

N. Dok: 6475

D 668.423 9 Ezra S

Copy: 1

LAPORAN TUGAS AKHIR
SIFAT MEKANIS DAN KIMIA KOMPOSIT
POLIPROPOLENA/SERAT RAMI PENDEK
DI POLITEKNIK STMI JAKARTA
(Juni 2018 - April 2019)

DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima

10/08/22

No Induk Buku

557/TKP/SB/TA/22



OLEH:

EZRA

(1515041)

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

JAKARTA

2019

SUMBANGAN ALUMNI

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

SIFAT MEKANIS DAN KIMIA KOMPOSIT POLIPROPILENA/SERAT
RAMI PENDEK

DISUSUN OLEH :

NAMA : EZRA
NIM : 1515041
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, April 2019

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmarjharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Lajen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 021 /BPSDMI/STMI/III/2019
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2018/2019

Jakarta, 20 Maret 2019

Kepada
Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2019 tanggal 02 Januari 2019 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2018/2019, maka dengan ini kami mengharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Ezra
No. Induk : 1515041

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Sifat Mekanis dan Kimia Komposit Polipropilena Serat Rami Pendek . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur,


Dr. Mustafa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001








Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peninggal

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Ezra
NIM : 1515041
Judul Tugas Akhir : Sifat Mekanis dan Kimia Komposit Polipropilena/
Serat Rami Pendek.
Pembimbing : Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
30-06-2018		Diskusi mengenai topik Penelitian	A
15-07-2018		Diskusi Jurnal mengenai komposit Polimer berpenguat Serat alam	A
20-07-2018		Diskusi Jurnal "Composite Panel"	A
30-07-2018		Presentasi Jurnal "Method For Producing wood Fiber Pallets"	A
10-08-2018		Diskusi mengenai matriks Penelitian	A
27-08-2018		Diskusi mengenai variasi komposisi komposit polipropilena/serat rami pendek dan diskusi prosedur peninjauan alat di Laboratorium Teknik Kimia Polimer untuk pembuatan dan pengujian lembaran komposit polipropilena/serat rami pendek	A
05-11-2018		Peleporan hasil manual Forming dan Pneumatic Specimens Punch dari komposit polipropilena/serat rami pendek	A
08-11-2018		Peleporan hasil pengujian UTM komposit polipropilena/serat rami pendek	A
13-11-2018	I	Peleporan hasil pengujian FTIR komposit polipropilena/serat rami pendek	A

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
03-01-2019		Perbaiki cover, format penulisan dan latar belakang penelitian	
13-02-2019		Perbaiki rumusan masalah dan tujuan penelitian	
20-03-2019		Perbaiki lembar pengesahan, abstrak, daftar isi dan kata pengantar	
22-03-2019		Perbaiki tinjauan pustaka	
25-03-2019		Perbaiki metode penelitian, skema prosedur pembuatan lembaran komposisi Polipropilena / Serat Rami Pendek	
07-04-2019		Konsultasi slide presentasi dalam bentuk ppt untuk persiapan seminar penelitian	
10-04-2019		Perbaiki slide presentasi	

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



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

PROFESOR HONORIFERIAL UNIVERSITAS KEMAHARAJARAN

PRABANDHARAJARAN

LEMBARAN PENGUNJUKAN TITIK PENGUNJUKAN GEDUNG STAF
K/10110

BUKTI TITIK KUNJUNG

DR. H. MELANIE DAVID RINDY KUMARINIBI (NIP. 196201011984011001)
BANK PRIBADI

DATA DIRI ORANG

NAMA : RINDY

NIM : 1111001

MURAHAN STAF : TENNIS RINDY RINA DAVID

Tidak Boleh untuk Tawaran Pengantar Tawaran untuk Program Studi Teknik Kimia
Pascasarjana Pendidikan STAF Jakarta pada hari Kamis, 17 Juni 2019

Jakarta, Juni 2019

Susmi Anwar, S.T., M.T.
NIP. 19640714201140211001

N. Rachmi Wulandari, M.Eng.
NIP. 19740901019640112002

Dr. H. Lintang Supardi, S.T., M.Eng.
NIP. 1968012219640111002

Dr. Erlina Oktaria, S.T., M.T.
NIP. 1962100120114022001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Ezra

NIM : 1515041

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul Sifat Mekanis dan Kimia Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui Tanya Jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir Penelitian 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 untuk referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis dari 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 di atas, maka karya Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, April 2019



Ezra

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Sifat Mekanis dan Kimia Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek” di Politeknik STMI Jakarta.

Adapun maksud dan tujuan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I.

Pada kesempatan kali ini penyusun mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas segala bantuan bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak yang turut membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini terutama kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, M.B.A 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 Politeknik STMI Jakarta.
4. Ibu Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Penelitian Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek Politeknik STMI Jakarta.
5. Bapak Syaiful Ahsan, S.T, M.T selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah mengizinkan saya melakukan preparasi dan pengujian.
6. Bapak Dahrul Hidayah, A.Md, Bapak Samsudin, S.T dan Ibu Ida Nur Apriani, S.ST., M.Si selaku Operator Laboratorium Politeknik STMI Jakarta yang telah membimbing saya selama penelitian.
7. Orang tua dan keluarga yang telah mendoakan dan mendukung.
8. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2015 selaku kawan seperjuangan.
9. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan ini.

Saya menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar lebih baik lagi untuk kedepannya. Akhir kata, saya mengharapkan agar Laporan Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi dalam mengembangkan teknologi penggunaan komposit berpenguat serat alam.

Jakarta, April 2019

Penyusun

ABSTRAK

Perkembangan industri otomotif mengalami peningkatan secara signifikan membuat produsen otomotif dituntut harus berinovasi agar meningkatkan kualitas dan kuantitas produksinya. Komposit serat alam merupakan solusi untuk mengembangkan material baru yang ramah lingkungan. Serat rami merupakan serat yang dibudidayakan di Indonesia memiliki sifat mekanis yang lebih unggul dibanding serat alam lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase massa serat rami 10%; 15% dan 20% serta temperatur *Manual Forming Machine* (MFM) terhadap kuat tarik dan gugus fungsi dari komposit polipropilena/serat rami. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan persentase massa serat rami pendek berpengaruh terhadap kuat tarik maupun gugus fungsi komposit. Penelitian ini mendapatkan hasil kekuatan tarik terbaik pada sampel 1 (persentase massa serat rami 10%) sebesar 25,760 MPa. Analisa gugus fungsi komposit juga dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat kimia komposit.

Kata kunci: komposit polimer, serat rami pendek, polipropilena, kuat tarik, gugus fungsi.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	viii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
ABSTRAK.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan-Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit Polimer	5
2.1.1 Bahan Penyusun Komposit Polimer	5
2.1.2 Aplikasi Komposit Polimer	10
2.2 Polipropilena.....	11
2.3 Serat Rami.....	12
2.4 Proses Pembuatan Komposit Polimer.....	14
2.5 Sifat-Sifat Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam	16
2.5.1 Sifat Mekanis	16
2.5.2 Sifat Kimia.....	18
2.6 Pengujian Komposit.....	19
2.6.1 Pengujian Sifat Mekanis	19

2.6.2 Pengujian Sifat Kimia.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.2.1 Alat.....	26
3.2.2 Bahan	27
3.3 Variabel.....	27
3.3.1 Variabel Tetap.....	27
3.3.2 Variabel Bebas.....	27
3.4 Prosedur Penelitian Sifat Mekanis dan Kimia Komposit Polipropilena/Serat Rami.....	28
3.4.1 Pembuatan Lembaran Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek.....	29
3.4.2 Pembuatan Spesimen Pengujian Sesuai Standar	29
3.5 Tahap Pengujian.....	30
3.5.1 Pengujian Sifat Mekanis	30
3.5.2 Pengujian Sifat Kimia.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Kuat Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek	32
4.1.1 Pengaruh Persentase Massa Serat Terhadap Kekuatan Tarik.....	33
4.1.2 Pengaruh Temperatur <i>Manual Forming</i> Terhadap Kekuatan Tarik.....	34
4.2 Analisis Perubahan Sifat Kimia Komposit Polipropilena/ Serat Rami Pendek	35
4.2.1 Komposit Polipropilena/Serat Rami dengan Persentase Massa Serat 10%.....	35
4.2.2 Komposit Polipropilena/Serat Rami dengan Persentase Massa Serat 15%.....	37
4.2.3 Komposit Polipropilena/ Rami dengan Persentase Massa Serat 20%	38

Level 1: Answer each

1.1. **Identifikasi** *

1.2. **Analisis** *

Identifikasi *

1.3. **Identifikasi** *

1.4. **Identifikasi** *

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Sifat-Sifat Polipropilena	12
Tabel II.2	Sifat Mekanik dari Serat Alam	13
Tabel II.3	Sifat-Sifat Mekanik Serat Rami	14
Tabel II.4	Standar ASTM D638-14.....	22
Tabel II.5	Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang FTIR.....	25
Tabel III.1	Matriks Penelitian Pembuatan Lembaran Komposit Polipropilena/Serat Rami.....	27
Tabel IV.1	Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit.....	29

DAFTAR GAMBAR

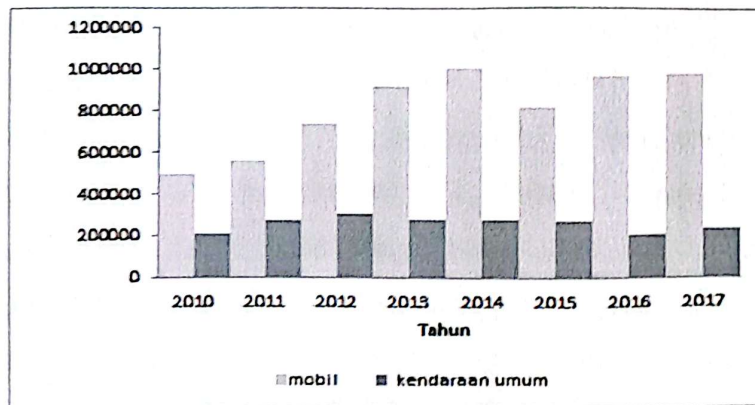
Gambar I.1	Statistik Produksi Otomotif di Indonesia	1
Gambar II.1	Bagan Pembagian Komposit Berdasarkan Penguatnya.....	7
Gambar II.2	Tipe Serat Pada Komposit.....	8
Gambar II.3	Tipe Susunan Serat <i>Discontinuous Fiber Composite</i>	9
Gambar II.4	Polimerisasi Propilena	12
Gambar II.5	Kurva Tegangan-Regangan.....	20
Gambar II.6	Tipe Kurva Tegangan-Regangan.....	21
Gambar II.7	Spesimen ASTM D638-14.....	22
Gambar II.8	Proses Analisis Menggunakan FTIR.....	24
Gambar III.1	Skema Pembuatan lembaran Komposit Polipropilena/Serat Rami.....	28
Gambar IV.1	Pengaruh Persentase Massa Serat dan Temperatur <i>Manual Forming</i> Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami.....	33
Gambar IV.2	Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Serat Rami 10%	35
Gambar IV.3	Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Serat Rami 15%	37
Gambar IV.4	Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Serat Rami 20%	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif meningkat secara signifikan hal ini dapat dilihat dari statistik produksi otomotif di Indonesia. Akibat dari perkembangan ini produsen otomotif dituntut untuk berinovasi agar meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Peningkatan kapasitas produksi akan meningkatkan biaya produksi untuk itu pemilihan bahan baku yang tepat merupakan solusi untuk menurunkan biaya dan mengoptimalkan hasil produksi [3].



Gambar I.1 Statistik Produksi Otomotif di Indonesia

Sumber : Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA)

Komposit polimer hadir sebagai solusi untuk mengembangkan material baru untuk industri otomotif yang telah didominasi oleh material logam. Komposit polimer mulai banyak dikembangkan karena lebih ringan, memiliki ketahanan lelah yang tinggi, lebih mudah dibentuk dalam bentuk apapun dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan material logam dengan kata lain komposit dapat dianggap sebagai pengganti material logam [1].

Komposit bermatriks polimer pertama kali dibuat menggunakan serat sintesis yang berkekuatan tinggi seperti serat karbon, kaca dan aramid sebagai penguatnya komposit ini dikenal dengan nama *fiber reinforced polymer* (FRP) [1]. Namun seiring berjalannya waktu kini para pelaku industri otomotif mulai beralih dari serat sintesis ke serat alam. Hal ini dikarenakan serat alam memiliki banyak

keuntungan daripada serat sintesis seperti kepadatan yang rendah, kekuatan dan ketangguhan yang tinggi, lebih eko-efisien dan lebih terbarukan [1].

Komposit polimer berpenguat serat alam mulai dikembangkan dan dimanfaatkan oleh pabrikan otomotif seperti Daimler Chrysler, BMW, Mercedes, Honda, Ford, Opel, Volkswagen, Audi Group dan Proton yang telah menggunakan komposit serat alam di beberapa bagian komponen otomotif seperti rak bagasi, *pillar covers*, *door inserts* dan lapisan alas kendaraan (*boot lining*) [2].

Namun komposit polimer berpenguat serat alam sampai saat ini belum digunakan untuk komponen-komponen otomotif berukuran kecil seperti *door headle and lock*, *cover* kaca spion, dan lain-lain dikarenakan tingkat kerumitan dalam proses produksi, kemungkinan gagal (*failure*) saat pencetakan produk dan kekhawatiran jika menggunakan serat alam berukuran pendek (≤ 1 cm) produk komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan yang rendah [1].

