit laminat dibuat menggunakan metode ini. Ada dua parameter untuk menghasilkan komposit yang baik. Pertama, harus ada ikatan yang kuat antar lapisan. Kedua, harus ada cukup panas dan waktu untuk mendapat ikatan pada antarmuka yang kuat. Untuk mendapatkan ikatan yang kuat antar lapisan, udara yang berada di permukaan harus dihilangkan. hal ini dapat diatasi dengan pemberian tekanan yang sesuai. Proses manufaktur ini sangat cocok untuk melakukan penelitian dan pengembangan [11].

2.2 Polimer Berpenguat Serat Alam

Pada komposit serat alam, resin dibagi menjadi termoplastik, termoset, dan resin bio. Resin termoplastik umumnya adalah resin polietilena, polipropilena dan poliamida dan resin termoset umumnya adalah epoksi, vinil ester, dan senyawa fenolik. Biasanya, matriks polimer termoset yang paling dikenal luas adalah epoksi. Termoset tidak dapat dicairkan begitu sudah mengeras, ikatan silang kovalen kuat antara rantai polimer membatasi daur ulang mereka. Selanjutnya, resin termoset cukup mahal, berbahaya bagi kesehatan (sebelum pematangan), dan membutuhkan waktu penanganan yang lama. Namun untuk mengatasi masalah ini, matriks termoplastik dapat dimanfaatkan sebagai gantinya. Termoplastik biasanya lebih murah, lebih ramah lingkungan, dan membutuhkan waktu penanganan lebih sedikit. Umumnya, termoset dapat menahan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan termoplastik [9].

2.2.1 Komposit Berbasis Termoset

Serat alam dicampur dengan termoset seperti poliester tak jenuh, fenol formaldehida, dan resin epoksi untuk membentuk material komposit. Dalam komposit matriks termoset, serat diresapi dengan resin termoset. Kemudian, disimpan di kamar atau suhu tinggi untuk memadatkan. Komposit dengan matriks termoset dapat dibuat melalui metode *hand lay-up*, modifikasi *lay-up press molding*, *pultrusion*, *resin transfer molding* untuk mencapai elemen kinerja yang tinggi. Meskipun resin epoksi telah sering digunakan untuk memperoleh produk yang berkualitas tinggi, poliester tidak jenuh lebih umum digunakan karena

kemudahan dan fleksibilitasnya untuk ekspansif struktur komposit. Selain itu, penggabungan serat alam yang diberi perlakuan kimia dibandingkan serat yang tidak diolah menyebabkan peningkatan kekuatan dalam komposit. Di antara komposit termoset, matriks komposit fenol formaldehida menunjukkan kekuatan dan modulus yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit epoksi diikuti oleh komposit poliester. Selain itu, komposit termoset berpenguat serat kaya akan lignin (misalnya sabut) menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap pelapukan, berbeda dengan serat kaya akan selulosa (misalnya sisal dan pisang) [9].

2.2.2 Komposit Berbasis Termoplastik

Serat alam memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan penguat di termoplastik. Saat ini, plastik biasanya digunakan karena kemungkinan untuk menggunakan instrumentasi proses tradisional dari sistem berbasis termoplastik dengan biaya perawatan yang rendah karena serat alami kurang abrasif. Meskipun demikian, suhu pemrosesan yang tinggi tidak dapat digunakan karena serat akan mulai menurun. Masalah pemrosesan membatasi matriks termoplastik seperti polietilena, polipropilena, dan polistirena untuk digunakan dengan serat lignoselulosa. Sifat komposit dipengaruhi oleh sifat mekanis dan atribut geometri penguat; serat-matriks, interaksi serat-serat, dispersi dan orientasi serat. Ikatan antar serat-matrik yang buruk terlihat karena perbedaan mengenai polaritas serat alam dan termoplastik. Akibatnya, transfer tegangan diubah dengan mempraktekkan serat, matriks, atau keduanya secara bersamaan menggunakan *coupling agent* dan *compatibilizer* yang meningkatkan sifat termoplastik yang diperkuat serat alam [9].

2.2.3 Komposit Berbasis Polimer *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* umumnya adalah asam polilaktat, selulosa, ester, pati kanji, polikaprolakton, dan poliester alifatik/kopoliester. Polimer *biodegradable* digunakan sebagai matriks alami komposit yang diperkuat serat untuk membuat barang-barang seperti tabung, pintu mobil, interior panel, piring-piring *sandwich*, dll. Selanjutnya, komposit selulosa-polihidroksibutirat (*bacteriaproduced polyester*) menunjukkan peningkatan sifat mekanis. Selain itu, serat *jute* yang diperlakukan secara kimia diperkuat dalam matriks yang sama menunjukkan sifat

yang lebih baik. Permukaan serat alam termodifikasi dan plastik *biodegradable* dibuat dengan ekstrusi diikuti dengan pencetakan kompresi. Beberapa kelemahan utama dari polimer *biodegradable* adalah sifat hidrofiliknya dan sifat mekanis yang rendah dalam lingkungan lembab. Di antara poliester *biodegradable*, *polylactides* telah menerima banyak pertimbangan, keduanya dibuat dari sumber daya terbarukan seperti pati yang bersifat *biodegradable* dan dapat dibuat kompos, dan memiliki toksisitas sangat rendah atau bahkan tidak ada dan kinerja mekanis yang baik dibandingkan dengan polimer komersial akan tetapi *polylactides* memiliki harga yang mahal [9].

2.2.4 Modifikasi Komposit Polimer Serat Alam

2.2.4.1 Perlakuan Serat

Perlakuan serat dilakukan pada serat alam untuk meningkatkan sifat komposit yang diperkuat serat alam. Kelemahan utama terkait dengan penggunaan serat alam sebagai bahan penguat dalam matriks polimer adalah keterbasahan yang buruk dan ikatan antarmuka yang lemah dengan matriks polimer karena kompatibilitas yang buruk [13]. Serat alam mengandung selulosa, lignin, pektin, hemiselulosa yang mana menghasilkan zat ini bersifat hidrofilik. Berbeda dengan sifat polimer, dimana bahan polimer menunjukkan sifat hidrofobik yang signifikan [9]. Oleh karena itu, untuk meningkatkan adhesi serat-matriks, diperlukan perlakuan pada permukaan serat. Ada berbagai perlakuan permukaan seperti alkali atau merserasi, *silane*, kombinasi alkali dan *silane*, dan sebagainya [13].

Perlakuan alkali dapat menghilangkan elemen kimia tertentu yang terdiri dari asam uranat (hemiselulosa), gugus aromatik, dan molekul nonpolar dari permukaan serat. Ada beberapa jenis perlakuan alkali. Salah satunya yang paling umum digunakan adalah perlakuan alkali dengan natrium hidroksida (NaOH). Pembersihan serat dengan NaOH 5% dapat menghilangkan senyawa amorf dan meningkatkan indeks kristalinitas bundel serat [9].

2.2.4.2 Coupling Agent

. Penambahan *coupling agent* dapat meningkatkan sifat termoplastik yang diperkuat serat alami [9]. *Coupling agent* diaplikasikan pada serat untuk

mengikatkan kebasahannya dengan matriks serta untuk meningkatkan ikatan antarmuka serat dan matriks. *Coupling agent* juga dapat meningkatkan transfer beban yang lebih baik antara serat dan matriks [10]. Terdapat dua jenis *coupling agent* yang umum digunakan yaitu *silane coupling agent* dan *maleic anhydride* [14].

Silane coupling agent memiliki kelompok fungsional yang berbeda pada kedua ujungnya dengan sedemikian rupa sehingga interaksi di satu ujungnya dapat terjadi dengan gugus hidrofilik dari serat sedangkan ujung lainnya dapat berinteraksi dengan gugus hidrofobik dari matriks untuk membentuk jembatan di antara mereka. *Silane coupling agent* yang paling sering digunakan adalah amino, metakril, dan alkil silan [14].

Maleic anhydride banyak digunakan sebagai *coupling agent* untuk meningkatkan sifat komposit. *Maleic anhydride* umumnya dicangkokkan ke polimer matriks yang sama untuk memastikan kompatibilitas antara matriks dan *coupling agent*, seperti komposit polipropilena menggunakan *maleic anhydride polypropylene* (MAPP). MAPP diproduksi dengan mencangkok *maleic anhydride* ke polipropilena [14]. MAPP merupakan *coupling agent* yang paling populer dan paling efektif. Penggunaan MAPP secara signifikan meningkatkan adhesi serat-matriks. Tanpa MAPP, kekuatan tarik dan kekuatan *bending* dari komposit polimer berpenguat serat lebih rendah daripada yang mengandung MAPP, yang menunjukkan bahwa ada transfer tegangan yang relatif kecil dari matriks ke serat untuk komposit yang tidak mengandung MAPP dibandingkan dengan yang menggunakan MAPP [13].

Penggunaan MAPP meningkatkan interaksi dan adhesi antara serat dan matriks yang mengarah ke perpindahan tegangan dari matriks ke serat. Penggabungan polar dari MAPP meningkatkan dispersi serat dan interaksi antarmuka serat-matriks melalui ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dari serat alam dan gugus karbonil dari MAPP. Karena adanya ikatan hidrogen, tingkat penyerapan kelembaban berkurang dan kekuatan mekanis pada komposit meningkat. MAPP dapat meningkatkan sifat mekanis komposit, tetapi kandungan dari MAPP sendiri tidak boleh tinggi. Pada kandungan MAPP yang tinggi dapat menurunkan sedikit sifat

mekanis komposit. Hal ini terjadi karena keterikatan diri dari MAPP yang dihasilkan dari kelebihan migrasi MAPP di sekitar permukaan serat [13].

