

**PENGARUH VARIASI SUHU PEMANASAN TERHADAP SIFAT
MEKANIS DARI SERAT DAUN NANAS (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*)
DALAM MATRIKS *POLYESTER***

(Skripsi)

Oleh

Nanda Hervina Eka Septiani

2017041068



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRACT

THE EFFECT OF HEATING TEMPERATURE VARIATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF PINEAPPLE LEAF FIBERS (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) IN A POLYESTER MATRIX

By

NANDA HERVINA EKA SEPTIANI

Currently, one of the technologies that is increasingly being developed is natural fiber-based technology. In particular, pineapple leaf fiber is used as a material for making specimens in this study because, as a natural reinforcer, it has high specific strength, is lightweight, easily obtainable, and environmentally friendly. This study, entitled “The Effect of Heating Temperature Variations on the Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fibers (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) in a Polyester Matrix,” used several specimens, namely specimens with temperature variations of 65 °C, 70 °C, 75 °C, without temperature, and polyester without fibers. This study aims to determine the effect of heating temperature variations of 65 °C, 70 °C, and 75 °C on the tensile strength of pineapple leaf fibers, as well as to determine the effect of temperature variation of 65 °C on the morphology of pineapple leaf fibers in a polyester matrix and its effect on fiber tensile strength. In the tensile test results with specimens at a temperature variation of 65 °C, the tensile strength was 1.81 MPa, and the elastic modulus was 0.34 GPa. Specimens at a temperature variation of 70 °C had a tensile strength of 1.56 MPa and an elastic modulus of 0.65 GPa. Specimens with a temperature variation of 75 °C yielded a tensile strength of 0.91 MPa and an elastic modulus of 0.91 GPa. Specimens without temperature variation yielded a tensile strength of 1.35 MPa and an elastic modulus of 0.61 GPa. Specimens without fibers yielded a tensile strength of 0.99 MPa and an elastic modulus of 0.99 GPa.

Keywords: Pineapple leaf fibers, Polyester, Tensile strength

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI SUHU PEMANASAN TERHADAP SIFAT MEKANIS DARI SERAT DAUN NANAS (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) DALAM Matriks *POLYESTER*

Oleh

NANDA HERVINA EKA SEPTIANI

Saat ini salah satu teknologi yang semakin banyak dikembangkan adalah teknologi dengan berbahan dasar material serat alam. Terutama dengan menggunakan serat daun nanas untuk bahan pembuatan spesimen pada penelitian ini karena sebagai penguat alami, memiliki kekuatan spesifik yang tinggi, ringan, mudah didapatkan, serta ramah lingkungan. Penelitian ini yang berjudul “Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks *Polyester*” dengan menggunakan beberapa spesimen yaitu spesimen variasi suhu 65 °C, 70 °C, 75°C, tanpa pemanasan, dan *polyester* murni tanpa serat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pemanasan 65 °C, 70 °C, dan 75 °C terhadap kekuatan tarik serat daun nanas, dan mengetahui pengaruh variasi suhu 65 °C terhadap morfologi serat daun nanas dalam matriks *polyester* dengan pengaruhnya terhadap kekuatan tarik serat. Pada hasil pengujian tarik dengan spesimen dengan variasi suhu 65 °C, didapatkan hasil kekuatan tarik sebesar 1,81 MPa, dan modulus elastisitas 0,34 GPa. Spesimen dengan variasi suhu 70 °C, didapatkan hasil kekuatan tarik sebesar 1,56 MPa, dan modulus elastisitas 0,65 GPa. Spesimen dengan variasi suhu 75 °C didapatkan hasil kekuatan tarik sebesar 0,91 MPa, dan modulus elastisitas 0,91 GPa. Spesimen tanpa pemanasan didapatkan hasil kekuatan tarik sebesar 1,35 MPa, dan modulus elastisitas 0,61 GPa. Dan spesimen *polyester* murni tanpa serat didapatkan hasil kekuatan tarik sebesar 0,99 MPa, dan modulus elastisitas 0,99 GPa.