Pada penelitian Oktariani dkk [1]. Tiga komposit polipropilena/serat kenaf berukuran pendek (5 mm) tanpa talk, dengan komposisi (10/90 kenaf/polipropilena), (20/80 kenaf/polipropilena), (30/70 kenaf/polipropilena) dibuat dengan metode *Hot Press* dengan tekanan 5 bar selama 5 menit pada temperatur 210°C dan dibandingkan dengan tiga komposit polipropilena/serat kenaf berukuran pendek (5 mm) dengan komposisi dan metode pembuatan sama namun ditambahkan talk sebesar 0,8% dari massa total dimasing-masing komposit yang dibuat. Dari total enam komposit yang dibuat mendapatkan hasil komposisi terbaik yaitu serat kenaf dengan persentase komposisi 30% tanpa talk dengan kekuatan lentur sebesar 63,91 MPa dan kekuatan tarik sebesar 28,41 MPa.

Penelitian kali ini bermaksud untuk mengembangkan penelitian sebelumnya dengan metode yang berbeda dan menggunakan serat rami dikarenakan serat rami merupakan serat yang dibudidayakan di Indonesia dan sifat mekanik serat rami lebih besar dibandingkan serat kenaf [2]. Pemanfaatan serat alam pada penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam pembuatan komponen otomotif untuk menggantikan serat sintesis pada bagian interior dan eksterior otomotif [4].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka masalah yang ingin diangkat adalah :

1. Bagaimana pengaruh persentase massa serat dan temperatur *Manual Forming* terhadap sifat mekanis komposit polipropilena/serat rami pendek?
2. Bagaimana pengaruh persentase massa serat dan temperatur *Manual Forming* terhadap sifat kimia komposit polipropilena/serat rami pendek?
3. Bagaimana persentase massa serat dan temperatur *Manual Forming* yang optimal untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik yang baik?

1.3. Batasan-Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Granula komposit yang digunakan berasal dari penelitian terdahulu yang dibuat di PT Inter Aneka Lestari Kimia. Komposisi granula yang digunakan terdapat polipropilena jenis homopolimer dengan *injection grade* (MAS 5402) dari PT Polytama Propindo, *Maleic Anhydride Polypropylene* (MAPP), antioksidan Irganox 1010 dan serat rami dengan variasi massa serat 10%; 15% dan 20%.
2. Resin polipropilena jenis homopolimer dengan *injection grade* (MAS 5402) digunakan sebagai standar kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami pendek diperoleh dari PT Polytama Propindo, Indramayu, Jawa Barat
3. Variasi temperatur operasi di *Manual Forming* yaitu 180°C dan 190°C.
4. Pembuatan lembaran komposit polipropilena/serat rami menggunakan mesin *Manual Forming*.
5. Sifat mekanis yang diamati pada penelitian ini adalah sifat kekuatan tarik.
6. Sifat kimia yang diamati pada penelitian ini adalah gugus fungsi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh persentase massa serat dan temperatur *Manual Forming* terhadap sifat mekanis komposit polipropilena/serat rami pendek.
2. Mengetahui pengaruh persentase serat dan temperatur *Manual Forming* terhadap sifat kimia komposit polipropilena/serat rami pendek.

3. Mendapatkan persentase massa serat dan temperatur *Manual Forming* yang optimal untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik yang baik.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh pada penelitian ini, yaitu memberikan informasi tambahan tentang pengaruh kuat tarik dan gugus fungsi dari komposit polipropilena/serat rami pendek.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab laporan penelitian tersebut, yaitu sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah dan batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan serta tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan umum mengenai serat rami, polipropilena, komposit polimer, komponen-komponen penyusun komposit, proses pembuatan spesimen uji dan pengujian komposit.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan pada penelitian, variasi komposisi serta prosedur penelitian bahan yang digunakan, variasi penelitian serta prosedur penelitian.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data yang sudah diolah menjadi grafik serta pembahasan terhadap hasil pengukuran dan analisa data.

BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit Polimer

Komposit adalah kombinasi dari bahan-bahan yang berbeda dalam komposisi, dimana setiap unsur mempertahankan sifat-sifatnya yang berbeda. Setiap unsur yang digabungkan bertujuan untuk memberikan kekuatan mekanis yang diperlukan atau kekakuan pada bagian komposit yang akan dibuat. Komposit merupakan salah satu jenis material atau bahan yang memiliki keunggulannya seperti memiliki massa yang ringan, ketahanan korosi, kekuatan dan ketangguhan yang tinggi dan perakitan yang lebih cepat dan sifat-sifat lainnya yang bisa dipilih sesuai keinginan dan kebutuhan produsen melalui pemilihan bahan penyusun komposit yang tepat untuk mencapai tujuan produksi [2].

Komposit polimer merupakan komposit yang dibuat dari matriks polimer yang biasa disebut resin polimer yang digabungkan dengan bahan pengisi atau bahan penguat yang cocok biasanya berupa serat sintetis ataupun serat alami [6].

2.1.1 Bahan Penyusun Komposit Polimer

Material komposit terdiri dari dua atau lebih fase yang berbeda yaitu fase matriks yang biasanya bersifat lebih ulet dan fase terdispersi atau disebut juga fase sekunder yang merupakan unsur penguat (*reinforcement / filler*) [2]. Dalam proses pembuatannya komposit terkadang membutuhkan bahan penunjang seperti *filler*, *compatibilizer* dan antioksidan.

Compatibilizer berfungsi untuk memperbaiki sifat komposit dan meningkatkan ikatan antara matriks dan bahan penguat, contohnya *Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)* dan antioksidan berfungsi untuk mencegah degradasi oksidatif pada komposit yang dapat menyebabkan kegagalan mekanis, kehilangan warna dan berkurangnya sifat isolasi listrik pada produk komposit yang dibuat [5].

Polipropilena dan polietilen merupakan jenis polimer yang mudah teroksidasi oleh oksigen dan ozon dalam udara, hal ini dapat menyebabkan berkurangnya

kekuatan, berkurangnya sifat isolasi listrik serta mempercepat degradasi untuk itu sangat diperlukan penambahan antioksidan pada pembuatan komposit polimer [5].

2.1.1.1 Matriks Polimer

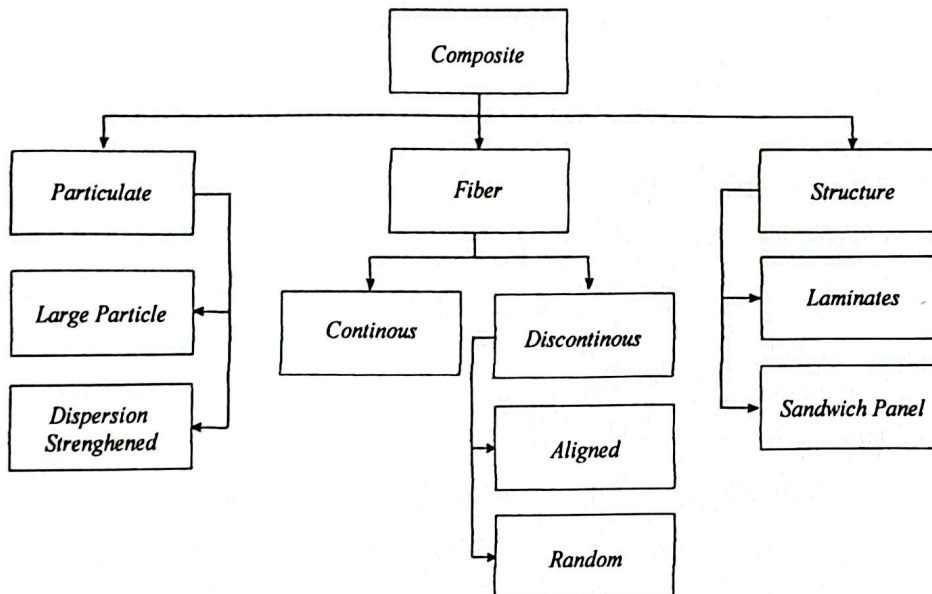
Matriks merupakan fasa dari komposit yang memiliki fraksi volume yang relatif lebih besar (dominan). Fase matriks adalah fase primer yang memiliki karakter kontinu. Matriks dalam komposit berperan untuk mempertahankan posisi dan orientasi serat dan melindungi dari pengaruh lingkungan, mentransfer dan mendistribusikan beban ke bahan penguat, serta menyumbang beberapa sifat mekanik pada komposit seperti kekakuan, ketangguhan dan tahanan [2].

Komposit polimer dapat diklasifikasi berdasarkan fase matriksnya [5], yaitu:

1. Polimer termoplastik: merupakan polimer yang melunak jika dipanaskan dan dapat didaur ulang menjadi bentuk lain. Polimer ini terdiri dari rantai molekul berantai atau bercabang yang memiliki ikatan intramolekul yang kuat tetapi ikatan intermolekuler yang lemah. Contoh umum polimer termoplastik yaitu: polietilen, polipropilena, polistiren, nilon, polikarbonat, poliasetal, polivinil klorida (PVC), polisulfon, polieter imida, dan sebagainya.
2. Polimer termoset: termoset memiliki struktur *cross-linked* atau jaringan dengan ikatan kovalen dengan semua molekul. Polimer ini tidak melunak tetapi terurai pada pemanasan dan tidak mudah larut karena pengikatan silang. Setelah solidifikasi melalui proses silang polimer ini tidak dapat dibentuk kembali. Contoh umum adalah epoksi, poliester, fenolik, urea, melamin, silikon, dan poliimida.
3. Elastomer : merupakan polimer yang tersusun atas molekul berukuran panjang polimer, elastomer yang bersifat elastis sehingga dinamakan pula sebagai polimer elastis. Elastomer dapat dideformasikan beberapa kali lebih panjang dan dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya tariknya dihilangkan. Keelastisitas elastomer disebabkan karena strukturnya yang terdiri dari rantai-rantai yang saling tumpang tindih dengan adanya ikatan silang (*cross-linked*) yang akan menarik kembali ke susunan tumpang tindihnya. Karet dibagi menjadi dua yaitu karet alam (poliisoprena) dan karet sintesis.

2.1.1.2 Bahan Penguat (*Reinforcement*)

Pada pembuatan komposit bahan penguat digunakan untuk meningkatkan kuat tarik dari komposit tersebut. Hal ini dikarenakan bahan penguat berperan sebagai penanggung beban dari komposit [2]. Berdasarkan penguatnya komposit dapat dibagi menjadi tiga jenis seperti bagan dibawah ini.



Gambar II. 1 Bagan Pembagian Komposit Berdasarkan Penguatnya.
Sumber : Gibson, 2016.

Berdasarkan Gambar II.3 komposit berdasarkan penguatnya dapat dibagi menjadi tiga [7], yaitu:

1. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

Komposit ini memiliki penguat berupa partikel yang berukuran relatif kecil atau serbuk yang dalam pembuatan komposit bercampur rata dengan matriknya. Komposit partikel memiliki keunggulan yaitu kekuatan yang lebih seragam pada berbagai arah, *Particulate Composite* dapat digunakan untuk meningkatkan kekerasan material hal ini dikarenakan partikulat yang tersebar menghalangi terjadinya pergerakan dislokasi.

2. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Serat dalam pembuatan komposit memiliki fungsi sebagai penopang kekuatan, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit dipengaruhi oleh jenis

serat yang digunakan. Serat harus memiliki tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari matriks penyusun komposit.

Berdasarkan sumbernya, serat yang digunakan terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam biasanya diambil dari tanaman jute, rami, kenaf, sisal, linen, atau tandan kelapa sawit sedangkan serat sintetis bisa berupa serat kaca, serat karbon, serat rayon dan kevlar. Serat alam memiliki keunggulan dibandingkan serat sintesis seperti kepadatan yang rendah, kekuatan dan ketangguhan yang tinggi, tahan terhadap korosi dan ramah lingkungan [2].

Bahan penguat serat umum digunakan dalam pembuatan komposit terutama pada komposit bermatrik polimer. Berdasarkan ukurannya serat dapat dibagi menjadi dua yaitu:

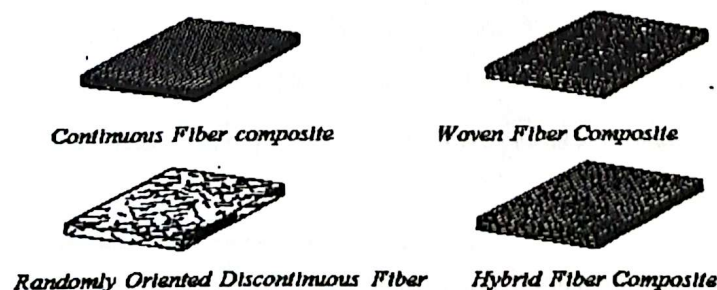
1. Serat Panjang

Serat panjang atau biasa disebut juga *continuous fiber* merupakan bahan penguat yang memiliki ukuran panjang serat yaitu lebih dari 7,5 mm [9]. Serat panjang pada umumnya dipakai untuk bahan penguat pada matriks polimer termoset seperti epoksi, poliester, poliimida dan fenolik [2].

2. Serat Pendek

Serat pendek atau *discontinuous fiber* merupakan bahan penguat yang memiliki ukuran panjang serat kurang dari 7,5 mm [9]. Serat pendek pada umumnya dipakai pada matriks polimer termoplastik. Penggunaan serat pendek belum banyak digunakan karena tingkat kerumitan dan kemungkinan kegagalan (*failure*) pada saat pencetakan tinggi serta memiliki kekuatan yang rendah [1].