2.2.4.3 Antioksidan

Antioksidan primer yang radikal sangat efektif untuk meningkatkan stabilisasi termal. Antioksidan kelas terminasi radikal yang paling umum digunakan adalah fenol. Antioksidan fenolik sangat efektif pada konsentrasi yang rendah (<0,5%) dalam menghambat dekomposisi. Sedangkan untuk antioksidan sekunder berguna untuk mencegah pembentukan produk radikal. Antioksidan sekunder yang paling umum digunakan adalah *thiosynergist* yang berbahan dasar sulfur atau *phosphites* yang berbahan dasar fosfor [12]. Antioksidan digunakan untuk memperlambat reaksi bahan organik dengan oksigen atmosfer, yang mana dapat menyebabkan degradasi sifat mekanis, estetika, dan sifat elektrik polimer [16].

Butylated hydroxytoluene (BHT) dan *pentaerythritol tetrakis(methylene (3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyhydrocinnamate))* (Irganox 1010) merupakan antioksidan berupa senyawa fenolik. Kedua antioksidan tersebut mewakili antioksidan yang memiliki berat molekul yang tinggi dan tidak mudah menguap [15]. BHT dan irganox 1010 mempunyai volatilitas yang rendah [12,16]. Sifat-sifat fisika dari kedua antioksidan tersebut dapat dilihat pada Tabel II.1. Selain BHT dan irganox 1010, *dibutylonyl phenol* (DBNP) dan *tetrakis(methylene (3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyhydrocinnamate))methane* (Anox 20) juga merupakan contoh antioksidan fenolik yang telah dikomersialkan [12].

TABEL II.1 Sifat-sifat Fisika Antioksidan

Sifat Fisika	BHT	Irganox 1010
Berat molekul, g/mol	220	1176
Rentang leleh, °C	70	110-125
Berat jenis, g/cm ³	1,05	1,45
Tekanan uap (Pa), pada 100°C	330	10 ⁻⁵
Tekanan uap (Pa), pada 200°C	19000	10 ⁻²

Sumber: Schwoppe dkk, 1987

Penggunaan irganox 1010 sebagai antioksidan pada polimer sering dilakukan dengan konsentrasi rendah sekitar 0,1-1% untuk polimer yang diproses pada temperatur tinggi atau di atas temperatur 300°C dengan mesin ekstrusi maupun *injection molding*. Irganox 1010 dapat melindungi multifilamen polipropilena

terhadap oksidasi ketika terpapar panas dalam *oven* pada temperatur 120°C selama 14 hari [16].

2.2.5 Aplikasi Komposit Polimer Serat Alam dalam Industri Otomotif

Sebagian besar perusahaan mobil di dunia telah melakukan banyak hal penelitian mengenai penggunaan komposit polimer berpenguat serat alam dalam produk mereka. Pembuatan mobil di Eropa telah melakukan berbagai penelitian untuk meningkatkan aplikasi komposit polimer berpenguat serat alam dalam industri otomotif, terutama di interior mobil seperti sandaran kursi, rak *parcel*, *boot* linen, linen pintu depan dan belakang, linen truk, dan panel *door-trim* [9].

Selain penggunaan untuk bagian interior mobil dalam industri otomotif, serat alam tertanam dalam polimer telah digunakan untuk aplikasi persyaratan tinggi untuk eksterior komponen badan mobil, seperti bagian tengah antara lampu depan di atas *fender* bus penumpang. Perusahaan mobil Jerman (BMW, Audi Group, Ford, Opel, Volkswagen, Daimler Chrysler, dan Mercedes) memanfaatkan serat selulosa komposit di berbagai bagian mobil, ditampilkan pada Gambar II.1, seperti menggunakan komposit getah karet sabut kelapa untuk kursi model Mercedes Benz A-class dan menggunakan serat sisal bentuk tikar dengan matriks epoksi untuk panel pintu model Mercedes Benz E-class [9].

Perusahaan Audi menggunakan komposit poliuretan berpenguat linen/sisal dalam bentuk tikar untuk membuat panel *door-trim*. Perusahaan Volkswagen menggunakan serat selulosa untuk membuat *seatback*, panel pintu, *boot-lip finish*, panel *boot-liner* dalam model Passat Variant, Golf, A4, dan Bora. BMW Group memiliki banyak komposit polimer berpenguat serat alam ke dalam mobilnya. BMW Group menggunakan sekitar 10.000 ton serat alam pada tahun 2004. Setiap mobil BMW seri 7 kapal 24 kg terbarukan bahan baku, dengan linen dan sisal pada lapisan pintu interior panel, juga menggunakan kapas di peredam suara, wol di *upholstery*, dan serat kayu di sandaran belakang [9]. BMW Group juga mempertimbangkan penggunaan komposit campuran serat kenaf dan linen untuk panel pintu Saturn L 300S [5].

Daimler-Benz di Jerman juga menggunakan berbagai serat alam seperti sisal, *jute*, kelapa, *hemp* Eropa, dan linen sebagai serat penguat dalam komponen

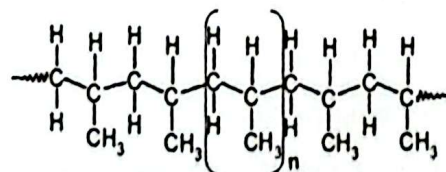
polipropilena berkualitas tinggi untuk menggantikan serat kaca. Daimler-Benz telah mengembangkan *dashbord* dan konsol sandaran tangan pusat bersama dengan cangkang kursi dan panel di kursi belakang. Selain itu, meningkatkan pemanfaatan komposit polimer berpenguat serat alam di beberapa mobil sekitar 98% dibandingkan model sebelumnya dengan memanfaatkan serat alami, misalnya, abaka dan linen [9].



Gambar II.1 Komponen Mobil dari Komposit Serat Alam
Sumber: Mohamed dkk, 2015

2.3 Polipropilena

Polipropilena adalah produk hilir petrokimia yang berasal dari olefin monomer propilena. Polipropilena adalah polimer vinil yang dimana setiap atom karbonnya melekat pada kelompok metil [17].



Gambar II.2 Struktur Polipropilena
Sumber: Maddah, 2016

Struktur molekul polipropilena dapat dibedakan menjadi 3 macam berdasarkan letak gugus metil terhadap rantai utama [17], yaitu:

a. Isotaktik

Gugus metil terletak di salah satu sisi rantai polimer.

b. Sindiotaktik

Gugus metil terletak berselang-seling pada kedua sisi rantai polimer.

c. Ataktik

Gugus metil terletak tidak beraturan terhadap sisi rantai polimer.

Polipropilena memiliki tingkat kristalinitas menengah yang berkisar antara 40%-60%. Polipropilena memiliki isotaktik yang sempurna pada titik leleh 171°C (340F). Tergantung pada ataktik material dan kristalinitas, isotaktik polipropilena komersial memiliki titik lebur mulai dari 160°C-166°C (320F-331F), sedangkan sindiotaktik polipropilena dengan kristalinitas 30% memiliki titik lebur 130°C. Polipropilena memiliki sifat yang luar biasa. Contohnya, polipropilena merupakan semi-kaku, tembus cahaya, ketahanan terhadap bahan kimia yang baik, tangguh, dan ketahanan panas yang baik. Selain itu, polipropilena memiliki pelunakan yang tinggi, penyerapan air yang rendah, ketahanan listrik yang baik, ringan, kekuatan dampak yang tinggi, dan bahan yang tidak beracun [17].

Ada tiga jenis polipropilena yang berbeda. Pertama, polipropilena yang hanya mengandung monomer propilena dalam bentuk padat semi-kristalin, yang disebut sebagai homopolimer polipropilena. Kedua, polipropilena yang mengandung etilena sebagai komonomer dalam rantai polipropilena pada tingkat kisaran 1-8% dan disebut sebagai kopolimer acak (*random copolymer*). Ketiga, homopolimer yang berisi campuran fase kopolimer acak yang memiliki kandungan etilen sekitar 45-65% yang disebut sebagai kopolimer dampak (*impact copolymer*) [17].

Jenis homopolimer polipropilena paling banyak digunakan dalam industri. Homopolimer polipropilena merupakan sistem dua fase yang mengandung dua daerah kristal dan non-kristal. Daerah non kristal (amorf) memiliki isotaktik dan ataktik. Isotaktik dalam daerah amorf dapat dikristalisasi dan mengkristal perlahan seiring waktu. Karena itu, homopolimer polipropilena menunjukkan tingkat kekakuan yang tinggi pada suhu kamar dan titik leleh yang tinggi tetapi transparansi yang lebih rendah, juga kekuatan impaknya berkurang. Kopolimer acak merupakan kopolimer etilena/propilena yang diproduksi dalam satu reaktor dengan kopolimerisasi propilena dan sejumlah kecil etilena. Meningkatnya kandungan etilena menyebabkan ketebalan kristal secara bertahap menurun, sehingga mencapai titik leleh yang rendah. Kopolimer biasanya memiliki sifat dampak yang sedikit lebih baik, titik leleh menurun, dan fleksibilitas yang lebih baik. Kopolimer dampak adalah campuran fisik homopolimer dan kopolimer acak dengan keseluruhan kandungan berat etilena sekitar 6-15%. Polimer dampak optimal pada suhu rendah

dengan resistensi impak yang lebih tinggi [17]. Sifat-sifat fisika homo-polipropilena dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II.2 Sifat-sifat Fisika Homo-Polipropilena

Sifat Fisika	Nilai
Densitas, g/cm ³	0,91-0,94
Kekuatan Tarik, psi	3200-5000
Penyerapan Air, 24 jam, %	0,01
Elongasi, %	3-700
Titik Pelunakan, °C	140-150
Titik Leleh (T _m), °C	160-166
Ekspansi Termal, 10 ⁻⁵ in/in.°C	5,8-10
Volume Spesifik, cm ³ /lb	30,4-30,8

Sumber: Maddah, 2016

Dalam penelitian yang dilakukan Shubhra dkk [13] menemukan bahwa suatu lembaran polipropilena memiliki kekuatan tarik sebesar 22 MPa, modulus elastisitas sebesar 545 MPa, dan elongasi sebesar 322%. Pembuatan lembaran komposit polipropilena/serat rami/talk dengan *manual forming* membutuhkan temperatur optimum sehingga digunakan temperatur 180°C dan 190°C yang dimana lebih tinggi daripada temperatur leleh dan temperatur maksimum penggunaan *manual forming* untuk mencegah degradasi serat. Penggunaan temperatur tersebut berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Lei dkk (2010) serta Salleh dkk (2015) [18,19]. Lei dkk (2010) membuat lembaran komposit polipropilena/serat rami pada temperatur 180°C [18]. Salleh dkk (2015) membuat lembaran komposit polipropilena/serat sabut kelapa pada temperatur 190°C [19].