Kata kunci: Serat daun nanas, Polyester, Kuat tarik

**PENGARUH VARIASI SUHU PEMANASAN TERHADAP SIFAT
MEKANIS DARI SERAT DAUN NANAS (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*)
DALAM Matriks *POLYESTER***

Oleh

Nanda Hervina Eka Septiani

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks Polyester

Nama Mahasiswa : **Nanda Hervina Eka Septiani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041068

Program Studi : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



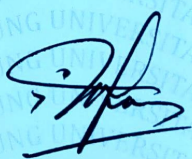
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.
NIP. 195903081991031001


Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si
NIP.197108291997032001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA


Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.
NIP. 199011252019032018

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph. D.**

Sekretaris : **Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si**

Penguji Utama : **Drs. Syafriadi, M. Si**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Effe. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **28 Januari 2026**

LEMBAR PERNYATAAN

Penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Nanda Hervina Eka Septiani
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017041068
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya dengan judul **“Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks Polyester”** adalah benar hasil karya saya sendiri baik ide hasil maupun analisisnya. Selanjutnya saya tidak keberatan jika sebagian atau keseluruhan data di dalam skripsi digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 28 Januari 2026



Nanda Hervina Eka Septiani
NPM. 2017041068

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Nanda Hervina Eka Septiani, dilahirkan pada tanggal 06 September 2001, di Sri Basuki, Kecamatan Batanghari, Kabupaten Lampung Timur. Penulis merupakan anak pertama dari Bapak Suherman dan Ibu Eni Kusriani.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK PGRI 5 Sri Basuki pada tahun 2008, pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Sri Basuki pada tahun 2014, pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Batanghari pada tahun 2017, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Batanghari pada tahun 2020.

Penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2020 sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Penulis pernah menjadi Anggota Bidang Kominfo di Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) FMIPA Unila tahun 2021-2022. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2023 di PT. Aneka Sumberbumi Jaya. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Bilateral (KKN-Bilateral) pada tahun 2023 di Desa Tapak Gedung, Kecamatan Tebat Karai, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu. Selanjutnya, pada tahun 2024 penulis melanjutkan Penelitian Skripsi di Laboratorium Fisika Inti Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan judul **“Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks Polyester”** dibawah bimbingan Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si.,Ph.D., dan Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.

MOTTO

“...Berhentilah membandingkan dirimu dengan orang lain, karena bunga yang mekar tidak pernah bersaing dengan bunga lain...”

-Zen Proverb-

“Jika Allah menunda sesuatu, bukan berarti Dia menolak, tetapi sedang mempersiapkan sesuatu yang terbaik.”

(Ust. Hanan Attaki)

“Jangan menilai dirimu dari seberapa cepat kamu mencapai keberhasilan, tapi dari seberapa besar keberanianmu untuk tetap mencoba meski pernah gagal. Karena hanya mereka yang berani gagal yang berhak menikmati indahnya keberhasilan”

-Winston Churchill-

“Hidup adalah pelajaran tentang kerendahan hati, tanggung jawab dan kesabaran”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, karya ini penulis persembahkan kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Bapak Suherman & Ibu Eni Kusrini

Terimakasih untuk segala do'a, usaha, dan dukungan sehingga penulis mampu bertahan hingga sampai di titik ini. Terima kasih untuk semua pengorbanan dan cinta yang tak terhingga.

Bapak dan Ibu Dosen Fisika

Terimakasih untuk semua ilmu yang telah diberikan, tenaga, dan kesabaran yang tiada batasnya.

Keluarga Besar & Sahabat

Serta rekan-rekan seperjuangan "FISIKA 2020 FMIPA Unila"

Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat bertahan dalam keadaan suka maupun duka.