Berdasarkan penempatannya serat terdapat empat tipe serat pada proses pembuatan komposit [7], yaitu:



Gambar II. 2 Tipe Serat Pada Komposit

Sumber : Gibson, 2016.

1. *Countinous Fiber Composite* atau biasa disebut juga *Undirectional Fiber*. Pada tipe ini susunan seratnya panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriknya. Kekurangan dari *Countinous Fiber Composite* adalah lemahnya kekuatan antar lapisan yang disebabkan kekuatan antar lapisan serat dipengaruhi oleh jenis matrik yang digunakan. Namun tipe ini yang paling banyak digunakan dalam pembuatan komposit.
2. *Woven Fiber Composite* adalah komposit yang relatif tidak mudah terpengaruh dengan pemisahan antar lapisan hal ini dikarenakan susunan seratnya sudah mengikat antar lapisan akan tetapi susunan serat yang memanjang namun tidak begitu lurus menyebabkan kekakuan *Woven Fiber Composite* tidak sebaik tipe *Countinous Fiber Composite*.
3. *Discountinuous Fiber Composite* biasa disebut juga dengan *Chopped Fiber Composite*. *Discountinuous Fiber Composite* dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan susunannya yaitu: *Aligned Discountinuous Fiber*, *Randomly Oriented Discountinuous Fiber*, *Off-axis Aligated Discountinuous Fiber*.



Gambar II. 3 Tipe Susunan Serat *Discountinuous Fiber Composite*
 Sumber : Gibson, 2016.

4. *Hybrid Fiber Composite* adalah komposit yang serat penyusunnya merupakan gabungan antara tipe serat lurus dan serat acak. Komposit dengan gabungan dua serat ini dibuat agar serat yang berbeda orientasinya ini dapat menggabungkan kelebihan masing-masing serat agar membentuk produk yang diinginkan.
3. Komposit Struktur (*Structure Composite*)
- Komposit struktur memiliki penguat berbentuk lembaran-lembaran yang digabung menjadi satu yang membentuk elemen struktur secara integral pada

komposit. komposit struktur dapat dibagi menjadi dua yaitu *laminated* dan *sandwich panel*.

2.1.1.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau biasa disebut *filler* dalam komposit digunakan sebagai bahan penunjang. Penambahan bahan pengisi atau *filler* ke dalam komposit akan berdampak pada penurunan sifat mekanis, peningkatan kekerasan, kemudahan proses dan produk yang dihasilkan dapat lebih mudah terdegradasi [1]. Selain itu bahan pengisi juga berfungsi untuk meningkatkan ketahanan cuaca, meningkatkan sifat isolasi listrik serta mengurangi biaya produksi [5]. Contoh bahan pengisi yaitu karet, karbon hitam dan serat gelas yang berfungsi sebagai penambah kekuatan serta talk dan mika yang berfungsi untuk meningkatkan temperatur deformasi termal pada komposit [5].

2.1.2 Aplikasi Komposit Polimer

Komposit polimer telah diterapkan sebagai bahan baku pembuatan produk, hal ini karena karakteristik sebuah komposit dapat dibuat sesuai dengan keinginan produsennya. Berikut ini adalah beberapa pengaplikasian komposit diberbagai industri, yaitu:

1. Industri Otomotif

Penerapan material komposit dalam komponen otomotif tidak memerlukan diskusi yang rinci dikarenakan perkembangannya yang sangat maju sekarang. *European Union* (Uni Eropa) dan negara-negara Asia telah merilis pedoman tentang penggunaan bahan ramah lingkungan agar produsen otomotif memikirkan tanggung jawab perusahaan dalam kelestarian global [4].

Komponen otomotif tidak hanya dibuat dari komposit konvensional seperti serat kaca, karbon dan aramid tetapi komposit telah dibuat dari serat alami. Perusahaan otomotif besar negara Jepang yaitu Honda telah mengaplikasikan serat kayu dibagian lantai (*floor*) mobil *Sport Utility Vehicle* (SUV), Daimler Chrysler telah menggunakan material berbasis bio dalam memproduksi komponen interior otomotif, Toyota memiliki ketertarikan menggunakan serat kenaf untuk campuran komposit di struktur badan mobil, Visteon telah mengembangkan komposit dengan penguat serat *flax* untuk panel pintu [4].

Serta beberapa produsen otomotif seperti Mercedes, Volkswagen, Audi Group, BMW, Ford, Opel dan Proton yang telah menggunakan komposit serat alam di beberapa bagian komponen otomotif seperti rak bagasi, *pillar covers*, *door inserts* dan lapisan alas kendaraan (*boot lining*) [2].

2. Industri Dirgantara

Komposit telah diterapkan dalam pembuatan badan pesawat terbang, helikopter, rudal, satelit dan roket. Hal ini dikarenakan keunggulan komposit dalam kekuatan, kekakuan, ketahanan lelah dan dapat dibuat dengan desain khusus. Serat berkekuatan tinggi seperti karbon, aramid dan kaca biasa digunakan untuk memenuhi persyaratan tinggi yang dibutuhkan komposit untuk kedirgantaraan sedangkan polimer yang digunakan adalah resin yang tidak dapat terurai seperti epoksi, vinil ester dan resin berbasis fenolik [10].

Meningkatnya perhatian pada pelestarian lingkungan dan daur ulang menyebabkan peningkatan penelitian tentang penggunaan bahan ramah lingkungan seperti serat alam. Serat *flax* telah digunakan sebagai pengganti serat kaca dalam pembuatan *Naca Cowling* dalam pembuatan pesawat akrobatik [10].

3. Industri Pengemasan

komposit bio plastik telah diterapkan dalam industri pengemasan seperti kemasan makanan, kemasan farmasi, kantong plastik dll. Beberapa industri pengemasan kini mengambil inisiatif untuk memproduksi kemasan daur ulang dimana kemasan dibuat dengan bahan alami agar lebih mudah terdegradasi dan lebih ramah lingkungan [10].

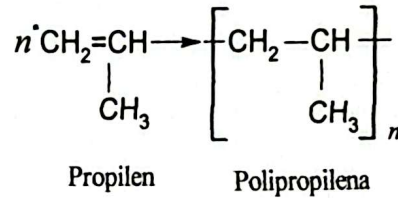
4. Industri Mebel

Dalam industri mebel Sapuan dkk [10] telah melakukan pengembangan furnitur yaitu meja yang terbuat dari matriks epoksi diperkuat serat pisang dimana fabrikasi dilakukan dengan proses *hand lay-up*.

2.2 Polipropilena

Polipropilena merupakan produk petrokimia hilir yang berasal dari olefin monomer Propilena dengan rumus molekul $(C_3H_6)_n$. Polipropilena dihasilkan dari polimerisasi Propilena merupakan molekul atau rantai polimer yang sangat

panjang. polipropilena merupakan polimer vinil dimana setiap atom karbon melekat pada gugus metil [11].



Gambar II. 4 Polimerisasi Propilena

Sumber : Surdia dan Saito, 1999

Polipropilena adalah jenis polimer yang memiliki massa jenis paling ringan diantara bahan polimer, penyerapan air yang rendah, memiliki titik lunak yang tinggi 176°C, kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuan yang tinggi tetapi memiliki ketahanan impak yang rendah dan bersifat non-toksisitas [5]. Berikut ini adalah tabel sifat-sifat polipropilena yang dapat dilihat pada Tabel II.1.

Tabel II. 1 Sifat-Sifat Polipropilena

Sifat fisik	Satuan	Nilai
Massa jenis	g/ cm ³	0,91 - 0,94
Kuat tarik	MPa	22 - 34
Penyerapan air, 24 jam	%	0,01
Pemanjangan	%	3 - 700
Titik pelunakan, Tg	°C	140 - 250
Titik lebur, Tm	°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

Polipropilena memiliki beberapa sifat kimia yaitu: memiliki laju nyala api yang lambat, sedikit berpengaruh pada asam kuat, sedikit berperpengaruh bahkan tidak berpengaruh pada pengaruh sinar matahari dan alkali lemah namun akan rusak bila berkontak dengan larutan alkali kuat, membengkak pada larutan bensin dan kedap terhadap tembusan cahaya [5].

2.3 Serat Rami

Serat merupakan salah satu material yang dibutuhkan dalam pembuatan komposit polimer yang dapat menentukan karakteristik dari komposit tersebut. Serat berfungsi sebagai penguat pada komposit yang menahan sebagian besar gaya. Meskipun begitu serat alam umumnya tidak dapat terikat dengan matriks

polimer hidrofobik dan cenderung membentuk agregat oleh karena itu penting dilakukan modifikasi pada serat [2]. Berikut ini adalah tabel sifat mekanik serat alam yang dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II. 2 Sifat Mekanik dari Serat Alam

Serat	Densitas (10^3 kg/m^3)	Elongasi (%)	Kekuatan tarik (MPa)	Young's modulus (GPa)
Kapas	1,50	7,0-8,0	287 - 597	5,5-12,6
Yute	1,30	1,5-1,8	393 - 773	26,5
Flax	1,50	2,7-3,5	345-1035	27,6
Hemp	-	1,6	690	-
Rami	-	3,6-3,8	400-938	61,1-128,0
Sisal	1,50	4,0-6,0	511-635	9,4-22,0
Coir	1,20	30,0	175	4,0-6,0
Pisang	1,30	2,0-4,0	750	29,0-32,0
Nanas	1,56	-	172	62,0
Oil palm	1,55	-	100-400	26,5
Soft wood craft	1,50	-	1000	40,0
Kenaf	10,7	2,2	470-785	25,1

Sumber : Thomas dkk, 2012.

Pada Tabel II.2 dapat diketahui nilai kekuatan tarik, rami memiliki rentang lebih tinggi dibandingkan dengan serat alami lain seperti kapas, jute, *hemp*, sisal, serat pisang, serat nanas, kelapa sawit, dan kenaf namun lebih rendah dibanding dengan *soft wood craft* dan *flax* tetapi untuk nilai *elongation* dan *young modulus* serat rami lebih unggul dibandingkan serat alam yang lain. Hal ini dapat menjadi pertimbangan serat rami dapat digunakan sebagai penguat menggantikan serat sintesis dan untuk mengurangi konsumsi terhadap serat sintesis yang tidak ramah lingkungan [3].

Tanaman rami (*Boehmeria nivea L*) atau yang dikenal dengan sebutan *China grass* adalah tanaman herba dari keluarga urtikus. Serat rami telah digunakan sebagai serat tekstil selama berabad-abad karena karakteristik serat mereka yang sangat baik [3].

Tanaman rami secara kimia dapat diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, linen, *hemp* dan lain-lain. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam

maupun sintetis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun [3]. Berikut ini adalah sifat mekanik serat rami yang memiliki panjang serat 120-150 mm, diameter serat 20-80 μm , densitas 1,5 gr/cm^3 dapat dilihat pada Tabel II.3

Tabel II. 3 Sifat-Sifat Mekanik Serat Rami

Sifat Mekanik	Nilai
Kuat tarik, MPa	400-938
Modulus tarik, Gpa	61,4-128
Perpanjangan Tarik, %	3,6-3,8

Sumber : Zhang dkk, 2014.

Serat rami merupakan serat alam yang memiliki sifat kimia sebagai berikut: serat rami tahan terhadap pengaruh panas hingga 200°C, serat rami akan menggelembung jika berkontak dengan larutan alkali dan tidak tahan terhadap oksidator kuat [3]. Serat rami mengandung *moisture regain* sebesar 12%, serat rami juga mengandung selulosa sebesar 72-97%, lignin 0-1% serta hemiselulosa dan pektin sebesar 3-27% [3]. Namun kandungan serat dalam serat rami dapat dipengaruhi oleh waktu umur pemotongan tanaman rami. Serat rami yang umur pemotongannya 15-60 hari memiliki kandungan lignin sebesar 3-10 % [23].

Pemanfaatan serat rami telah digunakan dalam berbagai aspek seperti dalam tekstil, kertas, bahan bangunan bahkan dalam produk industri. Sebagai contoh pelapis jok mobil dari komposit campuran serat rami, wol dan poliester memberikan *thermal comfort* dan kenyamanan yang lebih baik daripada pelapis jok yang terbuat dari 100% Poliester [2].

2.4 Proses Pembuatan Komposit Polimer

Proses fabrikasi atau pembentukan komposit menjadi suatu produk sering menggabungkan dua atau lebih bahan polimer yang berbeda jenis dan sifat agar mendapatkan spesifikasi produk yang diinginkan. Proses pembuatan komposit dapat dilakukan dalam beberapa metode pemrosesan yang sering digunakan dalam pembuatan komposit bermatriks polimer yaitu: *hand lay-up*, *bag molding process*, *filament winding*, *pultrusion*, *bulk molding*, *sheet molding*, *resin transfer molding*, *injection molding* dan yang lainnya [2].