2.4 Serat

Serat adalah bahan filamen kontinu seperti rambut yang bertindak sebagai fase diseminasi [9]. Serat merupakan unsur penting dalam komposit polimer. Serat umumnya menempati 30-70% dari volume matriks dalam komposit. Serat dapat dicacah, ditenun, dan dikepang. Serat biasanya diberi perlakuan dengan sejumlah pati, gelatin, minyak, atau lilin untuk meningkatkan ikatan serat. Serat secara luas diklasifikasikan sebagai serat alami dan serat sintesis [8].

2.4.1 Serat Sintetis

Serat sintetis seluruhnya terbuat dari bahan kimia. Serat sintetis biasanya lebih kuat daripada serat alam. Serat sintetis adalah serat yang berkinerja tinggi yang memiliki tingkat yang tinggi pada setidaknya salah satu sifat yaitu kekuatan tarik, temperatur operasi, tahan panas, tahan api, dan tahan terhadap bahan kimia. Serat sintetis yang paling umum digunakan dalam komposit untuk pengaplikasian struktural adalah serat kaca, serat aramid, dan serat karbon [8].

Serat kaca memiliki keuntungan utama yaitu biaya yang rendah, ketahanan kimia yang tinggi, dan sifat isolasi yang sangat baik. Kelemahan serat kaca adalah modulus tarik yang relatif rendah dan densitas yang tinggi, sensitivitas terhadap abrasi selama penanganan (dapat menurunkan kekuatan tarik), ketahanan terhadap kelelahan yang relatif rendah, dan kekerasan yang tinggi (menyebabkan keausan berlebih pada cetakan *die*). Kekuatan tarik rata-rata serat kaca yang baru ditarik dapat melebihi 3,45 GPa (500.000 psi) [10].

Serat aramid adalah serat poliamida aromatik yang memiliki densitas rendah, ringan, dan kekuatan tarik yang tinggi. Kevlar 49 adalah nama dagang dari salah satu serat aramid. Kelemahan serat aramid sebagai penguat komposit adalah kekuatan tekannya yang rendah dan sulit dalam pemotongan atau permesinan. Kekuatan tarik yang dapat dicapai oleh serat kevlar 49 adalah 3,5 GPa [10].

Serat karbon memiliki kelebihan yaitu kekuatan tarik yang tinggi, kekuatan kelelahan yang tinggi, dan konduktivitas termal yang tinggi. Akan tetapi, serat karbon memiliki kelemahan yaitu ketahanan benturan yang rendah dan konduktivitas listrik yang tinggi yang dapat menyebabkan korslet dalam mesin listrik yang tidak dilindungi, serta serat karbon sangat mahal. Serat karbon dapat mencapai kekuatan tarik sebesar 3,6 GPa [10].

2.4.2 Serat Alam

Serat alam telah menggantikan serat sintetis dalam beberapa dekade terakhir karena memiliki keunggulan dibandingkan serat sintetis, seperti biaya yang rendah, densitas yang rendah, dan konsumsi energi yang rendah dalam fabrikasi. Serat alam dikategorikan menjadi tiga jenis berdasarkan asalnya, yaitu serat tumbuhan, mineral, dan hewani. Serat hewani seperti rambut dan sutra, sedangkan serat

mineral belum banyak digunakan sebagai serat penguat. Salah satu serat mineral adalah asbes. Tetapi beberapa serat tumbuhan telah digunakan secara luas di bidang biokomposit untuk aplikasi di bidang otomotif, kelautan dan konstruksi [3]. Komponen utama serat hewani adalah protein, contoh serat hewani yaitu wol, alpaka, sutra, dan sebagainya. Komponen umum dalam serat tumbuhan adalah selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Contoh serat tumbuhan yaitu kapas, rami, sisal, dan linen [9].

Serat alam memiliki struktur kompleks yang biasanya tidak fleksibel, dengan kristal selulosa mikrofibril yang diperkuat lignin amorf dan/atau dengan hemiselulosa. Serat alam biasanya terdiri dari 60%-80% selulosa, 5%-20% lignin dan kelembaban hingga 20%. Selulosa adalah polimer glukosa linier yang memberikan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas struktural. Ribuan unit glukosa dengan ikatan hidrogen intramolekul membentuk kristal yang menghasilkan hidrofobik polimer yang stabil dengan kekuatan tarik yang tinggi. Di sisi lain, hemiselulosa adalah polimer bercabang yang mengandung 5 dan 6 gula karbon dari berbagai struktur kimia. Sedangkan lignin adalah jaringan polimer ikatan silang yang terdiri dari susunan beragam tak beraturan ikatan hidoksi dan unit fenilpropana tersubsitusi metoksi. Selain itu, lignin kurang polar dibandingkan dengan selulosa dan lignin bertindak sebagai perekat kimia di dalam dan di antara serat. Pektin adalah polisakarida kompleks dengan rantai utama yang terdiri dari modifikasi polimer asam glukuronat dan residu ramnosa. Rantai samping mereka kaya akan gula ramnosa, galaktosa, dan arabinosa. Rantai-rantai tersebut sering berikatan silang dengan ion kalsium, dengan demikian meningkatkan integritas struktural dengan area yang kaya pektin. Lignin, hemiselulosa, dan pektin secara kolektif berfungsi sebagai matriks dan perekat untuk menyatukan struktur kerangka selulosa pada komposit serat alam [9].

Sifat mekanis dari beberapa serat alam terdapat pada Tabel II.3. Variasi sifat serat alam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lokasi geografis tanaman, kematangan, komposisi kimia, bagian dari tanaman mana serat diekstraksi, dan lain-lain. Variasi juga dapat dikaitkan dengan pertumbuhan, panen, ekstraksi serat, dan penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan serat dipengaruhi oleh sifat

fisik serat. Diameter serat kecil dan rasio aspek tinggi memberikan sifat mekanis yang tinggi. Serat alam banyak digunakan sebagai penguat dalam beberapa pengaplikasian karena serat memiliki densitas yang rendah, kekuatan yang baik, dan modulus yang baik [3].

Tabel II.3 Sifat Mekanis Serat Alam

Serat	Densitas (g/cm ³)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (GPa)	Perpanjangan Putus (%)
Linen	1,5	345-1100	27,6	2,7-3,2
Hemp	-	690	30-60	1,6
Jute	1,3-1,4	393-773	13,0-26,5	1,2-1,5
Kenaf	-	930	53,0	1,6
Rami	1,5	400-938	61,4-128,0	1,2-3,8
Sisal	1,4	468-640	9,4-22,0	3,0-7,0
Nanas	-	413-1627	34,5-82,5	1,6
Sabut	1,1	131-175	4,0-6,0	15,0-40
Kapas	1,5-1,6	287-800	5,5-12,6	7,0-8,0
Kelapa Sawit	0,7-1,55	248	3,2	25,0
Bagas	1,25	290	17	-
Bambu	0,6-1,1	140-230	11-17	-

Sumber: Ramamoorthy dkk, 2015

2.5 Serat Rami

Rami (*Boehmeria nivea*) adalah tanaman berbunga yang berasal dari Asia Timur dikategorikan kelas *Urticaceae*. Serat rami ditemukan di lapisan kulit batang, khususnya di bawah lapisan kulit tipis. Serat ini terdiri dari 73% -74% selulosa, 13% -15% hemiselulosa, 0,6% -1,5% lignin, dan 1,0% -5.5% pektin. Serat rami cocok dengan serat kulit pohon seperti *jute* dan linen. Tetapi, serat rami lebih halus dan sangat kuat dalam keadaan kering dan bahkan lebih kuat setelah basah. Sebaliknya, serat kulit pohon yang memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi agak rapuh dan kaku. Rami tahan terhadap serangan serangga, jamur, dan bakteri. Selain itu, rami dapat tahan terhadap pencucian dengan suhu yang tinggi dan ketika dicuci serat rami menjadi lebih halus [9].

Rami mulanya dikembangkan di daerah dataran tinggi walaupun rami juga dapat dikembangkan di dataran rendah terutama yang memiliki fasilitas pengairan. Kendala pengembangan rami adalah panjangnya rantai proses penyeratan sampai menjadi serat siap pintal. Selain menghasilkan serat alami yang bermutu tinggi,

rami juga memiliki hasil samping yang bernilai ekonomi, seperti kompos limbah dekortikasi dan daun rami untuk campuran pakan ternak [20]. Sifat-sifat serat rami dapat dilihat pada Tabel II.4.

Tabel II.4 Sifat-sifat Serat Rami

Sifat	Nilai
Panjang serat, mm	120-150
Diameter serat, μm	40-60
Berat jenis, g/cm^3	1,5
Mulur, %	3,7
Pengaruh panas	Rusak, 200°C

Sumber: Purwati, 2010

Rami umumnya dikenal sebagai *China grass* yang mana banyak ditanam di Cina selatan dan utara. Beberapa peneliti telah mengeksplorasi potensi penguatan serat rami untuk pengembangan komposit termoplastik dan termoset dengan proses teknik yang berbeda. Rami dalam bentuk tinar serai nonwoven digunakan sebagai penguat untuk resin termoset seperti protein kedelai yang berbasis resin dan untuk termoplastik seperti PLA [4]. Kekuatan tarik dan modulus serat rami masing-masing adalah 400–938 MPa dan 61,4–128 GPa, serta elongasi sekitar 1,2-3,8%. Serat rami merupakan serat yang paling keras di antara serat kulit pohon. Serat rami relatif kurang dieksplorasi daripada serat kulit pohon yang lain karena rendahnya produksi dan sifat alami tanaman yang tidak murni membuatnya sulit digunakan sebagai penguatan komposit dalam skala besar [3].