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur Kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan untuk menyelesaikan Skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks Polyester” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S-1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Selama proses penulisan skripsi ini, penulis telah menerima banyak bantuan, dukungan, dan bimbingan selama proses penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama yang bersedia memberikan bimbingan, kritik dan saran dalam proses penulisan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si.,M.Si selaku Dosen Pembimbing Kedua yang senantiasa memberikan kritik dan saran dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si., selaku Dosen Penguji yang bersedia memberikan kritik, saran dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd.,M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si.,M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
6. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Staf Administrasi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

9. Kepada kedua orang tuaku tercinta Bapak Suherman dan Ibu Eni Kusrini, dua nama yang sangat berjasa dalam hidup, yang selalu mengusahakan anaknya untuk menempuh pendidikan setinggi-tingginya. Terima kasih atas setiap do'a yang terucap dalam diam, setiap perjuangan yang tak terlihat, kasih sayang yang tak pernah habis meski waktu terus berjalan, sumber cahaya dalam setiap langkahku, menjadi tempat pulang di setiap keluh kesah ku, kekuatan dalam setiap kelelahanku dan menjadi alasan terbesar di balik setiap keberhasilanku. Dari kerja keras kalian belajar arti tanggung jawab, dari kesabarannya memahami makna ketulusan, dan dari do'a kalian penulis menemukan kekuatan untuk melangkah. Segala pencapaian yang kuraih hari ini tidak akan pernah ada tanpa do'a dan pengorbanan kalian. Terima kasih atas segala yang telah diberikan dan tak terhitung jumlahnya kepada penulis.
10. Kepada adikku, Khansa Luthfiana, terima kasih telah menjadi penyemangat di setiap langkah, selalu memberikan canda, dan kasih sayang di tengah perjuangan menyelesaikan pendidikan ini. Meski kami kadang tidak akur, namun dialah alasan penulis terus berusaha menempuh pendidikan dengan sungguh-sungguh, agar kelak dia dapat menikmati kehidupan yang lebih layak tanpa harus bersusah payah menata hidup dan karirmu dari awal. Semoga keberhasilan ini dapat menjadi inspirasi agar kamu terus percaya pada impianmu sendiri.
11. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya yaitu Febri Yanto, terima kasih sudah menjadi bagian dalam perjalanan hidup penulis dan menemani penulis sejauh ini, berkat do'a, dukungan, semangat yang tak pernah berhenti dan ketenangan di tengah perjuangan ini dengan penuh kesabaran, ketulusan, dan selalu mengusahakan apapun itu. Terima kasih untuk motivasi yang telah diberikan dan percaya terhadap kemampuan penulis disaat penulis sendiri meragukannya.
12. Erlinda Maelani, partner penelitian yang memberikan semangat, dukungan, serta motivasi selama proses penulisan skripsi ini.
13. Teman-teman seperjuangan Sephia Wulandari, dan Yolla Lorenza yang memberikan semangat, bantuan dan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.

14. Seluruh mahasiswa angkatan 2020 Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
15. Terakhir penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada seseorang yang mungkin sering terlupakan, yaitu kepada diri sendiri, terimakasih ya karena tetap bertahan sampai pada tahap ini. Terimakasih karena tidak menyerah dan berani melawan rasa takut, serta keraguan terbesar dalam diri, terus berjuang walau kadang tak tau arah dan sering merasa terlambat dari yang lain. Terimakasih telah bertahan sejauh ini, tidak menyerah di saat semua terasa sulit, sabar menghadapi setiap kegagalan, tetap kuat meski merasa lelah, tak pernah berhenti belajar, dan tetap percaya bahwa setiap usaha tidak akan pernah sia-sia dan selalu membuahkan hasil akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam perjalanan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan. Namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan penulis berdo'a kepada Allah SWT untuk memberikan balasan berlipat ganda dan memudahkan segala langkah kita atas bantuan yang telah diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung, 28 Januari 2026