1. *Hand lay-up*

Hand lay-up adalah salah satu proses manufaktur tradisional komposit yang paling sederhana bisa disebut juga pencetakan kontak karena operator pembuat komposit bersentuhan langsung dengan permukaan cetakan dengan menggunakan *roller* [2]. *Hand lay-up* adalah proses pencetakan terbuka dimana cetakan digunakan pada satu sisi komponen sementara sisi lain dari komponen terpapar. Pada saat proses fabrikasi agen pelepas cetakan pada awalnya ditempatkan pada permukaan cetakan untuk mencegah komponen menempel pada cetakan. Kemudian mantel gel yang dibuat dari resin ditempatkan pada permukaan cetakan. Tujuan dari pelapisan ini adalah untuk memberikan permukaan halus dan keras serta mencegah serat menempel pada permukaan cetakan. Kemudian serat dan matriks diletakan satu lapis demi satu lapis sampai ketebalan yang diinginkan dengan bantuan *roller* agar serat terlapis dengan matriks secara merata [10].

1. *Spray-up*

Spray-up atau *sprary- up molding* adalah salah satu pencetakan kontak. Dalam *spray-up molding* pistol semprot (*spray*) digunakan untuk menerapkan resin pada serat berbentuk *chopped*. Serat berbentuk *chopped* ini diratakan pada cetakan lalu disemprot menggunakan pistol semprot yang berisi resin [2]. Cetakan dalam proses ini sama dengan yang digunakan dalam proses *lay-up* tangan. Pistol semprot dapat digunakan manual atau dengan robot dan perekatan serat dengan menggunakan *roller* tangan [10].

2. *Filament Winding*

Filament winding adalah salah satu proses pembuatan komposit yang memanfaatkan penguatan serat berkelanjutan (*roving* atau *tape*) dan resin dalam bentuk cair. Serat dililitkan dengan cetakan yang berputar lalu dilapisi dengan resin. Ada tiga pola lilitan yang tersedia seperti *hoop*, *helical*, dan *polar windings* dan sudut yang berliku dikendalikan oleh mesin [2].

3. *Compression Molding*

Compression molding atau bisa disebut juga *press molding* merupakan metode pembuatan komposit menggunakan cetakan yang terbuat logam. Ada dua tipe cetakan *compression molding* yaitu *hot press* dan *cold press* tetapi *hot press* lebih umum digunakan. Bahan dimasukkan kedalam cetakan, kemudian cetakan

ditutup. Setelah ditutup terjadi proses pematangan atau perekatan komposit dengan panas dan tekanan tinggi. Setelah selesai proses perekatan komposit cetakan dibuka dan komposit siap dikeluarkan dari cetakan [10].

4. *Pultrusion*

Istilah *pultrusion* berasal dari kata "tarik" dan "ekstrusi". Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk pembuatan komposit polimer dengan produk pipa. Cara kerja *pultrusion* yaitu produk ditarik dari *die* lalu didorong paksa dengan tekanan. Produk yang dihasilkan mesin *pultrusion* kemudian dipotong sesuai dengan panjang yang dibutuhkan [2].

5. *Bag Molding*

Bag Molding Vaccum adalah salah satu metode paling serbaguna dalam pembuatan komponen komposit dalam metode *bag molding* terdapat tiga metode dasar yang terlibat yaitu *pressure bag*, *vacuum bag* dan *autoclave* [2].

6. *Injection Molding*

Injection Molding adalah proses pembuatan komposit yang sesuai untuk produk kecil hingga menengah dan memberikan kebebasan desain yang lebih, mengurangi kebutuhan perakitan dan konsistensi kualitas yang baik sebagai komponen dan cetakan dapat dibuat tanpa pemangkasan atau permesinan berikutnya. Dalam proses ini, *pellet* atau butiran yang terdiri dari polimer (dengan serat cincang) dimasukkan kedalam *hopper* lalu *pellet* melewati *barrel* untuk dilemburkan dan keluar dari *nozzle* dalam bentuk cair dan disuntikkan ke dalam cetakan [10].

2.5 Sifat-Sifat Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam

Sifat merupakan suatu keadaan yang mencirikan suatu zat atau materi. Komposit polimer memiliki struktur dan sifat-sifat yang unik disebabkan dua bahan yang berbeda karakteristik digabungkan untuk menyatukan sifat unggul dari bahan penyusunnya.

2.5.1 Sifat Mekanis

Sifat mekanis merupakan suatu ukuran untuk mengetahui kemampuan suatu material dapat menahan gaya atau tegangan dimana terjadi deformasi. Karakterisasi komposit polimer dengan penguat serat alam dapat dilakukan

dengan pengujian kekuatan tarik, uji lentur, uji benturan dan juga uji kekerasan. Berikut ini adalah sifat-sifat mekanis komposit berpenguat serat alam, yaitu [12]:

1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat bahan yang nilainya berhubungan dengan tegangan-regangan pada tarikan yang dapat dipengaruhi oleh laju tegangan, temperatur dan kelembapan. Kekuatan tarik maksimum dan modulus *young* adalah dua sifat utama yang dievaluasi pada saat pengujian kekuatan tarik. Peningkatan kandungan serat pada komposit umumnya dapat menurunkan kekuatan tarik hal ini dikarenakan melemahnya ikatan antara serat dan matriksnya. Disisi lain peningkatan serat justru meningkatkan nilai modulus *young* hal ini dikarenakan penambahan serat serat pada komposit akan meningkatkan kekakuan pada bahan komposit.

2. Sifat Impak

Kekuatan impak adalah ketangguhan suatu material menahan keretakan akibat dari pemberian beban kejut. Kekuatan impak pada komposit serat alam sangat bergantung pada sifat serat, sifat polimer dan juga ikatan antara matriks dan bahan penguatnya. Peningkatan kandungan serat pada komposit akan meningkatkan kemungkinan aglomerasi yang menghasilkan daerah dengan konsentrasi tegangan lebih sedikit energi untuk perambatan retak. Faktor lain dari kegagalan impak adalah dengan peningkatan kandungan serat maka dibutuhkan energi yang lebih besar untuk menarik serat. Hal ini menyebabkan kekuatan impak pada komposit meningkat.

3. Kekuatan Lentur

Serat alam memiliki nilai modulus yang tinggi sehingga peningkatan kandungan serat pada komposit akan meningkatkan nilai kekuatan lentur dan modulus lenturnya. Hal ini dikarenakan terjadinya peningkatan adhesi antara serat dan matrik dapat meningkatkan tegangan diantara keduanya.

4. Kekerasan

Uji kekerasan merupakan cara efektif mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material dengan pengujian ini suatu material dapat diketahui masuk ke

dalam kategori material ulet atau material getas. Peningkatan kekakuan akibat penambahan serat pada komposit akan meningkatkan kekerasan suatu material.

2.5.2 Sifat Kimia

Bahan komposit telah digunakan dalam berbagai aspek dalam kehidupan sehari-hari untuk itu dalam penggunaannya diperlukan sifat bahan yang mampu digunakan dalam jangka panjang. sifat kimia dapat menentukan keamanan dan kelayakan suatu bahan untuk dapat digunakan secara komersial [14]. Berikut ini adalah sifat-sifat kimia yang dapat mempengaruhi umur pemakaian dan kelayakan suatu benda, yaitu [14]:

1. Ketahanan Kimia

Ketahanan kimia adalah suatu keadaan dimana suatu material tetap dalam kedudukannya (tidak berubah dan rusak) meskipun mengalami berbagai macam reaksi kimia dari bahan lain atau sukar diserang oleh setiap bahan kimia [15].

Sifat ketahanan kimia dapat ditentukan oleh struktur molekul bahan polimernya. Bahan polimer yang mengandung kelompok ester, amida dan eter mudah terhidrolisa oleh asam. Selulosa, poliamid, poliester dan polimetil akrilat juga memiliki kecenderungan tersebut [5].

Suatu material dapat diketahui ketahanan kimianya dengan pengujian asam, basa dan pelarut. Untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap asam dapat diuji dengan asam klorida pekat (konsentrasi 10%), asam nitrat pekat (konsentrasi 40%) dan asam asetat glasial (konsentrasi 8%). Untuk mengetahui ketahanan material terhadap alkali atau basa dapat diuji dengan natrium hidroksida (konsentrasi 10%), amonium hidroksida (konsentrasi 10%) dan natrium karbonat (konsentrasi 20%) dan untuk ketahanan pelarut kimia dapat digunakan pelarut benzena, toluena, karbon tetra klorida dan air [14].

2. Kelembapan

Sifat serat yang mudah menyerap air dari udara dapat memberikan efek degradasi wilayah antarmuka antara serat dan matriks sehingga menyebabkan kekuatan mekanis komposit serat alam menjadi menurun. Hal ini dikarenakan transfer tegangan antar keduanya yang buruk akibat serat dan matriks tidak

berikatan dengan baik. Penambahan serat akan meningkatkan kandungan air pada komposit yang diperkuat serat alam [14].

3. Pembengkakan

Pembengkakan (*swelling*) pada komposit dapat dievaluasi dengan mempelajari pembengkakan dalam pelarut berbeda seperti karbon tetraklorida, metanol, isobitanol dan air. Suatu bahan dapat diuji pembengkakan dengan cara pengeringan sampel dalam oven pada waktu tertentu dan kemudian didinginkan dalam desikator cara ini digunakan untuk menghitung persen pembengkakan dihitung dari kenaikan berat akhir dikurang awal [14].

4. Penyerapan Air

Sifat serat yang mudah menyerap air jika berkontak dengan udara menjadi parameter pembatas dalam sejumlah aplikasi bagi bahan komposit. Peningkatan serat dapat meningkatkan penyerapan air hal ini juga mempengaruhi sifat mekanis dari komposit. kelembapan yang diserap oleh dinding sel pada serat dapat dikurangi dengan proses aetilasi dari beberapa kelompok hidroksil yang ada dalam serat [14].

5. Kandungan *Void* dan Densitas

Kandungan *void* merupakan kekosongan pada komposit hal ini dapat terjadi karena ikatan antara matriks dan serat yang buruk. Kandungan *void* yang kecil menunjukkan ikatan yang kuat antara serat dan matriksnya. Kandungan *void* yang kecil menyebabkan densitas dan kekuatan tarik pada komposit meningkat [14].

2.6 Pengujian Komposit

Pengujian komposit dilakukan agar komposit yang dibuat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan ada banyak pengujian yang dapat dilakukan seperti pengujian sifat mekanik yang dapat dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengujian sifat kimia dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

2.6.1 Pengujian Sifat Mekanis

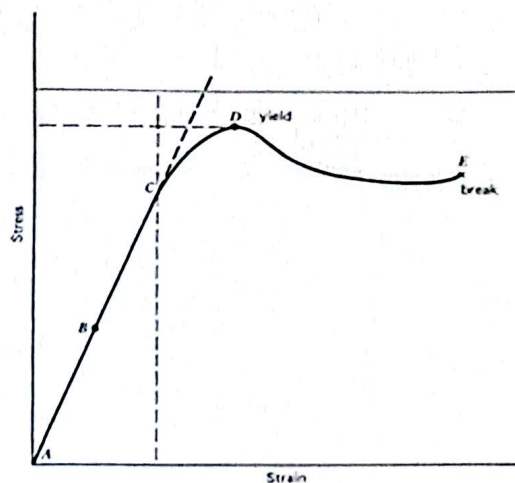
Ada banyak sifat mekanis yang dapat diuji pada komposit polimer seperti kekerasan, kekuatan impak, ketahanan leleh, kuat lentur, modulus lentur, dan kuat tarik yang dilakakukan untuk mengetahui nilai spesifikasi suatu produk [5].

Namun pada penelitian ini berfokus pada salah satu kekuatan mekanis yaitu kekuatan tarik. Pengujian sifat mekanis dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM). Mesin uji ini dapat menguji material padat seperti plastik, logam, keramik, kayu, tali, bahkan kertas.

2.6.1.1 Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan atau ditanggung oleh suatu material sebelum material itu pecah atau rusak (*break*). Uji tarik dilakukan untuk menentukan perilaku tegangan-regangan dari suatu material komposit [5].

Pada umumnya pemilihan material untuk berbagai aplikasi sering didasarkan pada sifat mekanis bahan. Pada pengujian sifat mekanis bahan akan dihasilkan diagram tegangan-regangan yang dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis seperti kekuatan tarik, modulus, elongasi dan kekuatan impact [13]. Berikut ini adalah kurva tegangan-regangan yang dapat dilihat pada Gambar II.5.



Gambar II.5 Kurva Tegangan-Regangan

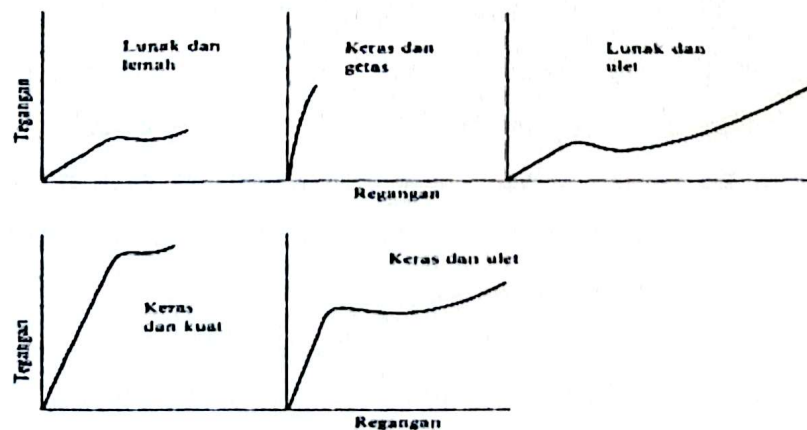
Sumber: Shah, 2007

Dari Gambar II.5 terdapat beberapa istilah untuk memahami kurva tegangan-regangan yang dapat dijelaskan sebagai berikut [13]:

1. Tegangan (*stress*) adalah gaya yang diterapkan untuk menghasilkan deformasi pada spesimen uji dimana rasio beban yang diterapkan sebesar dengan luas penampang aslinya.
2. Regangan (*strain*) adalah rasio perpanjangan terhadap panjang spesimen uji.