Gambar II.3 Serat Rami

Sumber: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2014

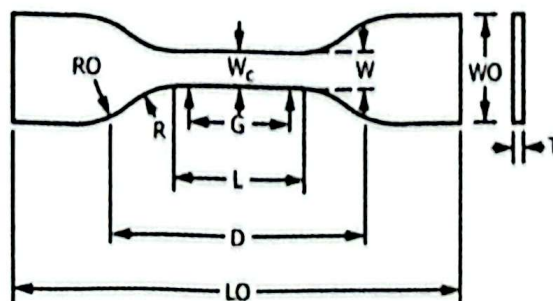
2.6 Kekuatan Tarik Komposit

Sifat bahan komposit dipengaruhi oleh sifat dan distribusi bahan penyusunnya, serta interaksi antara penyusunnya. Bentuk, ukuran, orientasi, distribusi penguat dan ciri-ciri dari matriks dapat juga mempengaruhi sifat bahan komposit. Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat bahan komposit yang sangat penting untuk aplikasi

struktur. Peran utama dalam komposit berpenguat serat alam adalah untuk memindahkan tegangan antara serat, memberikan ketahanan terhadap lingkungan yang merugikan dan menjaga permukaan serat dari efek mekanik dan kimia. Kontribusi serat sebagian besar berpengaruh pada kekuatan tarik bahan komposit [21]. Susunan serat yang digunakan juga dapat mempengaruhi kekuatan tarik, kekuatan lentur, maupun kekuatan tumbukan. Kekuatan tarik tertinggi yang dapat dicapai pada persentase berat serat sekitar 73% untuk komposit berpenguat serat rapi, tetapi kandungan serat yang lebih tinggi untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi dapat dicapai oleh komposit berpenguat serat pendek acak, hal ini mungkin karena adanya batas pepadatan yang lebih tinggi dengan serat rapi [14].

Kekuatan tarik adalah gaya peregangan maksimum (*stress*) yang dapat ditahan oleh suatu material sebelum patah atau robek. Kekuatan tarik diukur dalam satuan gaya per satuan luas. Sifat kekuatan tarik dari komposit polimer berpenguat serat alam dapat ditentukan menurut *American Society for Testing and Materials* (ASTM) D638 [13].

Pengujian kekuatan tarik pada komposit dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) sesuai standar ASTM D638. Metode pengujian berdasarkan standar ASTM D638 ini mencakup penentuan sifat-sifat kekuatan tarik untuk plastik yang diperkuat dan tidak diperkuat dalam bentuk spesimen uji berbentuk *dog bone* atau dayung sesuai standar ketika diuji di bawah kondisi yang ditentukan dari *pretreatment*, temperatur, kelembapan dan kecepatan mesin uji. Pada pengujian dengan metode ASTM D638 ini berlaku untuk sampel uji dengan ketebalan sampel hingga 14 mm [22].

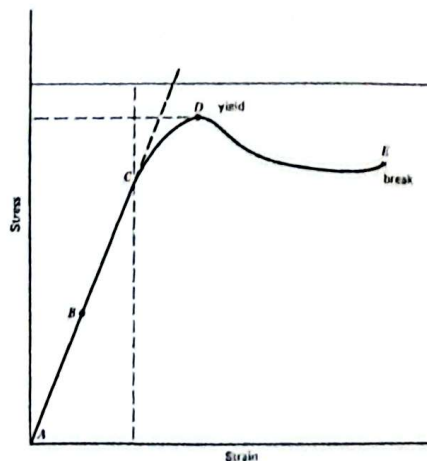


Gambar II.4 Spesimen Uji Tarik ASTM D638-14 Tipe IV
Sumber: ASTM International D638-14, 2015

Keterangan:

- W : Lebar bagian yang menyempit
- L : Panjang bagian yang menyempit
- R : Radius potongan (*radius of fillet*)
- RO : Radius luar (*outer radius*)
- G : Panjang pengukuran (*gage length*)
- T : Tebal
- D : Jarak antara *grip*
- WO : Lebar keseluruhan
- LO : Panjang keseluruhan

Sifat-sifat yang diperoleh dari hasil pengujian kekuatan tarik adalah kekuatan tarik (*tensile strength*), modulus elastisitas (*modulus of elasticity*), dan perpanjangan putus (*elongation at break*). Kekuatan tarik adalah kemampuan material dapat bertahan ketika mengalami beban yang diterapkan dalam tegangan ataupun geser. Perhitungan kekuatan tarik dengan membagi beban dan area penampang. Modulus elastisitas merupakan rasio tegangan terhadap regangan yang sesuai dibawah batas proporsional suatu material. Modulus merupakan ukuran kekakuan material. Modulus elastisitas diwakili oleh kemiringan garis lurus awal Perpanjangan putus merupakan peningkatan panjang spesimen uji yang dihasilkan oleh beban tarik atau selisih dari panjang awal *gage length* spesimen dengan panjang akhir *gage length* spesimen saat terjadinya patahan [23].



Gambar II.5 Kurva Tegangan-Regangan

Sumber: Shah, 2017

Kurva tegangan-regangan diilustrasikan pada Gambar II.5 yang diperoleh pada tegangan untuk laju pemuatan yang konstan. Bagian awal dari kurva tegangan-regangan antara titik A dan C adalah linier yang mengikuti hukum Hooke yang menyatakan bahwa untuk bahan elastis, tegangannya sebanding dengan

regangannya. Titik C di mana kurva aktual menyimpang dari garis lurus disebut batas proporsional, yang artinya hanya sampai titik ini tegangan sebanding dengan regangan. Perilaku bahan plastik di bawah batas proporsional bersifat elastis dan oleh karena itu deformasi dapat dipulihkan [23].

Pada bahan komposit beban tidak langsung dikenakan pada serat, tetapi matriks lalu terjadi transfer pada serat melalui bidang antarmuka (*interface*). Bidang antarmuka ini berfungsi mentransmisikan beban dari matriks ke serat yang memberikan kontribusi terbesar pada kekuatan tarik bahan komposit. Serat harus terikat kuat pada matriks. Bahan komposit dengan bidang antarmuka yang lemah, mempunyai kekuatan tarik yang relatif rendah tetapi memiliki ketahanan yang tinggi terhadap perpatahan. Sebaliknya bahan komposit dengan bidang antarmuka yang kuat, memiliki kekuatan tarik yang tinggi namun ketahanan terhadap perpatahannya rendah [14].

2.7 Analisis Gugus Fungsi

Pengujian kandungan gugus fungsi diperlukan alat Spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Prinsip kerja FTIR adalah mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi inframerah terhadap suatu senyawa [24].

Spektroskopi FTIR didasarkan pada interferensi radiasi antara dua sinar untuk menghasilkan interferogram. Sinar terakhir adalah sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi dari perubahan panjang jalur antara dua sinar. Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai detektor. Setelah amplifikasi sinyal, dimana kontribusi frekuensi tinggi telah dihilangkan oleh filter, data dikonversi ke bentuk digital oleh *analog-to-digital converter* dan ditransfer ke komputer untuk mendapatkan hasil spektra FTIR [24].

Setelah hasil spektra inframerah direkam, tahap selanjutnya adalah menginterpretasi dari spektra tersebut. Puncak-puncak spektra yang dihasilkan dapat diketahui dengan adanya pembagian kelompok frekuensi. Kelompok frekuensi dibagi menjadi tiga kelompok utama yaitu:

1. Wilayah inframerah dekat (bilangan gelombang $13.000 - 4.000 \text{ cm}^{-1}$). Absorpsi yang diamati di wilayah ini kombinasi dari pita peregangan mendasar di

wilayah $3000 - 1770 \text{ cm}^{-1}$. Pita yang terlibat biasanya karena peregangan C–H, N–H atau O–H.

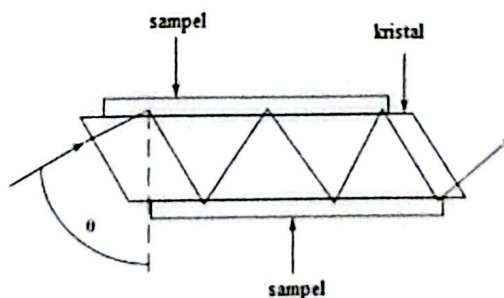
2. Wilayah inframerah menengah (bilangan gelombang $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$) wilayah ini dibagi menjadi empat wilayah. Pertama, wilayah peregangan X–H dengan bilangan gelombang $4000 - 2500 \text{ cm}^{-1}$, dimana getaran mendasar disebabkan oleh peregangan O–H, C–H dan N–H. Kedua, wilayah rangkap tiga dengan bilangan gelombang $2500 - 2000 \text{ cm}^{-1}$, pada wilayah ini terdapat ikatan $\text{C}\equiv\text{C}$ menyerap di antara $2300 - 2050 \text{ cm}^{-1}$ dan ikatan $\text{C}\equiv\text{N}$ di antara $2300 - 2200 \text{ cm}^{-1}$. Ketiga, wilayah rangkap dua dengan bilangan gelombang $2500 - 1500 \text{ cm}^{-1}$. Keempat, wilayah sidik jari dengan bilangan gelombang $1500 - 600 \text{ cm}^{-1}$.
3. Wilayah inframerah jauh (bilangan gelombang $<400 \text{ cm}^{-1}$), untuk mengkarakterisasi senyawa organologam, anorganik, dan atom halogen.