Nanda Hervina Eka Septiani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	ii
ABSTRAK	iii
HALAMAN JUDUL	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
MENGESAHKAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Serat Daun Nanas	7
2.3 Pengujian Tarik	9
2.4 Perlakuan Panas pada Material	12

2.5 Reaksi Serat dan <i>Polyester</i>	13
2.6 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	16
2.7 Mikroskop Optik	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Preparasi Serat Daun Nanas	22
3.3.2 Proses Pemanasan Serat Daun Nanas	23
3.3.3 Pembuatan Spesimen Uji Tarik	23
3.3.4 Pelaksanaan Pengujian Spesimen	24
3.4 Diagram Alir	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Pengaruh Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Serat Daun Nanas	29
4.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Serat Daun Nanas	29
4.3 Hasil Karakterisasi SEM-EDS Serat Daun Nanas	35
4.3.1 Hasil Karakterisasi Spesimen Menggunakan SEM Serat Daun Nanas	35
4.3.2 Hasil Karakterisasi SEM-EDS Serat Daun Nanas	37
4.4 Hasil Analisis Mikroskop Optik	42
4.4.1 Hasil Analisis Mikroskop Optik Pada <i>Polyester</i> Murni Tanpa Penambahan Serat Daun Nanas	42
4.4.2 Hasil Analisis Mikroskop Optik <i>Polyester</i> dan Serat Tanpa Pemanasan	43
4.4.3 Hasil Analisis Mikroskop Optik <i>Polyester</i> dan Serat Tanpa Pemanasan	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hasil Ekstraksi Serat Daun Nanas.....	8
Gambar 2.2. Bentuk Spesimen Uji Tarik Standar ASTM	9
Gambar 2.3. Alat Mesin Uji Tarik.....	11
Gambar 2.4. Contoh Alat SEM	17
Gambar 2.5. Hasil SEM serat daun nanas (a) Tanpa Pemanasan (b) Pemanasan 5 menit (c) Pemanasan 10 menit (d) Pemanasan 15 menit.....	18
Gambar 2.6. Alat Mikroskop Optik.....	19
Gambar 2.7. Hasil Foto Mikroskop Optik (a) Variasi suhu 30 °C, dan (b) Variasi suhu 50 °C	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.1. Spesimen Hasil Uji Tarik.....	29
Gambar 4.2. Diagram Batang Hasil Uji Kuat Tarik Pada Sampel Serat Daun Nanas	34
Gambar 4.3. Hasil Karakterisasi SEM Pada Sampel Serat Daun Nanas dengan variasi suhu 65 °C a) perbesaran 100×, b) perbesaran 250×, c) perbesaran 1.000×, dan d) perbesaran 2.500×.....	35
Gambar 4.4. Hasil Karakterisasi EDS Pada Sampel Serat Daun Nanas Variasi Suhu 65 °C.....	37
Gambar 4.5. Grafik Spektrum Analisis EDS pada Region 1.....	39
Gambar 4.6. Grafik Spektrum Analisis EDS pada Region 2.....	40
Gambar 4.7. Grafik Spektrum Analisis EDS pada Region 3.....	40
Gambar 4.8. Hasil Analisis Spesimen Menggunakan Mikroskop Optik <i>Polyester</i> Tanpa Penambahan Serat Daun Nanas.....	41