3. Elongasi (*Elongation*) adalah peningkatan panjang spesimen uji yang dihasil beban tarik.
4. Titik luluh (*yield point*) adalah titik pertama pada kurva tegangan-regangan dimana peningkatan regangan terjadi tanpa adanya peningkatan tegangan.
5. Kekuatan luluh (*yield strength*) adalah tegangan yang menunjukkan deviasi pembatas yang ditentukan dari proporsional tegangan terhadap regangan.
6. Batas proporsional adalah tegangan terbatas dimana material mampu menopang beban yang diterapkan tanpa ada penyimpangan dari proporsional tegangan ke regangan.
7. Modulus elastisitas/*modulus young* adalah rasio tegangan terhadap regangan yang sesuai dibawah batas proporsional suatu material. Batas ini merupakan ukuran kekuatan material.
8. Kekuatan maksimum adalah nilai maksimum penekanan suatu material yang dimana material tersebut akan tahan ketika mengalami beban yang diterapkan dalam kompresi, tegangan atau gaya geser.

Pengujian kekuatan tarik pada material dapat menghasilkan kurva tegangan-regangan yang menurut kekhasannya yaitu lunak atau keras, lemah atau kuat, getas atau liat [5], yang dapat dilihat pada Gambar II.6.

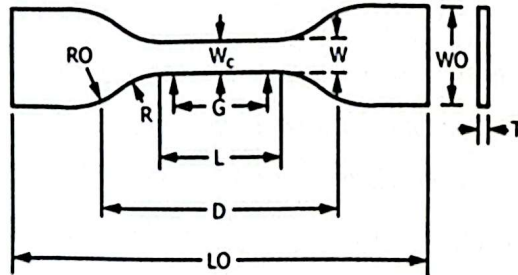


Gambar II.6 Tipe Kurva Tegangan-Regangan

Sumber : Surdia dan Saito, 1999.

Pengujian kekuatan tarik pada komposit mengikuti standar ASTM D-638 tipe IV dengan panjang dimensi 75 mm, lebar 6 mm dan ketebalan ≤ 7 mm. Pada pengujian tarik dilakukan dengan cara menarik spesimen sampai putus dan dari

pengujian tersebut dapat diketahui nilai tegangan, regangan dan modulus [1]. Berikut ini adalah Gambar dan Tabel standar ASTM D638-14 tipe IV.



Gambar II.7 Spesimen ASTM D 638-14
Sumber: ASTM Internasional D638-14, 2015.

Tabel II.4 Standar ASTM D638-14

ASTM D-638 TYPE II	
<i>Width of narrow section (W)</i>	$6 \pm 0,25 \text{ mm}$
<i>Length of narrow section (L)</i>	$33 \pm 0,5 \text{ mm}$
<i>Width overall min (WO)</i>	$19 \text{ mm} \pm 0,75 \text{ mm}$
<i>Length overall min (LO)</i>	$115 \pm 1,00 \text{ mm}$
<i>Gage length (G)</i>	$25 \pm 1,00 \text{ mm}$
<i>Distance between grips (D)</i>	$65 \pm 2,50 \text{ mm}$
<i>Radius of fillet (R)</i>	$14 \pm 0,56 \text{ mm}$
<i>Thickness (T)</i>	$< 7 \text{ mm}$

Sumber : ASTM Internasional D638-14, 2015.

Spesimen pengujian yang dibentuk harus dilakukan proses yang dinamakan *conditioning* dimana proses ini dilakukan untuk menghilangkan tegangan sisa tersebut dengan membiarkan spesimen pada temperatur kamar dalam waktu tertentu (biasanya 24 jam hingga 48 jam). *Conditioning* dilakukan juga agar nantinya spesimen dapat diuji dan agar spesimen mencapai kondisi kesetimbangan dengan kondisi ruangan pengujian [21].

Pada pengujian kekuatan tarik terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengujian [5;13], yaitu:

1. Persiapan Spesimen dan Ukuran Spesimen

Orientasi molekul memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan tarik. Dimana beban yang diterapkan sejajar dengan arah orientasi molekul dapat

menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada beban yang diterapkan tegak lurus terhadap orientasi. Faktor ukuran spesimen juga sangat mempengaruhi semakin besar ukuran spesimen makin tinggi juga kekuatan tariknya [13].

2. Laju Tegangan

Apabila laju tegangan kecil, maka perpanjangan bertambah dan mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi landai, modulus elastisitasnya rendah. Sedangkan jika laju tegangan tinggi, maka beban patah dan modulus elastisitasnya meningkat tetapi regangannya mengecil [5]. Jadi laju tegangan memberikan pengaruh besar pada sifat mekanik material dimana perpanjangan tarik berbanding terbalik dengan laju regangan [13].

Hubungan tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut [5].

$$F = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

Catatan :

F : Beban tarik (N)

σ : Tegangan atau kekuatan tarik (MPa, N/m², kgf/mm²)

A : Luas penampang (mm²)

Regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang akibat pembebanan dengan panjang daerah mula-mula atau daerah ukur (*gage length*). Berikut adalah rumus regangan dapat dinyatakan pada persamaan berikut [4].

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

Catatan :

ε : Tegangan (mm/mm)

ΔL : Pertambahan panjang (mm)

L_0 : Panjang daerah ukur (mm)

Deformasi di daerah elastis menunjukkan sifat proporsional atau berbanding lurus dengan tegangan dan masih berlaku hukum Hook. Hubungan lurus ini disebut modulus elastis dan dalam hal ini hubungan deformasi tarik disebut modulus elastis memanjang atau *modulus young* yang dapat dinyatakan dengan persamaan [5].

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.3)$$

Catatan:

E : Modulus elastisitas tarik/ *modulus Young* (MPa)

σ : Kekuatan tarik (MPa)

ε : Regangan (mm/mm)

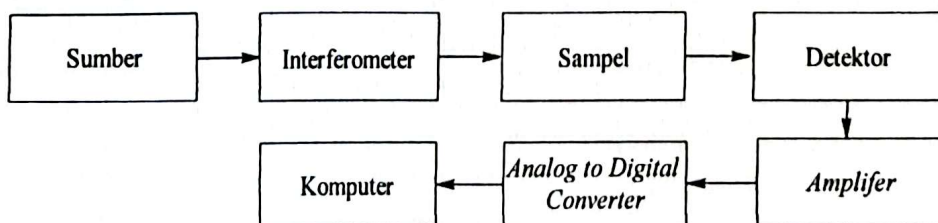
3. Temperatur

Kenaikan temperatur berpengaruh terhadap kekuatan tarik material, jika temperatur dinaikkan maka kekuatan tariknya akan menurun. Jika pada temperatur tertentu (titik lunak, titik transisi gelas) meningkat maka batas deformasi karena tarikan juga meningkat cepat hal ini menyebabkan tegangan patah dan modulus elastisitasnya menurun [4].

2.6.2 Pengujian Sifat Kimia

Sifat kimia adalah perubahan yang dialami suatu material membentuk suatu zat baru, perubahan ini timbul karena reaksi kimia yang dapat diamati dengan mengubah identitas kimiawi zat tersebut [5]. Perubahan sifat kimia dapat dianalisis dengan alat uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). FTIR dapat menguji berbagai sampel baik itu padatan, larutan, serat, gas dan permukaan lainnya dengan pilihan teknik pengambilan sampel secara bijaksana [16].

Spektroskopi pada FTIR dihasilkan pada interferensi radiasi antara dua sinar untuk menghasilkan interferogram yang dimana sinar terakhir adalah sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi dari perubahan panjang jalur antara dua sinar. Berikut ini adalah proses analisis sampel yang dapat dijelaskan melalui Gambar II.8



Gambar II.8 Proses Analisis Menggunakan FTIR.

Sumber : Stuart, 2004.

Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai ke detektor. Setelah terjadi amplifikasi sinyal, dimana

kontribusi tinggi telah dihilangkan oleh filter, data kemudian dikonversi ke bentuk digital oleh *analog-to-digital converter* dan ditransfer ke komputer untuk mendapatkan hasil spektrum FTIR [16].

Spektroskopi pada FTIR dalam penggunaannya dapat memberikan informasi lebih lanjut kepada peneliti mengenai struktur super-molekul, analisis ikatan hidrogen, penentuan struktur dan komposisi kimia sampel dan karakteristik morfologi sampel serta mengidentifikasi dan membedakan material berdasarkan pita serapan inframerah yang dipancarkan oleh setiap sampel [15]. Berikut ini adalah getaran dan bilangan gelombang yang dapat dilihat pada Tabel II.5.

Tabel II.5 Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang FTIR

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
C-H	Alkana (Uluran)	3000-2850
	-CH ₃ - (Tekukan)	1450 dan 1375
	-CH ₂ - (Tekukan)	1465
	Alkena (Uluran)	3100-3000
	Aromatik (Uluran)	3150-3050
	Alkalin (Uluran)	3300
	Aldehid	2900-2700
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1680-1600
	Aromatik	1600 dan 1475
C≡C	Alkuna	2250-2100
C=O	Aldehid	1740-1720
	Keton	1725-1705
	Asam Karboksilat	1725-1700
	Ester	1750-1730
	Amida	1680-1630
	Anhidrida	1810 dan 1760
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat, Anhidrida	1300-1000
	Asam Klorida	1800
O-H	Alkohol, Fenol	3650-3600
	Asam Karboksilat	3400-2400
N-H	Amina Amida (Uluran)	3500-3100
	Amina Amida (Puntiran)	1640-1550
C-N	Amina	1350-1000
C≡N	Nitril	2260-2240

Sumber: Pavia dkk, 2009

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan studi literatur dari bulan Juni s.d. Oktober 2018. Pembuatan lembaran komposit polipropilena/serat rami pendek dilakukan di Laboratorium Polimer Politeknik Jakarta pada tanggal 7 s.d 8 November 2018. Setelah terbentuk spesimen komposit, dilakukan pengujian sifat mekanis yaitu kekuatan tarik di Laboratorium Polimer Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 5 Desember 2018 dan pengujian sifat kimia di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 13 Desember 2018. Pada bulan Maret 2019 dilakukan pembuatan dan pengujian kekuatan tarik lembaran polipropilena murni yang dilakukan di Laboratorium Polimer Politeknik STMI Jakarta.

3.2 .Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Timbangan digital
2. Jangka sorong
3. Gunting
4. Plastik *zipper*
5. Plastik *wrap*
6. Mesin *Manual Forming* tipe Comotech QC-601A
7. Mesin *Pneumatic Speciment Punch* tipe Comotech QC-603C
8. Cetakan lembaran komposit
9. Sarung tangan kulit
10. Sarung tangan rajut
11. Pisau cetakan spesimen ASTM D-638 tipe IV
12. *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Ibertest EUROTEST T-5 & T-5/E
13. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectroscopy* tipe Nicolet Is10

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan berupa granula komposit dari penelitian terdahulu yang dibuat di PT Inter Aneka Lestari Kimia, dengan variasi:

1. Granula komposit polipropilena/serat rami pendek dengan persentase massa serat 10% sebanyak 150 gram.
2. Granula komposit polipropilena/serat rami pendek dengan persentase massa serat 15% sebanyak 150 gram.
3. Granula komposit polipropilena/serat rami pendek dengan persentase massa serat 20% sebanyak 150 gram.
4. Polipropilena murni yang berasal dari PT Polytama Propindo sebanyak 150 gram.

3.3 Variabel

Dua jenis variabel dalam penelitian sifat mekanis dan kimia komposit polipropilena/serat rami pendek diantaranya :

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini yaitu waktu pemanasan saat granula komposit dibentuk menjadi lembaran komposit menggunakan mesin *Manual Forming* selama 20 menit.

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang berubah selama penelitian berlangsung bertujuan untuk mencari titik optimasi pada setiap pengujian dalam penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel III.1

Tabel III. 1 Matriks Penelitian Pembuatan Lembaran Komposit Polipropilena/Serat Rami

Sampel	Persentase massa serat rami (%)	Temperatur (°C)
1	10	180
2	15	180
3	20	180
4	10	190
5	15	190
6	20	190

3.4 Prosedur Penelitian Sifat Mekanis dan Kimia Komposit Polipropilena/Serat Rami

Prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar III.1 yaitu skema prosedur penelitian sifat mekanis dan kimia komposit polipropilena/serat rami pendek.



Gambar III. 1 Skema Pembuatan Lembaran Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek.

Prosedur penelitian sifat mekanis dan kimia komposit polipropilena/serat rami pendek ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu: pembuatan lembaran komposit menggunakan mesin *Manual Forming*, pembentukan lembaran komposit menjadi spesimen sesuai standar menggunakan *Pneumatic Speciment Punch*, kemudian dilakukan pengujian terhadap sifat mekanis kekuatan tarik komposit menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengujian untuk menentukan sifat kimia berupa analisa gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

3.4.1 Pembuatan Lembaran Komposit Polipropilena/Serat Rami pendek

Pembuatan lembaran komposit polipropilena/serat rami pendek ini menggunakan mesin *Manual Forming* bermerek Cometech tipe QC-601A dengan ukuran cetakan 20×20 cm dan daya 220V/50Hz.