Spektra yang dihasilkan menggambarkan absorpsi dan transmisi molekular, yang membentuk sidik jari molekular suatu sampel. Sebagian besar instrumen komersial memperlihatkan spektra dengan bilangan gelombang yang menurun dari kiri ke kanan. Skala ordinat dapat disajikan dalam % transmittan dengan 100% di bagian atas spektra dan dapat pula disajikan dalam absorban sesuai dengan kebutuhan sebagai ukuran intensitas pita. Mode transmittan secara tradisional digunakan untuk spektral interpretasi, sedangkan absorban digunakan untuk pekerjaan kuantitatif. Dengan menggunakan nilai % transmittan, mudah untuk menghubungkan dan memahami angka-angkanya. Misalnya 50% transmittan berarti setengah dari cahaya ditransmisikan dan setengahnya diserap. Jika menginginkan nilai absorban (A), nilai transmittan (T) dikonversi ke dalam nilai A zat yang diukur dengan menggunakan rumus $A = -\log \%T$ [24].

Teknik reflektansi dapat digunakan untuk sampel yang sulit dianalisis dengan metode transmittansi. Metode reflektansi dapat dibagi menjadi dua kategori. Pengukuran reflektansi internal dan eksternal. Pengukuran reflektansi internal dapat digunakan dengan menggunakan *Attenuated Total Reflectance* (ATR) dalam kontak dengan sampel. Pengukuran reflektansi eksternal melibatkan sinar inframerah yang dipantulkan langsung dari permukaan sampel yaitu dengan metode *specular*

reflectance dan *diffuse reflectance* yang mana teknik ini sangat tepat untuk studi tentang permukaan [24].

Dengan metode ATR, sinar radiasi memasuki kristal akan menjalani refleksi internal total ketika sudut datang di antara permukaan sampel dan kristal lebih besar dari sudut kritis, dimana kemudian menjadi fungsi dari indeks bias dua permukaan. Sinar tersebut menembus sebagian kecil dari panjang gelombang di luar permukaan pantulan dan ketika material yang secara selektif menyerap radiasi dalam kontak dekat dengan permukaan pantulan, sinar kehilangan energi pada panjang gelombang di mana bahan menyerap. Radiasi yang dilemahkan yang dihasilkan diukur dan diplot sebagai fungsi dari panjang gelombang oleh spektrometer dan menimbulkan karakteristik spektral serapan pada sampel. Metode ini memungkinkan untuk mengetahui gugus fungsi pada sampel cair maupun padat [24]. Saat ini ATR adalah metode pengambilan sampel FTIR yang paling sering digunakan, karena lebih cepat dan memberikan semua informasi yang diperlukan tentang berbagai kelompok fungsional transformasi pada struktur polimer. Metode ATR memungkinkan analisis sampel dengan ukuran kecil dan tanpa persiapan sampel. Waktu analisis pun sangat cepat, untuk polimer yang tebal dapat dianalisis kurang dari 1 menit [25].



Gambar II.6 Ilustrasi *Attenuated Total Reflectance* (ATR)

Sumber: Stuart, 2004

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur pada bulan Juni 2018-Desember 2018. Selanjutnya dilakukan pembuatan lembaran komposit dan polipropilena yang dilanjutkan dengan pembuatan spesimen di Laboratorium Polimer Politeknik STMI Jakarta pada bulan Januari-Maret 2019. Kemudian pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Polimer Politeknik STMI Jakarta dan pengujian kandungan gugus fungsi di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta pada bulan April dan Mei 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini (gambar alat terlampir pada Lampiran A) yaitu:

1. timbangan digital
2. plastik *zipper*
3. gunting
4. sarung tangan rajut
5. sarung tangan kulit
6. plastik *wrap*
7. jangka sorong
8. pisau cetakan spesimen ASTM D638-14 Tipe IV
9. *Manual Forming Machine* (MFM) Cometech model QC-601A
10. *Pneumatic Specimen Punch* Cometech model QC-603C
11. *Universal Testing Machine* (UTM) Ibertest 5 kN EUROTEST T-5 & T-5/E
12. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectroscopy* Thermo Scientific Nicolet iS10

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa granula komposit polipropilena/serat rami/talk yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Yeni Fitriyaningsih dan Wieke Susilawati [7] di PT. Interaneka Lestari Kimia, Tangerang. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah (gambar bahan terlampir pada Lampiran A):

1. Granula komposit polipropilena/serat rami/talk dengan persentase berat serat rami 10% sebanyak 150 gram.
2. Granula komposit polipropilena/serat rami/talk dengan persentase berat serat rami 15% sebanyak 150 gram.
3. Granula komposit polipropilena/serat rami/talk dengan persentase berat serat rami 20% sebanyak 150 gram.
4. Homopolimer polipropilena dengan *injection grade* MAS 5402 yang diperoleh dari PT. Polytama Propindo sebanyak 150 gram.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu variabel tetap dan variabel berubah.

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian ini berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini yaitu waktu pencetakan komposit dengan mesin *manual forming* selama 20 menit.

3.3.2 Variabel Berubah

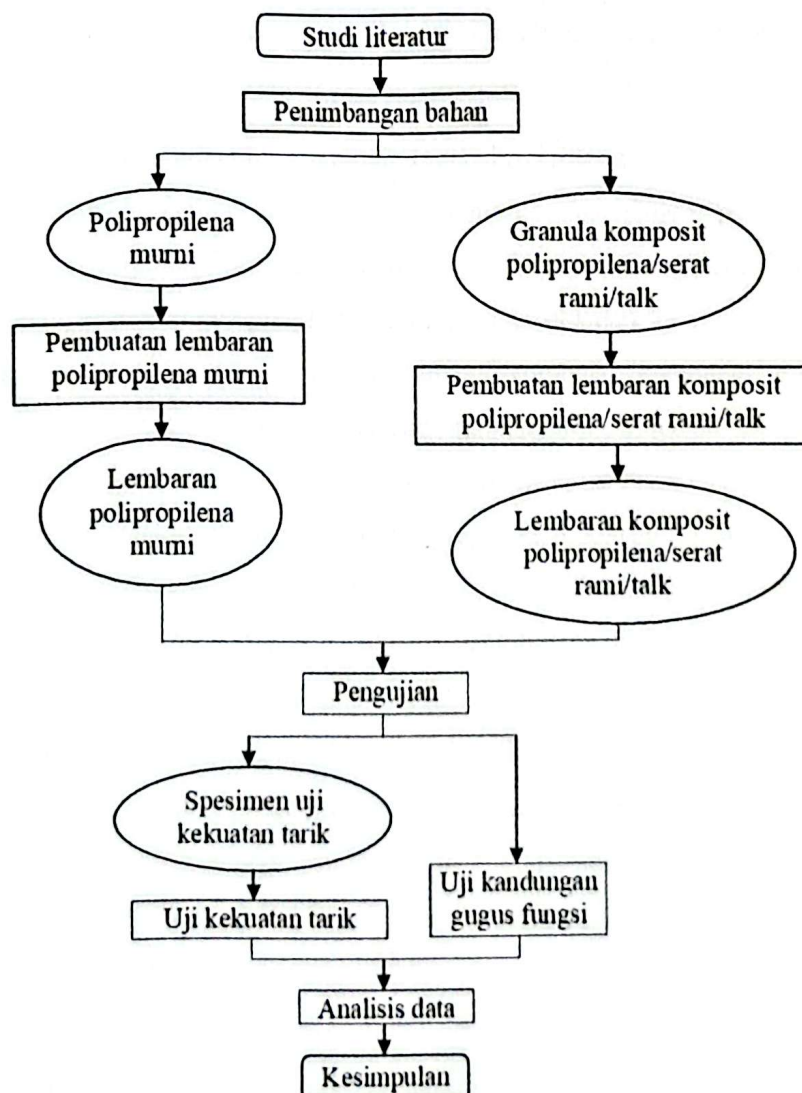
Variabel berubah adalah variabel yang dapat berubah selama penelitian ini berlangsung. Bertujuan untuk mencari nilai terbaik dari sampel produk komposit yang terbentuk. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III.1.

Variabel persentase berat serat rami dan temperatur operasi pada mesin *manual forming* dibuat untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan kandungan gugus fungsi dari komposit polipropilena/serat rami/talk.

Tabel III.1 Matriks Penelitian Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk

Sampel	Granula Komposit dengan Persentase Berat Serat Rami (% wt)	Temperatur Operasi di mesin <i>Manual Forming</i> (°C)
1	10	180
2	15	180
3	20	180
4	10	190
5	15	190
6	20	190

3.4 Prosedur Penelitian



Gambar III.1 Skema Penelitian Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama yang dilakukan yaitu studi literatur. Kemudian melakukan persiapan bahan komposit polipropilena/serat rami/talk yang berbentuk granula dan polipropilena murni. Setelah itu dilakukan tahap pembuatan lembaran komposit dan polipropilena dengan mesin *manual forming*. Selanjutnya dilakukan tahap pengujian yakni pengujian kekuatan tarik dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengujian kandungan gugus fungsi dengan mesin *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectroscopy*. Sebelum pengujian kekuatan tarik, dilakukan pembuatan spesimen dari lembaran komposit dan polipropilena dengan menggunakan *pneumatic specimen punch*.

3.4.1 Pembuatan Lembaran Komposit dan Polipropilena

Pembuatan lembaran komposit dan polipropilena dalam penelitian ini menggunakan *Manual Forming Machine* (MFM) Cometech model QC-601A. Sebelumnya, komposit dan polipropilena ditimbang sebanyak 75 gram per sampel sebelum dicetak. Kemudian komposit atau polipropilena diletakkan ke seluruh permukaan cetakan secara manual. Cetakan berbahan logam dengan ukuran 20 × 20 cm. Selanjutnya, cetakan dimasukkan ke dalam mesin *manual forming*.