Gambar 4.9. Hasil Analisis Spesimen Menggunakan Mikroskop Optik <i>Polyester</i> dan Serat Tanpa Pemanasan	42
Gambar 4.10. Hasil Analisis Spesimen Menggunakan Mikroskop Optik dengan Variasi Suhu 65 °C	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian ini.....	20
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian ini.....	22
Tabel 3.3 Kode sampel spesimen	24
Tabel 4.1 Data hasil uji tarik serat daun nanas	31
Tabel 4.2 Hasil analisis region 1	39
Tabel 4.3 Hasil analisis region 2	40
Tabel 4.4 Hasil analisis region 3	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, industri terus menciptakan inovasi baru yang lebih ramah lingkungan. Salah satu inovasi tersebut adalah pengembangan bahan komposit sebagai pengganti bahan logam. Inovasi ini melibatkan penggunaan bahan material yang diperkuat dengan serat alam, seperti serat sintetis, serat alami, serat nilon, serat basalt, dan lainnya. Serat adalah kumpulan beberapa serat multiseluler yang mempunyai bentuk tipis serta kecil seperti benang. Jenis-jenis serat yaitu, serat yang di sintesis dengan cara kimia ini disebut dengan serat sintesis, namun selain serat sintesis, ada juga didaerah alam yang disebut dengan serat alam (*natural fibers*). Material yang berasal dari serat alam kekuatannya tidak kalah dengan bahan material seperti logam (Ifannossa dan Hadi, 2010).

Di Indonesia bahan material yang terbuat dari serat sangat menarik perhatian industri karena mudah didapatkan dan sifatnya yang ramah lingkungan seperti serat daun nanas. *Ananas comosus* merupakan salah satu alternatif tanaman penghasil serat yang selama ini hanya dimanfaatkan buahnya sebagai sumber pangan, sedangkan daun nanas dapat dimanfaatkan sebagai bahan penghasil serat tekstil (Asbani, 2010). Serat daun nanas merupakan bahan yang menarik karena sifatnya yang kuat, ringan, dan ramah lingkungan. Hal inilah yang digunakan untuk memanfaatkan potensi serat daun nanas dengan mengintegrasikannya ke dalam matriks *polyester*. Serat daun nanas merupakan salah satu jenis serat alami yang dapat diekstraksi dari daun tanaman nanas. Keunggulan serat daun nanas terletak pada kekuatan dan keuletannya yang baik, serta kemampuannya untuk terurai secara alami.

Menurut John (2008), prosedur ini dapat mencakup pengeringan, pembersihan, dan penghilangan bahan yang tidak diinginkan guna mempersiapkan serat untuk pembuatan spesimen. Penggunaan serat daun nanas dalam matriks *polyester* bertujuan untuk menghasilkan bahan material yang memiliki kekuatan mekanis yang tinggi dan mempertahankan sifat-sifat unggul kedua material. Pengumpulan serat, perlakuan prapengolahan, pencampuran dengan matriks polimer, dan pembentukan komposit adalah prosedur yang digunakan untuk mencampurkan serat ke dalam matriks polimer (Saba *et al*, 2015).

Maka digunakan bahan matriks seperti polimer yang berbahan dasar resin yang memiliki penguat serat sintetis dan substrat serat karbon. Tugas matriks adalah mentransfer tegangan ke serat secara merata dan mempertahankan serat pada posisinya. Resin *polyester* merupakan bahan cair yang memiliki viskositas relatif rendah, dan mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis tanpa menghasilkan gas, dan tidak diperlukan tegangan dalam proses mencetak. Resin *polyester* mempunyai massa jenis $1,215 \text{ gr/cm}^3$ (Chawala *et al*, 2012). Dalam aplikasinya sebagai matriks dalam komposit, *polyester* berperan sebagai medium pembawa dan penahan terhadap serat atau pengisi lainnya, seperti serat alam atau material penguat lainnya.

Serat daun nanas memiliki beberapa karakteristik, seperti kekuatan tarik, kekerasan, elastisitas, dan kepadatan, memainkan peran kunci dalam menentukan kualitas material yang dihasilkan. Sementara itu, matriks *polyester* juga memiliki sifat-sifat tertentu, seperti kekuatan, ketahanan terhadap korosi, dan keuletan. Integrasi antara sifat-sifat ini mempengaruhi performa dan aplikasi dari material yang dihasilkan (Lopattananon, 2009). Sehingga diperlukan perlakuan kuat tarik untuk meningkatkan kekuatan tarik serat dan meningkatkan ikatan antara serat daun nanas dengan matriks *polyester*. Pengujian tarik dilakukan untuk mengukur tegangan, dan modulus elastisitas bahan yaitu dengan cara menarik spesimen hingga putus (Diana *et al*, 2020). Potensi penggunaan material berbasis serat daun nanas *polyester* industry, meliputi otomotif, konstruksi, dan pembuatan peralatan. Aplikasi di industri ini dapat mencakup penggunaan bahan material sebagai bahan