Pada proses pembuatan lembaran komposit ini mesin *Manual Forming* diatur terlebih dahulu temperatur yang digunakan pada penelitian kali adalah 180°C dan 190°C. Setelah itu masukkan bahan yang sudah ditimbang sebanyak 75 gram ke dalam cetakan dengan posisi granula berkumpul ditengah-tengah lalu tutup cetakan. Setelah granula komposit polipropilena/serat rami pendek dimasukkan ke dalam cetakan tahapan selanjutnya adalah memasukkan cetakan ke mesin *Manual Forming* dan memompa dongkrak mesin *Manual Forming* perlahan-lahan sampai 300 kg F/cm² agar cetakan tertutup rapat dan menempel dengan *heating* panel atas dan *heating* panel bawah mesin *Manual Forming*. Kemudian atur *timer* alarm mesin *Manual Forming* menjadi 20 menit. Tunggu hingga *timer* alarm berbunyi lalu matikan *timer* alarm dan matikan *heater switch* mesin *Manual Forming*, setelah itu nyalakan *water switch* dan buka keran air yang telah terhubung dengan selang untuk mendinginkan mesin *Manual Forming*, tunggu hingga temperatur pada mesin *Manual Forming* turun hingga 70°C. Kemudian keluarkan lembaran komposit dari cetakan. Begitu seterusnya untuk membuat lembaran komposit polipropilena/serat rami pendek untuk setiap sampel.

3.4.2 Pembuatan Spesimen Pengujian Sesuai Standar

Pembuatan sampel spesimen ini mengacu pada ASTM D638-14 dengan menggunakan mesin *Pneumatic Speciment Punch* bermerek Cometelect tipe QC-603C dengan *output force* 2000-3000 kg dan daya *air pressure* sebesar 3-9 kg/cm².

Pada pembuatan sampel spesimen ini tahapan pertama yang dilakukan adalah menyalakan mesin *Pneumatic Speciment Punch* dan menyalakan kompresor kemudian atur tekanan menjadi 5 kg/cm² dan buka katup udara mesin. Lalu letakkan lembaran komposit polipropilena/serat rami pendek berukuran 20×20 cm di atas meja *Pneumatic Speciment Punch* dengan cetakan spesimen di atasnya. Langkah selanjutnya tekan *right button* kanan dan kiri, injak *foot switch* tunggu

hingga mesin berbunyi tanda lembaran telah terpotong lalu keluarkan lembaran komposit dari cetakan spesimen. Begitu seterusnya untuk membuat sampel spesimen komposit polipropilena/serat rami pendek untuk setiap sampel. Spesimen sampel yang dihasilkan dari mesin *Pneumatic Speciment Punch* berbentuk *dog bone*.

Setelah sampel spesimen sudah terbentuk hal yang dilakukan selanjutnya adalah *conditioning* atau pengkondisian spesimen untuk menghilangkan tegangan sisa akibat pembuatan spesimen. Pengkondisian spesimen dilakukan dengan menyimpan spesimen yang dibungkus dengan plastik *wrap* kedap udara pada temperatur kamar dan waktu tidak kurang dari 40 jam sebelum pengujian.

3.5 Tahap Pengujian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian terhadap sifat mekanis kekuatan tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine* Cometech dan pengujian sifat kimia dengan analisa gugus fungsi yang dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Politeknik STMI Jakarta dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*.

3.5.1 Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis yang dilakukan adalah pengujian kekuatan tarik dimana pengujian ini mengacu pada ASTM D 638-14 tipe IV yang memiliki berdiameter 6 mm, panjang pengukuran 115 mm dan ketebalan ≤ 7 mm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* Ibertest dengan kecepatan pengujian sebesar 5 mm/min, panjang *gripped* sebesar 65 mm, *pretension* 0,5 MPa dan daya mesin sebesar 1400 Kw.

Sampel spesimen yang diuji berbentuk *dog bone* hasil dari pencetakan menggunakan mesin *Pneumatic Speciment Punch*. Banyaknya spesimen yang diuji ada tiga per satu sampel (ada 6 sampel seperti Tabel III.2) dan dirata-ratakan untuk mendapatkan nilai dari kekuatan tarik.

3.5.2 Pengujian Sifat Kimia

Pengujian sifat kimia berupa analisis gugus fungsi yang dilakukan menggunakan Spektrofotometer-Thermo Scientific tipe Nicolet Is10 yang

memiliki daya mesin sebesar 100-240V/50-60 Hz dan jenis laser yang dipakai adalah HeNe.

Analisis perubahan sifat kimia dilakukan dengan meletakkan sampel diatas *beam spectator* untuk dipantulkan sinar inframerah dari mesin FTIR. Kemudian sinar inframerah dari interferogram dipantulkan ke permukaan sampel, lalu sinar yang diterima sampel ditransmisikan ke detektor untuk diukur sinyal interferogram khusus yang dihasilkan. Pada tahap ini frekuensi energi berupa sinyal dari sampel diserap. Setelah itu terjadi amplifikasi sinyal, dimana kontribusi frekuensi tinggi telah dieliminasi oleh filter dan menghasilkan data. Data tersebut kemudian dikonversi ke bentuk digital oleh konverter analog ke digital dan ditransfer ke komputer untuk transformasi *fourier* dan keluar *output* berupa spektrum inframerah untuk dianalisa lebih lanjut.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kuat Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami Pendek

Kekuatan tarik merupakan gaya peregangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum material tersebut rusak [13]. Pengujian kuat tarik komposit polipropilena/serat rami pendek dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* dengan cara sampel dijepit bagian atas dan bawah dengan *grip* penjepit mesin dengan posisi seimbang kemudian mesin akan melakukan uji tarik. Besar beban yang diberikan adalah sebesar gaya tarikan yang dapat diterima sampai sampel yang diuji patah. Berikut ini adalah hasil uji tarik komposit polipropilena/serat rami yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel IV. 1 Perbandingan Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

Sampel	Persentase massa serat rami	Temperatur (°C)	Hasil pengujian		Kekuatan tarik polipropilena murni (MPa)
			Kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami pendek (MPa)	Standar deviasi	
1	10	180	25,760	0,771	29,918
2	15		25,426	2,110	
3	20		20,679	1,188	
4	10	190	25,152	2,110	29,225
5	15		22,310	1,008	
6	20		20,070	0,627	

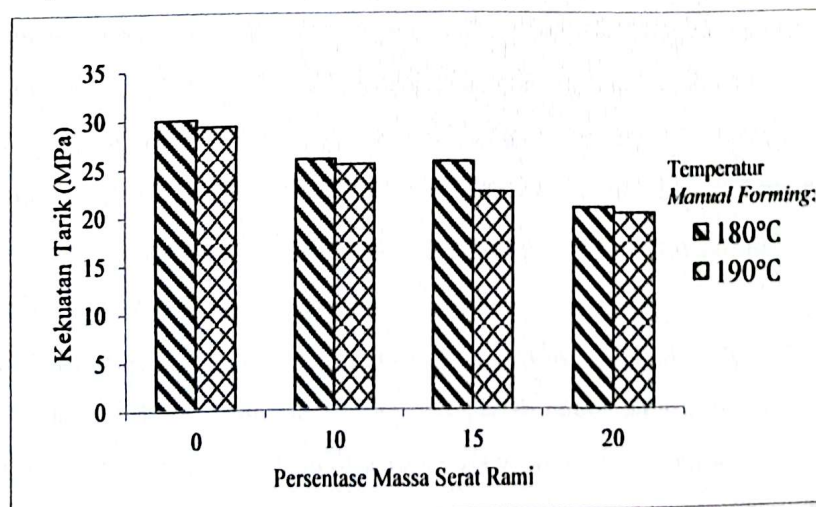
Pada Tabel IV.1 menunjukkan hasil kekuatan tarik dari masing-masing persentase massa serat. Nilai kekuatan tarik diatas merupakan nilai rata-rata dari 3 spesimen yang diuji dan kemudian hasilnya dianalisa faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi hasil dari pengujian kuat tarik komposit polipropilena/serat rami.

Berdasarkan Tabel IV.1 dapat diketahui bahwa kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami masih dibawah kekuatan tarik polipropilena murni. Pada umumnya pengaplikasian serat yang telah dimodifikasi pada komposit dapat meningkatkan sifat mekanisnya yaitu kekuatan tarik [1]. Namun hasil pengujian kekuatan tarik pada penelitian ini berbanding terbalik dengan literatur.

Hal ini disebabkan karena adanya kandungan air pada serat rami. Kandungan air pada komposit polipropilena/serat rami dapat diketahui dari analisa gugus fungsi yang telah dilakukan. Serat alam yang bersifat hidrofilik dapat menyerap air dari lingkungannya. Kelembapan pada serat rami dapat mengakibatkan adanya bercak putih atau gelembung-gelembung pada lembaran komposit dan ikatan yang buruk antara serat dengan matriks. Kelembapan juga dapat menyebabkan modulus elastis pada komposit akan menurun dan tegangan patah akan meningkat, hal ini menjadikan fungsi serat sebagai penguat menjadi berkurang [5]. Pengeringan kembali granula komposit polipropilena/serat rami sebelum dilakukan pencetakan lembaran komposit adalah solusi untuk menghilangkan kandungan air pada serat [17].

4.1.1 Pengaruh Persentase Massa Serat Terhadap Kekuatan Tarik

Dari hasil pengujian kekuatan tarik yang dapat dilihat pada Tabel IV.1 dan Gambar IV.1 dapat disimpulkan bahwa komposisi massa serat rami berpengaruh terhadap kekuatan tarik komposit pada kondisi tertentu.



Gambar IV. 1 Pengaruh Persentase Massa Serat dan Temperatur *Manual Forming* Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polipropilena/Serat Rami

Kekuatan tarik pada komposit mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya persentase massa serat rami. Pada Gambar VI.1 dapat diketahui kekuatan tarik tertinggi terjadi pada sampel 1 sebesar 25,760 MPa sedangkan kekuatan tarik terendah terjadi pada sampel 6 sebesar 20,070 MPa.

Peningkatan persentase massa serat (tanpa *compatibilizer*) dapat menurunkan kekuatan tarik komposit, hal dapat terjadi karena meningkatnya viskositas pada serat sehingga serat tidak berikatan dengan matriks yang hidrofobik [6]. Namun penambahan persentase massa serat yang *dipre-treatment* terlebih dahulu menggunakan larutan alkali dan menambahkan *compatibilizer* MAPP sebagai *coupling agent* pada pembuatan komposit dapat meningkatkan kekuatan tarik pada komposit [1].

Pada Gambar IV.1 dapat diketahui bahwa hasil nilai kekuatan tarik dalam penelitian ini mengalami penurunan dari polipropilena. Kekuatan tarik pada hasil penelitian ini mengalami penurunan dikarenakan penambahan serat rami dapat meningkatkan kemungkinan serat menyerap air dari udara sehingga serat mengalami kelembapan, hal ini menyebabkan adanya rongga dalam komposit yang ditandai dengan lepasnya serat dari matriks yang biasa disebut *debonding* karena ikatan antarmuka antara serat dan matriks tidak optimal [20].

Material yang digunakan untuk *front & rear bar* mobil jenis MPV pada saat ini adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dengan kekuatan tarik dipasaran sebesar 25-35 MPa [1]. Tabel V.I menunjukkan nilai kekuatan tarik komposit dari masing-masing variasi. Dari keenam sampel yang diuji terdapat tiga sampel yang masuk ke dalam *ranges* kekuatan tarik *front & rear bar* mobil yaitu sampel 1, 2 dan 4 yang menjadikan ketiga sampel tersebut dapat dijadikan alternatif *front & rear bar* konvensional.

4.1.2 Pengaruh Temperatur *Manual Forming* Terhadap Kekuatan Tarik

Pada Tabel IV.1 dan Gambar IV.1 dapat disimpulkan bahwa temperatur pemanasan 180°C atau 190°C di *Manual Forming* berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Peningkatan temperatur *Manual Forming* mengakibatkan penurunan kekuatan tarik. hal ini disebabkan karena adanya batas limit temperatur serat sebelum serat terdegradasi [6]

Peningkatan temperatur *Manual Forming* pada saat pembuatan lembaran sampel komposit dapat menurunkan modulus elastisitas, gelembung-gelembung atau bercak putih pada permukaan komposit akibat pemanasan mendadak sehingga udara terperangkap dan meningkatkan pertambahan panjang yang terjadi

akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji. Pertambahan panjang ini biasa disebut deformasi, peningkatan deformasi juga dapat meningkatkan tegangan patah pada komposit [5].

Hasil pengujian kekuatan tarik pada komposit dengan persentase massa serat yang sama tetapi temperatur *Manual Forming* berbeda mengalami penurunan kekuatan tarik. Hal ini dapat dilihat dari pada sampel 1 mengalami kekuatan tarik sebesar 25,760 MPa sedangkan kekuatan tarik pada sampel 4 sebesar 25,152. Kekuatan tarik pada sampel 2 sebesar 25,426 MPa mengalami penurunan menjadi 22,310 MPa. Pada sampel 5 dan kekuatan tarik pada sampel 3 dan sampel 6 mengalami penurunan kekuatan tarik dari 20,679 MPa menjadi 20,070 MPa.