Proses pencetakan komposit dan polipropilena dilakukan selama 20 menit dengan temperatur operasi yang bervariasi sesuai dengan variasi pada penelitian ini. Setiap 3 menit, komposit atau polipropilena yang berada di dalam mesin *manual forming* diberi tekanan secara perlahan-lahan, dan ketika pada menit ke 15 diberikan tekanan secara maksimal untuk melepaskan uap hasil pemanasan selama pelelehan komposit atau polipropilena sehingga meminimalisasikan adanya uap yang terjebak. Setelah proses pemanasan selesai, selanjutnya dilakukan proses pendinginan hingga temperatur operasi mesin *manual forming* menurun hingga 70°C. Proses pendinginan bertujuan untuk memadatkan lelehan komposit dan polipropilena sehingga dapat dikeluarkan dari mesin *manual forming*. Gambar lembaran komposit polipropilena/serat rami/talk dan polipropilena dilampirkan pada Lampiran B.

3.4.2 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen komposit dan polipropilena dalam penelitian ini menggunakan mesin *Pneumatic Specimen Punch* Cometech model QC-603C. Pembuatan komposit dan polipropilena bertujuan untuk dijadikan sampel pada saat pengujian kekuatan tarik. Bentuk spesimen pengujian kekuatan tarik mengikuti standar ASTM D638-14 tipe IV yang berbentuk *dog bone*.

Pembuatan spesimen diawali dengan menaruh pisau cetakan di atas permukaan lembaran komposit atau polipropilena. Kemudian keduanya diletakkan di dalam mesin *pneumatic specimen punch*. Selanjutnya proses pemotongan dilakukan dengan menekan tombol *press* yang terletak di sisi kanan dan kiri mesin dan menginjak pedal secara bersamaan. Kemudian spesimen dikeluarkan dari pisau cetakan. Pengeluaran spesimen dari pisau cetakan harus dilakukan dengan sangat hati-hati agar spesimen tidak rusak saat dikeluarkan. Gambar spesimen komposit polipropilena/serat rami/talk dan polipropilena dilampirkan pada Lampiran B.

3.5 Tahap Pengujian

3.5.1 Uji Kekuatan Tarik

Uji kekuatan tarik dalam penelitian ini menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian yang dilakukan mengikuti standar ASTM D638-14. Sampel komposit dan polipropilena terlebih dahulu diukur lebar badan dan ketebalannya sebelum dilakukan pengujian. Jarak antar *grip* pada UTM adalah 65 mm dan kecepatan pengujian yang digunakan adalah 45 mm/menit sesuai standar ASTM D638-14. Pengujian dilakukan dengan menjepitkan kedua ujung sampel pada UTM dan sampel ditarik dengan pembebanan tertentu sampai sampel patah. Tiga pengujian dilakukan untuk masing-masing sampel dan nilai rata-rata yang dilaporkan.

3.5.2 Uji Kandungan Gugus Fungsi

Uji kandungan gugus fungsi dalam penelitian ini menggunakan mesin *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectroscopy*. Sampel dalam pengujian ini berbentuk lembaran komposit. Sebelum melakukan pemindaian sampel, dilakukan pemindaian *background* untuk menghilangkan hasil pemindaian lingkungan pada

saat pemindaian sampel. Pengujian dilakukan dengan pemindaian sinar infamerah pada tiga titik di setiap lembaran komposit dengan jangkauan bilangan gelombang pada kisaran 4000-400 cm^{-1} .

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk

Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar gaya peregangan maksimum (*stress*) yang dapat ditahan oleh suatu material sebelum patah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan UTM.

Tabel IV.1 Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk dengan Polipropilena

Sampel	Komposit dengan Persentase Berat Serat Rami (%)	Temperatur Operasi di <i>Manual Forming</i> (°C)	Hasil Pengujian		Kekuatan Tarik Polipropilena (MPa)
			Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk (MPa)	Standar Deviasi	
1	10	180	23,07	0,50	29,92
2	15		23,16	0,76	
3	20		22,85	1,29	
4	10	190	24,41	0,40	29,23
5	15		22,29	1,22	
6	20		21,82	0,28	

Tabel IV.1 menunjukkan nilai rata-rata nilai kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk dari tiga spesimen yang diuji dari masing-masing sampel. Kemudian data hasil uji kekuatan tarik dianalisis berdasarkan pengaruh persentase berat rami dan temperatur operasi di *manual forming*.

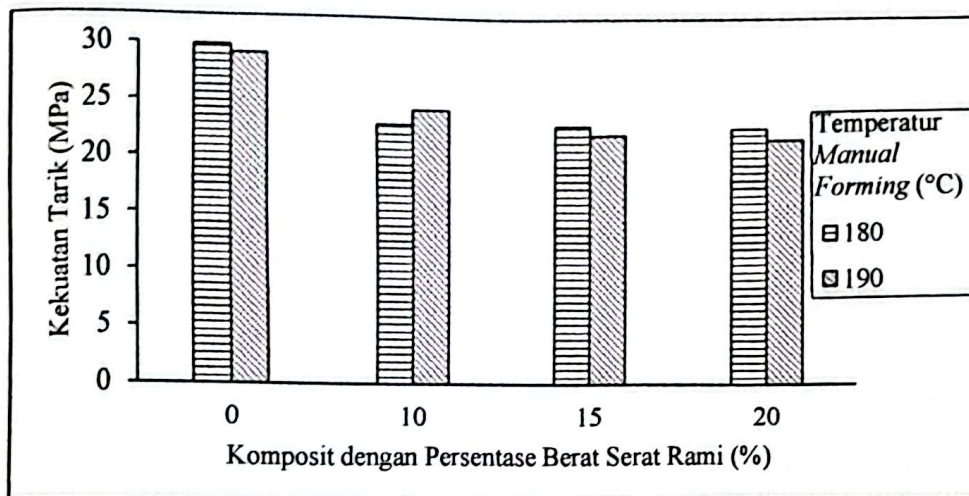
Berdasarkan nilai kekuatan tarik di atas, hasil kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk yang dihasilkan berada dibawah nilai kekuatan tarik polipropilena murni. Penggunaan serat alam dan penambahan *coupling agent* serta *filler* dalam komposit polipropilena seharusnya dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik [13]. Akan tetapi, dalam penelitian ini nilai kekuatan tarik yang didapatkan berbanding terbalik dengan literatur yang ada. Penurunan kekuatan tarik ini disebabkan oleh interaksi antara matriks dengan serat yang lemah, sehingga beban yang dikenakan pada matriks tidak terjadi transfer dengan baik pada serat yang akhirnya membuat komposit polipropilena/serat rami/talk menjadi kurang kuat

terhadap pembebanan [21]. Terjadinya interaksi yang lemah antara matriks dengan serat disebabkan karena serat rami yang digunakan sebagai bahan penguat komposit tidak mengalami delignifikasi secara maksimal dan peran *coupling agent* untuk meningkatkan ikatan antarmuka matriks-serat yang tidak berjalan dengan baik sehingga menghasilkan ikatan antarmuka matriks dan serat yang lemah. Faktor tersebut yang menyebabkan kekuatan tarik menurun atau dibawah nilai kekuatan tarik polipropilena murni. Namun, kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk ini sudah dapat digunakan sebagai material pembuatan *bumper* mobil. Maruya dkk (1991) membuat *bumper* mobil dengan menggunakan resin kopolimer blok etilena/propilena yang telah dipatenkan [26]. Dalam paten tersebut, diketahui kekuatan tarik yang didapatkan untuk membuat *bumper* sebesar 155-175 kg/m² (15,20-17,16 MPa) [26].

4.1.1 Pengaruh Persentase Berat Serat Rami Terhadap Kekuatan Tarik

Dari Tabel IV.1 dan Gambar IV.1 dapat dilihat bahwa persentase berat rami dapat mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Penambahan persentase berat serat dalam suatu komposit dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik hingga 30-45% [13]. Namun pada penelitian ini nilai kekuatan tarik menurun dengan seiring bertambahnya persentase berat serat rami. Hal ini diakibatkan oleh ikatan antara matriks dan serat yang lemah. Ikatan matriks dan serat yang lemah disebabkan karena pembuatan komposit dengan mesin *manual forming* yang tidak dapat membuat granula komposit menyebar secara merata ke seluruh bagian permukaan cetakan dan juga ketika proses pencetakan terdapat udara yang terjebak di dalam lembaran komposit sehingga menimbulkan adanya bercak putih atau gelembung-gelembung yang dapat mengurangi kerapatan dan kekuatan tarik komposit. Selain itu, semakin banyak serat yang ditambahkan maka kemampuan matriks mengikat serat makin berkurang, mengakibatkan kekuatan tarik semakin menurun [21].

Kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh sampel 4 dengan persentase berat serat rami sebesar 10% pada temperatur operasi *manual forming* 190°C yang nilai kekuatan tariknya sebesar 24,41 MPa. Sedangkan kekuatan tarik terendah dimiliki oleh sampel 6 dengan persentase berat serat rami 20% pada temperatur operasi *manual forming* 190°C yang memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 21,82 MPa.



Gambar IV.1 Pengaruh Persentase Berat Serat Rami dan Temperatur *Manual Forming* terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk

4.1.2 Pengaruh Temperatur *Manual Forming* Terhadap Kekuatan Tarik

Dari Gambar IV.1 dapat disimpulkan bahwa temperatur operasi di *manual forming* dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik pada komposit. Peningkatan temperatur operasi di *manual forming* terhadap nilai kekuatan tarik mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan. Penurunan nilai kekuatan tarik seiring dengan meningkatnya temperatur dimungkinkan karena serat terjadi degradasi pada temperatur yang lebih tinggi [27].