struktral, pengganti logam, atau bahkan dalam produk konsumen sehari-hari (Kalia, 2011).

Berdasarkan uraian diatas, maka akan dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks *Polyester*” dengan menggunakan variasi suhu sebesar 65 °C, 70 °C, dan 75 °C. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman tentang hubungan antara kekuatan tarik serat daun nanas dengan sifat termal dan mekanis dari berbasis *polyester* yang dihasilkan, serta melihat bagaimana perilaku serat daun nanas dalam matriks *polyester* dipengaruhi oleh perlakuan pemanasan dan uji tarik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dalam melakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh variasi pemanasan terhadap sifat mekanis (kuat tarik) serat daun nanas dalam matriks *polyester*?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu 65 °C terhadap morfologi serat nanas dengan matriks *polyester* setelah pengujian kuat tarik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh variasi suhu pemanasan 65 °C, 70 °C, dan 75 °C terhadap kekuatan tarik serat daun nanas.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu 65 °C terhadap morfologi serat daun nanas dalam matriks *polyester* dan pengaruhnya terhadap kekuatan tarik serat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Diketuainya pengaruh suhu dalam perlakuan kuat tarik terhadap sifat mekanis serat nanas.
2. Diketuainya bagaimana perubahan morfologi serat nanas dapat meningkatkan daya rekat dengan matriks *polyester*.
3. Hasil ini dapat digunakan untuk memanfaatkan limbah daun nanas menjadi bahan alternatif pengganti bahan logam yang mempunyai sifat serat kuat dan lebih ringan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Serat daun nanas yang digunakan berasal dari Desa Sribasuki.
2. Serat daun nanas diambil saat berusia 9 bulan, karena pada usia itu serat memiliki keseimbangan antara kelenturan dan kekuatan serat.
3. Matriks yang digunakan adalah *polyester* dengan tingkat kemurnian 99%, bermerek *Showa Highpolymer* dan katalis bermerek *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEKP).
4. Pengujian tarik menggunakan alat uji tarik merek MTS Landmark tipe U 10. Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk menganalisis struktur mikro dan *Optical Microscopy* (OM) untuk analisis visual.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Beberapa penelitian terkait kuat tarik serat daun nanas pada pemanasan yang telah dilakukan sebelumnya oleh Bintarto *et al*, (2022) yang berjudul kekuatan tarik serat daun nanas (*agave cantala*) bermatrik epoksi dengan pengaruh variasi waktu pemanasan *microwave* oven. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan spesimen berpenguat serat daun nanas tanpa perlakuan panas dan dengan perlakuan panas menggunakan *microwave* oven dengan daya 440W dengan variasi waktu selama 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Hasil penelitian dari yang terendah hingga yang tertinggi tarik rata-rata yang dihasilkan tanpa perlakuan panas menghasilkan kekuatan tarik sebesar 107,1 MPa; sedangkan pada spesimen perlakuan panas menggunakan *microwave* oven dengan variasi waktu selama 5 menit sebesar 115,2 MPa, pada waktu 10 menit sebesar 124,3 MPa, dan pada waktu 15 menit sebesar 136,2 MPa.