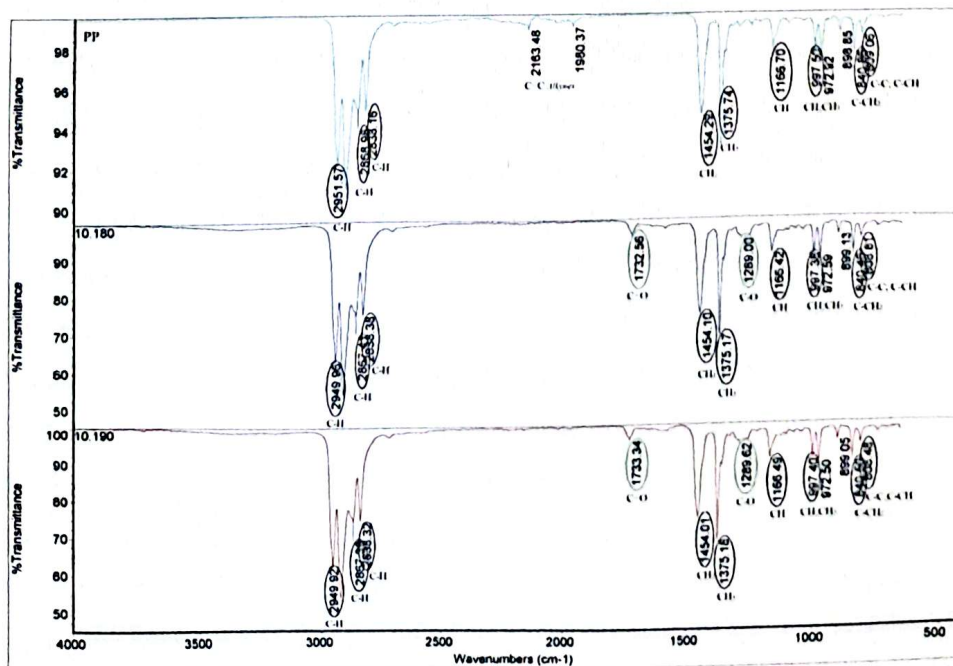
4.2 Analisis Perubahan Sifat Kimia Komposit Polipropilena/Serat Rami

Pendek

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan alat uji *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) yang dalam penggunaannya akan menghasilkan grafik spektrum yang dapat dianalisis berdasarkan pita serapan inframerah yang dipancarkan.

4.2.1 Komposit Polipropilena/Serat Rami dengan Persentase Massa Serat

10%



Gambar IV. 2 Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Serat Rami 10 %

Pada Gambar IV.2 terdapat 3 spektrum FTIR yaitu spektrum Polipropilena murni, spektrum komposit polipropilena/serat rami dengan persentase massa serat 10% dan temperatur *Manual Forming* 180°C pada sampel 1 dan spektrum komposit polipropilena/serat rami dengan persentase massa serat 10% dan temperatur *Manual Forming* 190°C pada sampel 4. Pada kedua sampel komposit ini menggunakan serat rami sebagai penguat, yang dimana serat rami mengandung selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang berikatan dengan hidrogen.

Dari spektrum polipropilena murni pada Gambar IV.2 terdapat bilangan gelombang khas yang menunjukkan adanya gugus CH_3 pada bilangan gelombang 2951,57 cm^{-1} yang didukung dengan adanya sidik jari pada bilangan gelombang 1454,29 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi deformasi pada gugus CH_2 , gugus CH_3 pada 1375,74 cm^{-1} dan adanya beberapa gugus puncak karakteristik dari polipropilena yaitu 11670 cm^{-1} ; 997,50 cm^{-1} ; 972,72 cm^{-1} ; 840,86 cm^{-1} ; dan 809,06 cm^{-1} [15]. Adanya gugus $C=C$ pada pita serapan 2163,48 cm^{-1} dan 1980,37 cm^{-1} merupakan pengotor karena pada polipropilena murni tidak ada pita serapan tersebut.

Pada spektrum hasil analisa komposit polipropilena/serat rami pada sampel 1 dan sampel 4 terdapat gugus-gugus puncak karakteristik Polipropilena yang menandakan adanya kandungan polipropilena dalam komposit. Pada sampel 1 dan sampel 4 juga terdapat bilangan gelombang 2949,96 cm^{-1} dan 2949,92 cm^{-1} yang menunjukkan gugus CH_3 dalam komposit polipropilena/serat rami yang dikaitkan dengan berat molekul rendah dari polipropilena [17].

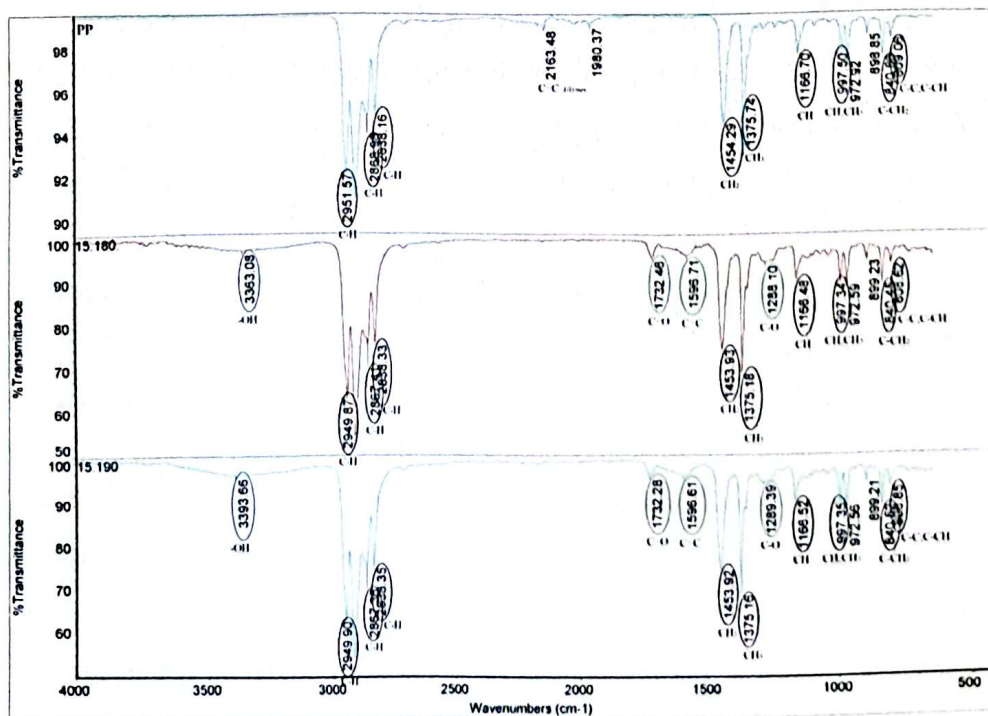
Dalam spektrum sampel 1 dan 4 juga terdapat pita serapan baru yaitu pada bilangan gelombang 1732,56 cm^{-1} dan 1733,34 cm^{-1} yang menunjukkan adanya peregangan $C=O$ yang menandakan adanya gugus ester atau karboksilat yang ditemukan di lignin pada serat rami [18] dan peregangan $C=O$ juga menandakan adanya gugus aldehid dalam lignin dan gugus asetil dalam hemiselulosa [17]. Adanya aldehid dan asetil pada kedua sampel spektrum menandakan perlakuan alkali yang dilakukan pada serat belum sepenuhnya menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada serat rami. Selain itu pada kedua sampel juga terdapat bilangan gelombang 1289,00 cm^{-1} dan bilangan gelombang 1289,62 cm^{-1}

yang merupakan gugus peregangan C-O dari gugus ester terkonjugasi yang ada dalam serat rami [18].

Tujuan rekayasa material antara polipropilena/serat rami ini agar komposit dapat memiliki sifat kimia polipropilena yang baik seperti laju nyala apinya lemah, tahan terhadap cuaca, asam dan larutan alkali lemah [5]. Namun dari bilangan gelombang pada Gambar IV.2 dapat diketahui terdapat gugus ester yang menyebabkan komposit ini memiliki kecenderungan sedikit mudah terhidrolisa oleh asam karena persentase serat rami yang digunakan sedikit hanya 10%.

4.2.2 Komposit Polipropilena/Serat Rami dengan Persentase Massa Serat 15%

Pada Gambar IV.3 terdapat 3 spektrum FTIR yaitu spektrum polipropilena murni, spektrum komposit polipropilena/serat rami dengan persentase massa serat 15% dan temperatur *Manual Forming* 180°C pada sampel 2 dan spektrum komposit polipropilena/serat rami dengan persentase massa serat 15% dan temperatur *Manual Forming* 190°C pada sampel 5.



Gambar IV. 3 Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Serat Rami 15 %

Hasil spektrum dari polipropilena murni pada Gambar IV.3 sama dengan Gambar IV.2. Dari hasil analisa spektrum komposit pada sampel 2 dan 5

menunjukkan adanya kandungan polipropilena dan juga terdapat bilangan gelombang $2949,87\text{ cm}^{-1}$ dan $2949,90\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus CH_3 dalam komposit polipropilena/serat rami yang dikaitkan dengan berat molekul rendah dari polipropilena [17].

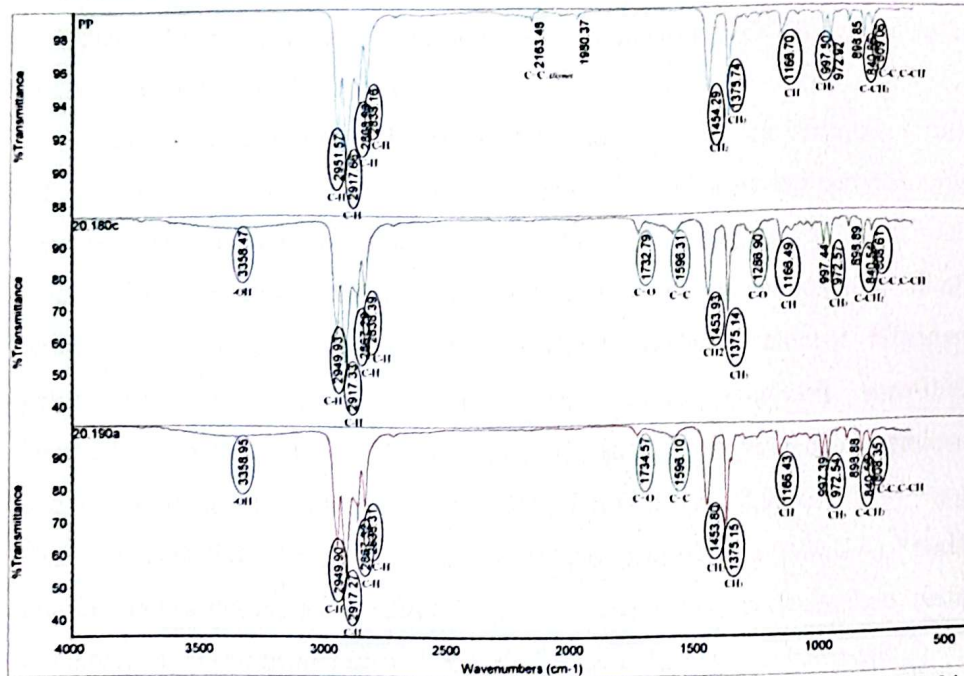
Dari spektrum hasil analisa komposit polipropilena/serat rami pada sampel 2 dan sampel 5 terdapat gugus fungsi baru yaitu peregangan gugus hidroksil OH pada bilangan gelombang $3363,08\text{ cm}^{-1}$ dan $3393,66\text{ cm}^{-1}$, dimana gugus ini menunjukkan adanya kandungan air dalam komposit hal ini dikarenakan pada komposit mengandung selulosa dari serat rami [18]. Pada sampel 2 dan sampel 5 juga terdapat gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ yang menandakan adanya gugus aldehid dalam lignin dan gugus asetil dalam hemiselulosa serat pada bilangan gelombang $1732,46\text{ cm}^{-1}$ dan $1732,28\text{ cm}^{-1}$ [10]. Adanya gugus aldehid dan gugus asetil pada kedua sampel spektrum menandakan perlakuan alkali pada serat belum sepenuhnya menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada serat rami. Bilangan gelombang $1596,71\text{ cm}^{-1}$ dan $1596,61\text{ cm}^{-1}$ pada sampel 2 dan sampel 5 terdapat alkena dengan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ dengan mayoritas terikat hidrogen ikatan rangkap. Selain itu pada bilangan gelombang $1288,10\text{ cm}^{-1}$ dan $1289,39\text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya peregangan $\text{C}-\text{O}$ dari gugus ester terkonjugasi yang ada dalam serat rami [18].

Rekayasa material komposit bertujuan untuk meningkatkan nilai kegunaan dan sifat-sifat unggul suatu bahan dari bahan penyusunnya. Namun dari Gambar IV.3 dapat diketahui terdapat bilangan gelombang dari gugus ester yang menyebabkan komposit memiliki kecenderungan mudah terhidrolisa oleh asam [5] dan adanya peregangan selulosa dan air (H_2O) pada bilangan gelombang $3363,08\text{ cm}^{-1}$ dan $3393,66\text{ cm}^{-1}$ [18] yang dapat menyebabkan komposit dapat mengalami pembekakan (*swelling*) pada matriks Polipropilena yang hidrofilik sehingga dapat terjadi kerusakan pada komposit karena air memutuskan ikatan rangkap atom karbon dari komposit.

4.2.3 Komposit Polipropilena/ Rami dengan Persentase Massa Serat 20%

Pada Gambar IV.4 terdapat 3 spektrum FTIR yaitu spektrum polipropilena murni, spektrum komposit polipropilena/serat rami dengan persentase massa serat

20% dan temperatur *Manual Forming* 180°C pada sampel 3 dan spektrum komposit polipropilena/serat rami dengan persentase massa serat 20% dan temperatur *Manual Forming* 190°C pada sampel 6.