Kasus yang berbeda pada sampel 1 dan 4. Sampel 1 memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah pada temperatur 180°C dibandingkan dengan kekuatan tarik pada sampel 4 dengan temperatur 190°C. Hal ini dimungkinkan karena adanya interaksi yang lebih lemah antara matriks dengan serat pada sampel 1 jika dibandingkan dengan sampel 4. Hal ini diperkuat dengan adanya gugus fungsi hidroksil -OH yang terlihat pada sampel 1 dan tidak terlihatnya ikatan C=O yang menandakan bahwa pada sampel 1 tidak terkandung MAPP. Gugus fungsi hidroksil -OH akan berkurang ketika MAPP ditambahkan atau diberi perlakuan alkali NaOH dan terjadi reaksi esterifikasi sehingga dapat meningkatkan kompatibilitas serat rami dan polipropilena [28,18]. Namun, reaksi tersebut tidak terjadi pada sampel 1 sehingga ikatan serat rami dan matriks kurang baik dan menyebabkan menurunnya

nilai kekuatan tarik. Faktor itulah yang membuat kekuatan tarik pada sampel 1 lebih rendah dibandingkan dengan sampel 4.

4.2 Analisis Gugus Fungsi Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ikatan gugus fungsi yang terbentuk atau terkandung dalam sampel. Pengujian gugus fungsi dilakukan pada tiga titik pengujian di setiap lembaran komposit dengan menggunakan mesin *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy*. Hasil pengujian FTIR berupa grafik spektra dengan rentang frekuensi 4000-500 cm^{-1} . Dari tiga titik pengujian, diambil hasil spektra yang terbaik pada masing-masing lembaran komposit dan dibandingkan dengan spektra polipropilena murni.

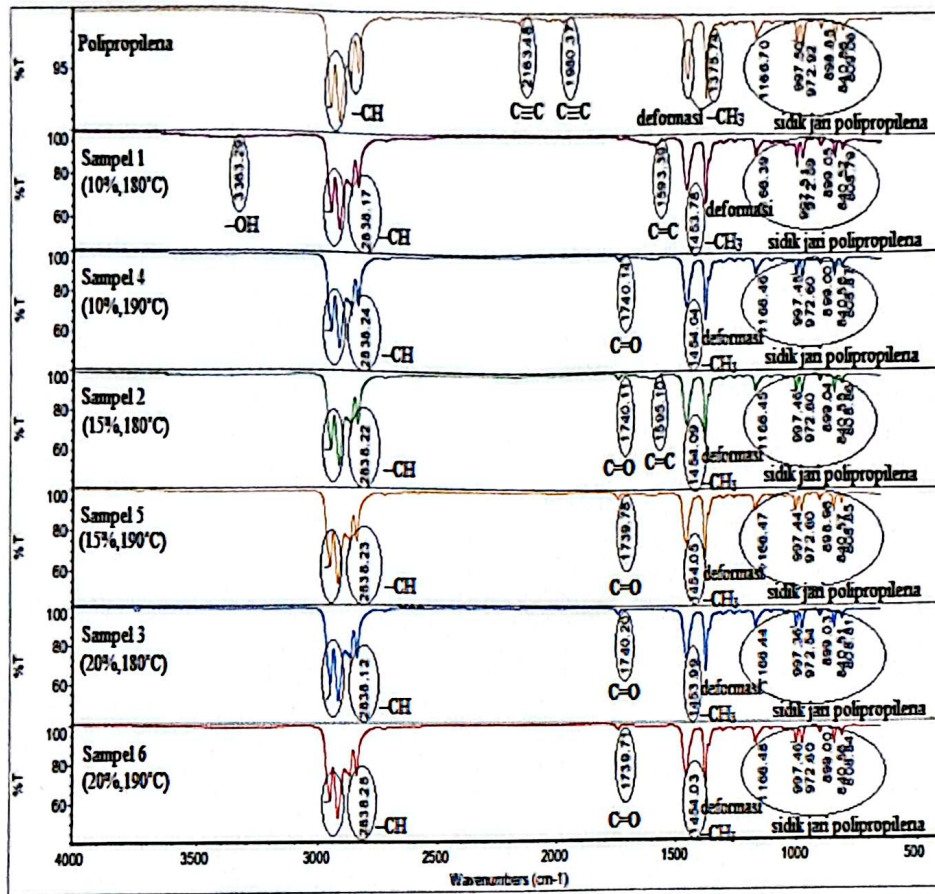
Hasil FTIR komposit polipropilena/serat rami/talk dan polipropilena dapat dilihat pada Gambar IV.2. Terlihat bahwa komposit polipropilena/serat rami/talk mengandung sejumlah besar polipropilena dan serat. Pada spektra FTIR polipropilena terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 2951,57 cm^{-1} dan 2917,66 cm^{-1} yang menandakan adanya grup metil $-\text{CH}_3$, bilangan gelombang 2868,98 cm^{-1} dan 2838,16 cm^{-1} menandakan adanya grup metilena $-\text{CH}_2-$, bilangan gelombang 1454,29 cm^{-1} dan 1375,74 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan deformasi $-\text{CH}_3$, serta bilangan gelombang 1166,70 cm^{-1} ; 997,50 cm^{-1} dan 972,92 cm^{-1} menandakan adanya gugus fungsi C-O. Bilangan gelombang 898,85 cm^{-1} ; 840,86 cm^{-1} dan 809,06 cm^{-1} menandakan adanya gugus fungsi $-\text{C}-\text{COO}$. Bilangan gelombang dari 1166-809 cm^{-1} merupakan gugus yang menunjukkan sidik jari polipropilena. Serta adanya puncak pada bilangan gelombang 2163,48 cm^{-1} dan 1980,37 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus fungsi $\text{C}\equiv\text{C}$.

Pada spektra FTIR dari enam komposit polipropilena/serat rami/talk terlihat adanya sidik jari polipropilena dalam komposit yang terlihat pada bilangan gelombang 1166-808 cm^{-1} . Terlihat adanya puncak pada bilangan gelombang 2949-2838 cm^{-1} yang menandakan adanya CH_3 dan menunjukkan keberadaan polipropilena dalam komposit. Serta adanya puncak bilangan gelombang pada 1453-1454 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan deformasi $-\text{CH}_3$. Puncak pada bilangan 1739-1740 cm^{-1} terlihat pada serapan yang lemah yang menandakan adanya gugus fungsi aldehyd $\text{C}=\text{O}$ pada sampel 2 sampai 6. Adanya ikatan $\text{C}=\text{O}$

menunjukkan adanya kandungan serat rami, MAPP dan Irganox 1010 dalam komposit [18,25].

Pada sampel 1 dan 2 terlihat puncak dengan serapan lemah pada bilangan gelombang 1593 cm^{-1} dan 1595 cm^{-1} yang menandakan adanya ikatan C=C. Ikatan C=C menunjukkan adanya keberadaan lignin dan hemiselulosa pada serat rami, sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan alkali pada serat rami tidak dapat menghilangkan sepenuhnya kandungan lignin dan hemiselulosa dalam serat rami [28]. Keberadaan ikatan C=C yang hanya terdapat pada sampel 1 dan 2 menunjukkan bahwa temperatur operasi pada *manual forming* dapat mempengaruhi kandungan gugus fungsi yang terdapat pada komposit polipropilena/serat rami/talk. Hal ini disebabkan terjadinya degradasi lignin dan hemiselulosa dalam serat rami pada temperatur *manual forming* 190°C , sehingga komposit polipropilena/serat rami/talk dengan temperatur *manual forming* 190°C tidak terlihat adanya ikatan C=C [29]. Keberadaan talk tidak terlihat dalam komposit polipropilena/serat rami/talk. Hal ini disebabkan karena kandungan talk yang terkandung dalam komposit sangat sedikit yaitu sebesar 0.8%. Talk mempunyai gugus penyusun berupa -OH pada bilangan gelombang 1670 cm^{-1} , Si-O-Si simetris dan asimetris pada bilangan gelombang 672 cm^{-1} dan 1017 cm^{-1} [30].

Dari enam sampel komposit polipropilena/serat rami/talk hanya sampel 1 (komposit dengan persentase berat serat rami 10% pada temperatur *manual forming* 180°C) yang menunjukkan adanya serapan gugus fungsi hidroksil -OH pada bilangan gelombang 3362 cm^{-1} dengan puncak yang sedang. Hal ini membuktikan bahwa penambahan MAPP belum dapat menghilangkan gugus hidroksil dalam komposit. Hal ini diakibatkan reaksi esterifikasi tidak terjadi dan menimbulkan ikatan antar serat dan matriks menjadi lemah. Reaksi esterifikasi terjadi antara hidroksil serat rami dan gugus fungsional anhidrida pada MAPP, sehingga dapat mengurangi gugus hidroksil yang mana dapat meningkatkan kompatibilitas polipropilena dan serat rami [25]. Pada sampel ini tidak terlihat adanya gugus fungsi C=O yang menandakan bahwa pada sampel ini tidak terlihat adanya kandungan MAPP atau Irganox 1010. Faktor ini menyebabkan kekuatan tarik pada sampel 1 lebih rendah jika dibandingkan dengan sampel 2 dan 4.