Gambar IV. 4 Spektrum Inframerah Komposit Polipropilena/Serat Rami 20 %

Nilai spektrum dari polipropilena murni sama dengan Gambar IV.2. Dari hasil analisa spektrum sampel 3 dan sampel 6 terdapat bilangan gelombang $2949,93 \text{ cm}^{-1}$ dan $2949,90 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus CH_3 dalam komposit polipropilena/serat rami yang menunjukkan keberadaan matriks polipropilena pada komposit.

Dari spektrum hasil analisa komposit polipropilena/serat rami pada sampel 3 dan sampel 6 terdapat bilangan gelombang $3358,47 \text{ cm}^{-1}$ dan $3358,95 \text{ cm}^{-1}$, dimana bilangan gelombang ini menunjukkan adanya peregangan selulosa dan air [18]. Pada sampel 3 dan sampel 6 juga terdapat gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ yang menandakan adanya gugus aldehyd dalam lignin dan gugus asetil dalam hemiselulosa serat pada bilangan gelombang $1732,79 \text{ cm}^{-1}$ dan $1734,57 \text{ cm}^{-1}$ [17]. Adanya gugus aldehyd dan asetil pada kedua sampel spektrum menandakan perlakuan alkali pada serat belum sepenuhnya menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada serat rami. Bilangan gelombang $1596,31 \text{ cm}^{-1}$ dan $1596,10$

cm^{-1} pada sampel 3 dan sampel 6 terdapat alkena dengan gugus fungsi C=C dengan mayoritas terikat hidrogen ikatan rangkap. Selain itu pada bilangan gelombang $1286,90 \text{ cm}^{-1}$ pada sampel 3 tetapi tidak terdeteksi pada sampel 6, bilangan gelombang ini menandakan adanya peregangan C-O dari gugus ester terkonjugasi yang ada dalam serat rami [18].

Rekayasa material komposit polipropilena/serat rami pendek bertujuan untuk meningkatkan nilai kegunaan dan sifat-sifat unggul suatu bahan dari penyusunnya dan memiliki sifat mekanis dan kimia yang baik seperti laju nyala api lemah, tahan terhadap pengaruh cuaca, tahan terhadap asam dan tahan terhadap alkali lemah [5]. Namun dari Gambar IV.4 dapat diketahui terdapat bilangan gelombang dari gugus ester yang menyebabkan komposit memiliki kecenderungan mudah terhidrolisa oleh asam [5] dan adanya peregangan selulosa dan air (H_2O) pada bilangan gelombang $3358,47 \text{ cm}^{-1}$ dan $3358,95 \text{ cm}^{-1}$ [18] yang dapat menyebabkan komposit dapat mengalami pembekakan (*swelling*) pada matriks polipropilena yang hidrofilik sehingga dapat terjadi kerusakan pada komposit karena air memutuskan ikatan rangkap atom karbon dari komposit.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Peningkatan persentase massa serat dapat menurunkan nilai kekuatan tarik 19,93% demikian juga kenaikan temperatur *Manual Forming* dapat menurunkan nilai kekuatan tarik 6,027%. Hal ini menandakan bahwa fungsi serat dalam komposit bukan sebagai bahan penguat (*reinforced*) tetapi sebagai bahan pengisi (*filler*) yang diharapkan dapat mengurangi biaya produksi mengingat bahan pengisi serat relatif lebih murah dibanding dengan matriks polimer.
2. Peningkatan persentase massa serat pada komposit polipropilena/serat rami pendek menyebabkan munculnya gugus fungsi baru yaitu OH dan C=C serta ditemukan gugus ester pada komposit yang dapat menyebabkan komposit memiliki kecenderungan mudah terhidrolisa oleh asam.
3. Berdasarkan pengujian kekuatan tarik komposit polipropilena/serat rami menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi pada sampel 1 (persentase massa serat rami 10%, temperatur *Manual Forming* 180°C sebesar 25,760 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disarankan:

1. Perlu dilakukannya pengeringan kembali granula komposit sebelum dilakukan pencetakan komposit untuk menghilangkan kandungan air pada serat.
2. Serat rami perlu diuji FTIR terlebih dahulu agar diketahui struktur dan sifat kimianya.
3. Perlunya alat pelepas cetakan khusus pada saat pembuatan spesimen uji menggunakan *Pneumatic Speciment Punch* agar tidak terjadi deformasi awal pada spesimen uji sebelum dilakukan pengujian kekuatan tarik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Oktariani, E., Widjajanti. R., Ahsan. S., Putra. R.P.A., Amir. F., Heryes. L.J., Wulandari. A., "Sifat Mekanis Polipropilena Berpenguat Serat Kenaf Pendek: pengaruh Fraksi Massa dan Talk", *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol.2, 2018.
2. Thomas, S., Joseph, K., Malhotra, S.M., Goda, K., and Sreekala, M.S., "Polymer Composites: volume 1, (1st ed)", Weinheim, Jerman: Wiley-VCH Verlag GmbH & co. KGaA. 2012.
3. Novariani, E. dan Sukardan M.D., "Potensi Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil dan Produk Tekstil dan Tekstil Teknik", *Arena tekstil* vol.30(2), p.113-122, Balai Besar Tekstil, Bandung, 2015.
4. Hölbery, J., Houston, D., "Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications, *Journal of the Minerals Metal and Material Society*", hal. 58(11), 80-86, 2006.
5. Surdia, T. And Saito, S, "Pengetahuan Bahan Teknik", Jakarta: Pradnaya Paramita, 1999.
6. Zhang. Y., Wen. B., Cao. L., Li. X., Zhang. J., "Preparation and Properties of Unmodified Ramie Fiber Reinforcement Polypropylene Composite", vol.30, 2015.
7. Nayiroh, N., "Teknologi Material Komposit". Universitas Islam Negeri Malang; Malang, 2013.
8. Gibson, R.F., "Principles of Composite Material Mechanics", Taylor & Francis Group, New York, 2016.
9. Akay, M., "An Introduction to Polymer- Matrix Composites", bookboon.com, 2013.
10. Sapuan, S.M., Mujtaba I, M, "Composite Materials", chapter 3, p.57-87, CRC Press Taylor & Francis Group, New York, 2017.

11. Maddah, H.A., "Polypropylene as a Promising Plastic", Scientific & Academic Publishing, 2016.
12. Salit, M. S., Mohammad, J.N., Haquw, M.E., "Manufacturing of Natural Fibre Reinforced Polymer", Springer Internasional Publishing, 2015.
13. Shah, V., "Handbook of Plastics Testing and Failure Analysis: Third Edition", John Wiley & Sons, Inc, 2007.
14. Gupta, A., Ajid, K., "Chemical Properties of Natural Fiber Composites and Mechanism of Chemical Modifications", Asian Journal of Chemistry, Vol. 24, 2012.
15. Jung, R.M., Horgen, F.D, Orski, S.V., Rodriguez, V., Beer, K.L., Jones, T.T., Workd, T.M., Brignac, K., Royer, S.J., Hyrenbach, K.D., Jensen, B.A., Lynch, J.M., "Validation of ATR FT-IR to Identify Polymers of Plastic Marine Debris, Including Those Ingested by Marine Organisms", Chemical Sciences Division, National Institute of Standards and Technology, p.45-48 Kamehameha Hwy, Kaneohe, HI, United States., 2018.
16. Stuart, B., "Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications", John Wiley & Sons, ltd, 2004.
17. Akhtar, M.N., Sulong, A.B., Radzi, M.K.F., Ismail, N.F., Raza, M.R, Muhamad, N., Khan, M.A., "Influence of Alkaline Treatment and Fiber Loading on The Physical and Mechanical Properties of Kenaf/Polypropylene Composite for Variety of Application", Lahone, 2016.
18. Bevitori, A.B., Silva, I.L.A., Rohen, L.A., Margem, F.M., Moraes, Y.M., Monteiro, S.N., "Evaluation of Ramie Fibers Components by Infrared Spectroscopy", Compos dos Goytacazes, 2014.
19. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA), "Production Statistics According to The Correspondent Survey", <http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>., diakses pada tahun 2017.
20. Mohanty, A.K., Wibowo, A., Misra, M., Drazal, L.T., "Effect of Process Engineering on the Perfomance of Natural Fiber Reinforced Cellulose Acetate Biocomposites, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing", East Lansing, 2004.

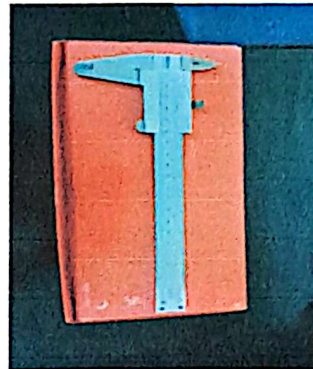
21. ASTM Internasional "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic"
ASTM Internasional, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West
Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
22. Pavia, D. L., Lampan, G. M., Kriz, G. S., dan Vyvyan, J. R., "Introduction to
Spectroscopy", Fourth Edition, Brooks/Cole, Washington, USA, 2009.
23. Alia, L. S., Dhalika, T., Hidayat, R., "The Influence of Defoliation Time of
Ramie (*Boehmetia nivea*) on Dry and Organic Matter Digestibility (In Vitro)",
Universitas Padjajaran, 2015.

LAMPIRAN A
GAMBAR ALAT DAN BAHAN

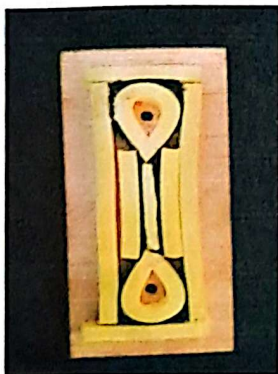
A. Alat



Timbangan digital



Jangka sorong



Pisau cetakan *dog bone*



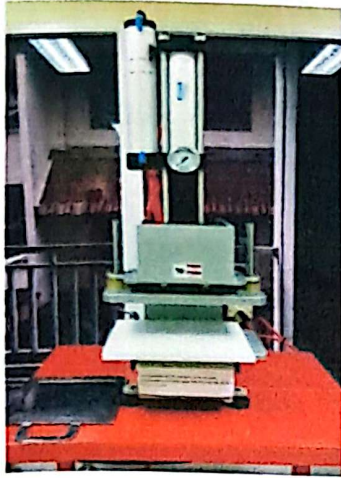
Plastik zipper



Plastik *wrap*



Mesin *Manual Forming*



Pneumatic Specimen Punch



Universal Testing Machine (UTM)



Gunting



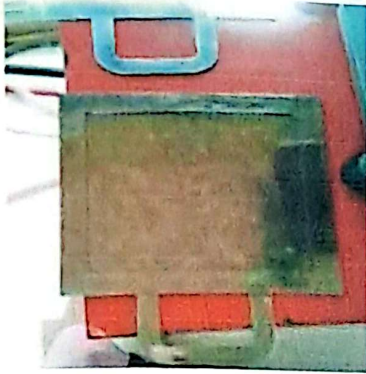
Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)



Sarung tangan Kulit



Sarung tangan rajut



Cetakan lembaran komposit

B. Bahan



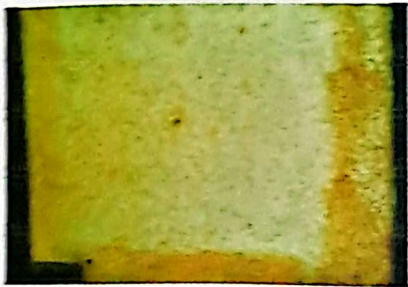
Komposit granula
polipropilena/serat rami



Polipropilena murni

LAMPIRAN B

GAMBAR SAMPEL PENELITIAN



Rami 10% wt, 180 °C



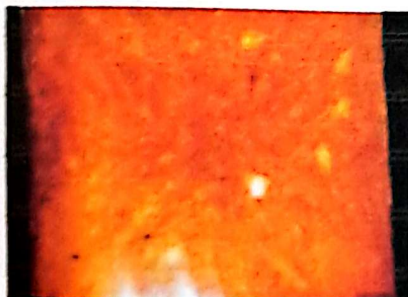
Rami 10% wt, 190 °C



Rami 15% wt, 180 °C



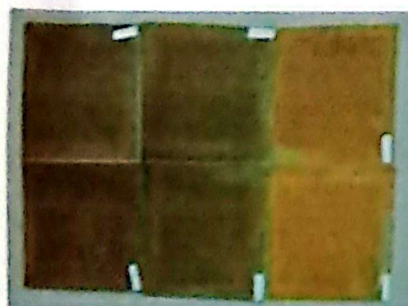
Rami 15% wt, 190 °C



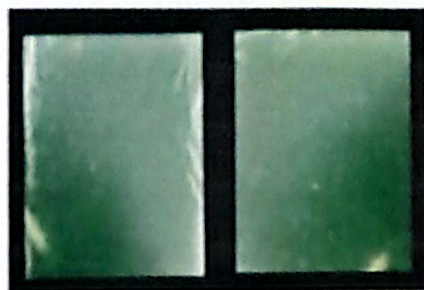
Rami 20% wt, 180 °C



Rami 20% wt, 190 °C



Lembaran komposit
polipropilena/serat rami pendek



Lembaran Polipropilena murni



Spesimen *dog bone* komposit polipropilena/serat rami pendek



Spesimen *dog bone* polipropilena mumi