Gambar IV.2 Spektra FTIR Komposit Polipropilena/Serat Rami/Talk

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada data hasil pengujian serta analisis data dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase berat serat rami dan temperatur operasi pada *manual forming* dapat memberi pengaruh terhadap kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami/talk. Peningkatan persentase berat serat rami dan temperatur operasi pada *manual forming* dapat menurunkan nilai kekuatan tarik komposit.
2. Komposisi komposit polipropilena/serat rami/talk yang memiliki kekuatan tarik tertinggi terdapat pada sampel komposit polipropilena/serat rami/talk dengan persentase berat rami 10% dan temperatur *manual forming* 190°C yang nilai kekuatannya sebesar 24,41 MPa.
3. Dari hasil pengujian gugus fungsi komposit polipropilena/serat rami/talk menunjukkan adanya keberadaan polipropilena dalam komposit dan keberadaan serat rami, MAPP serta Irganox 1010 dengan adanya gugus fungsi $-CH$, $-OH$, $C=C$, dan $C=O$. Namun keberadaan talk tidak terlihat pada spektra FTIR karena kandungannya yang sedikit.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi kedepannya penulis menyarankan terkait pelaksanaan penelitian yaitu:

1. Pada saat pembuatan lembaran komposit di *manual forming* usahakan untuk tidak terjadinya *void* akibat udara yang terjebak dalam lembaran komposit.
2. Pengeluaran spesimen dari pisau cetakan perlu dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari deformasi dini pada spesimen komposit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Oktariani, Erfina, Rochmi Widjajanti, Syaiful Ahsan, Recky Pahlevi Anthoni Putra, Faisal Amir, Lidia Jane Heryes dan Ayu Wulandari, "Sifat Mekanis Polipropilena Berpenguat Serat Kenaf Pendek: Pengaruh Fraksi Massa dan Talk", *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, Vol.15, 2018.
2. Chen, Jonathan Yan, Ovidiu Iulius Chiparus, Lei Sun, Loan Negulescu, Dharmidhar Parikh dan Timothy Calamari, "Natural Fibers for Automotive Nonwoven Composites", *Journal of Industrial Textiles*, USA, 2005.
3. Ramamoorthy, Sunil Kumar, Mikael Skrifvars dan Anders Persson, "A Review of Natural Fibers used in Biocomposites : Plant, Animal and Regenerated Cellulose Fibers", Taylor & Francis Group, *Polymer Review* 55:1, Sweden, 2015.
4. Feng, Yulin, Yuexin Hu, Guiyan Zhao, Jinghua Yin dan Wei Jiang, "Preparation and Mechanical Properties of High-Performance Short Ramie Fiber Reinforced Polypropylene Composite", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.122, China, 2011.
5. Oktariani, Erfina, Rita Istikowati, Hendro Sat Setijo Tomo, Rafliansyah Rizal dan Yosea Pratama, "Multi Response Optimization of Sheet Forming of Kenaf-Polypropylene Composites Using Grey Based Fuzzy Algorithm", *AIP Conference Proceedings*, Vol.1931, 2018.
6. Yang, Zhang, Wen Bianying, Cao Lei, Li Xiaoyoun dan Zhang Jinyu, "Preparation and Properties of Unmodified Ramie Fiber Reinforcement Polypropylene Composite", *Journal of Wuhan University of Technology*, Vol.30, 2015.
7. Fitriarningsih, Yeni dan Wieke Susilawati, "Sifat Termal dan Kecepatan Aliran Lelehan Granula Komposit Berpenguat Serat Rami Pendek", Laporan Tugas Akhir, tidak diterbitkan, Politeknik STMI Jakarta, Jakarta, 2018.

8. Thomas, Sabu, Kuruvilla Joseph, Sant Kumar Malhotra, Koichi Goda dan Meyyarappallil Sadasivan Sreekala, "Polymer Composites: Volume 1" (1st ed), Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2012.
9. Mohamed, Salwa, Edi Syams Zainudin, Mohammad Sapuan Salit, Mohamad Deros Azaman dan Ahmad Mubarak Tajul Arifin, "Introduction to Natural Fiber Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composite", Elsevier Science Ltd, 2018.
10. Mallick, Pankar, "Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design" (3rd ed), Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2007.
11. Mazumdar, Sanjay, "Composites Manufacturing Materials, Product, and Process Engineering", Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2002.
12. Karian, Harutun, "Handbook of Polypropylene and Polypropylene Composites" (2nd ed), Marcel Dekker Inc, New York, 2003.
13. Shubra, Quazi, Moshiul Alam, dan Mohamad Abdul Quaiyyum, "Mechanical Properties of Polypropylenen Composites: A Review", Journal of Thermoplastic Composite Material, Bangladesh, 2011.
14. Pickering, Kim, Aruan Efendy Mohammad Ghazali dan Le Tan Minh, "A Review of Recent Development in Natural Fibre Composites and Their Mechanical Performance", Elsevier Composites A, New Zealand, 2016.
15. Schwope, Arthur, Derek Till, Daniel Ehntholt, Kenneth Sidman, Richard Whelan, Patricia Schwartz dan Robert Reid, "Migration of BHT and Irganox 1010 from Low-Density Polyethylene (LDPE) to Foods and Food-Simulating Liquids", Pergamon Journals, Vol. 25, 1987.
16. Kirk, Raymond, Donald Othmer, Martin Grayson dan David Eckroth, "Encyclopedia of Chemical Technology" (4th ed), John Wiley & Sons, Inc, Vol. 3, New York, 2004.
17. Maddah, Hisham, "Polypropylene as a Promising Plastic: A review", American Journal of Polymer Science, Vol. 6, 2016.

18. Lei, Wen, Xiao-Ming Jin, "Effects of Modification on Structure and Properties of Ramie Fiber/Polypropylene Composites", Trans Tech Publications, China, 2010.
19. Salleh, Zuraidah, Koay Mei Hye, Syarifah Yunus, Ya'kub Taib, Mohamad Nor Berhan dan Anizah Kalam, "Tensile and Impact Strength of Coir Fibre Reinforced Polypropylene Composite: Effect of Different Temperature Conditions", Trans Tech Publications, Vol. 763, 2015.
20. Purwati, Rully Dyah, "Strategi Pengembangan Rami (*Boehmeria nivea* Gaud.)", Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang, 2010.
21. Kartini, Ratni, Darmasetiawan, Karo, dan Sudirman, "Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam", Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 3, BATAN Tangerang, 2002.
22. ASTM International "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics" ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
23. Shah, Vishu, "Handbook of Plastics Testing and Failure Analysis" (3rd ed), John Wiley & Sons, Inc, 2007.
24. Stuart, Barbara, "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications", John Wiley & Sons, Ltd, 2004.
25. Barbes, Lucica, Radulescu Cristiana dan Claudia Stih, "ATR-FTIR Spectrometry Characterisation of Polymeric Material", Romanian Reports in Physics, Vol. 66, Romania, 2014.
26. Maruya, Kazuo, Hidehiko Ooguchi, Masamichi Suzuki, Koji Sugawara dan Ikuo Hirai, "Resin Composition for Automobile Bumper", US Patent, 5001182, 1991.
27. Subasinghe, Aruna, Raj Das dan Debes Bhattacharyya, "Fiber Dispersion During Compounding/Injection Molding of PP/Kenaf Composites:

- Flammability and Mechanical Properties”, *Material and Design*, New Zealand, 2015.
28. Islam, Saiful, Nur Atiqah, Mahbub Hasan, Zainal Abidin Talib, Mohammad Jawaid dan Mohamad Haafiz, “Physical, Mechanical and Biodegradable Properties of Kenaf/Coir Hybrid Fiber Reinforced Polymer Nanocomposite”, *Materials Today Communications*, Vol. 4, 2015.
 29. Zhao, Shi-Xiang, Na Ta dan Xu-Dong Wang, “Effect of Temperature on the Structural and Physicochemical Properties of Biochar with Apple Tree Branches as Feedstock Material”, *Energies*, MDPI, China, 2017.
 30. Gokulakumar, Balakrishnan, Nedunchezian, Vijayaraj dan Balamurugan, “Fourier Transform Infrared Spectroscopy Studies on Talcum Powders”, *International Journal of Recent Scientific Research*, Vol. 7, 2016.

**LAMPIRAN A
GAMBAR ALAT DAN BAHAN**



Timbangan Digital



Gunting



Plastik *Zipper*



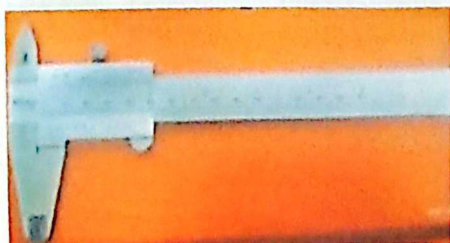
Sarung Tangan Rajut



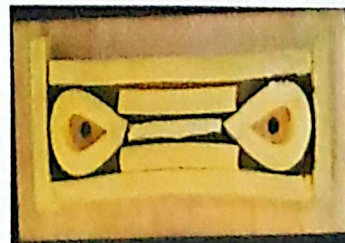
Sarung Tangan Kulit



Plastik *Wrap*



Jangka Sorong



Pisau Cetakan Spesimen



Mesin Manual Forming



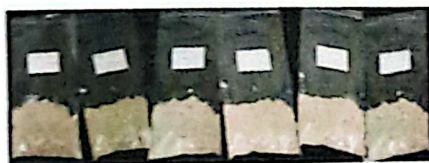
Mesin Pneumatic Specimen Punch



Mesin Universal Testing



Mesin Fourier Transform Infrared



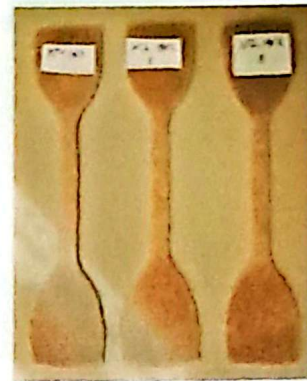
Granula komposit PP/serat rami (10%,15, 20%)talk



Polipropilena murni



Spesimen Uji Tarik Sampel 1
Komposit serat rami 10%, 180°C



Spesimen Uji Tarik Sampel 2
Komposit serat rami 20%, 190°C



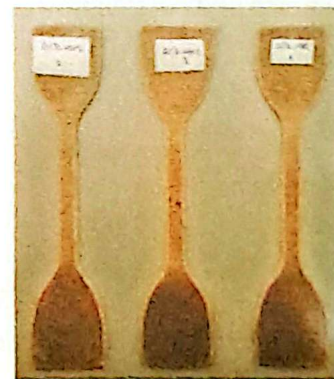
Spesimen Uji Tarik Sampel 3
Komposit serat rami 15%, 180°C



Spesimen Uji Tarik Sampel 4
Komposit serat rami 15%, 190°C



Spesimen Uji Tarik Sampel 5
Komposit serat rami 20%, 180°C



Spesimen Uji Tarik Sampel 6
Komposit serat rami 20%, 190°C



Reaksi dengan indikator - 2011



Reaksi dengan indikator - 2011