Saputa *et al*, (2023) dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh variasi suhu mixing resin pada uji tarik pada material serat *fiberglass* dengan metode *vacum assisted resin infusion*. Penelitian yang dilakukan untuk menentukan pengaruh suhu pencampuran resin pada kekuatan tarik material *fiberglass* yang dibuat dengan metode VARI, serta mengidentifikasi suhu optimal yang memberikan performa mekanis spesimen terbaik. Dalam penelitian ini terdapat spesimen dengan menggunakan variasi suhu sebesar 30 °C, 40 °C, dan 50 °C, dan untuk hasil yang tertinggi terdapat pada spesimen dengan suhu 50 °C sebesar 11,07 MPa, pada spesimen dengan suhu 40 °C sebesar 8,46 MPa, dan pada spesimen hasil terendah dengan suhu 30 °C sebesar 5,67 MPa.

Menurut Mamungkas *et al*, (2023) penelitian yang berjudul pengaruh perlakuan pemanasan terhadap kekuatan tarik serat daun nanas dengan metode *vacum infusion*. Pada penelitiannya bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik dari serat daun nanas yang diberi perlakuan pemanasan pada berbagai suhu dan waktu pemanasan. Variasi suhu pemanasan yang digunakan adalah 70 °C, 80 °C, 90 °C, dengan waktu pemanasan masing-masing 1 jam, 2 jam, dan 3 jam. Untuk kekuatan tarik tertinggi yang dihasilkan pada spesimen yang dipanaskan dengan suhu 70 °C selama 2 jam, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 1,493 MPa. Sedangkan untuk kekuatan tarik terendah dihasilkan pada spesimen tanpa perlakuan pemanasan, dengan nilai sebesar 0,471 MPa. Pada suhu 70 °C, waktu pemanasan selama 2 jam menghasilkan kekuatan tarik yang optimal. Namun, pemanasan pada suhu yang lebih tinggi atau dengan durasi yang lebih lama cenderung menyebabkan penurunan kekuatan tarik. Hal ini karena komponen kimia yang masih ada dalam serat, meskipun telah dikurangi melalui alkalisasi, dapat mengganggu proses ikatan dengan resin saat pemanasan berlebih.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Zulmiardi *et al*, (2021) melakukan penelitian tentang uji mekanis komposit serat daun nanas bermatriks getah pinus. Dalam penelitiannya terdapat 3 spesimen masing-masing menggunakan variasi fraksi volume 20 %, 30 %, dan 40 %. Pada hasil kekuatan tarik komposit serat nanas yang memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu fraksi volume 40 % dengan nilai rata-rata sebesar 141,61 MPa, nilai rata-rata sebesar 141,61 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah pada fraksi volume 20 % dengan nilai rata-rata sebesar 73,15 MPa. Pada fraksi volume 20 %, 30 % dan 40 % mengalami peningkatan sesuai dengan persentase fraksi volume, peningkatan kekuatan tarik fraksi volume 20 % menuju fraksi volume 30 % sebesar 49,48 %, persentase fraksi volume 30 % menuju fraksi volume 40 % sebesar 18,98 %.

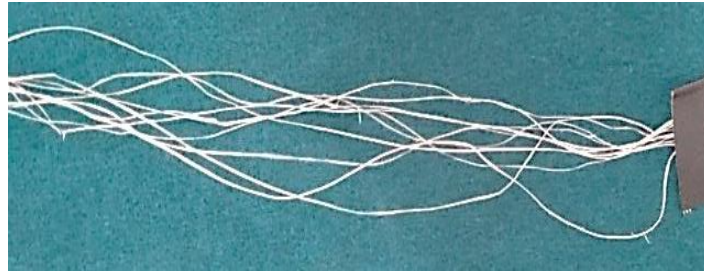
Menurut Handayani dan Yuniwati, (2018) telah dilakukan penelitian pengaruh suhu dan waktu terhadap kuat tarik pada proses pembuatan plastik dari ganas (gadung dan serat daun nanas). Pada penelitian ini menggunakan beberapa spesimen dengan variasi suhu antara 40 °C, 50 °C, 60 °C, 80 °C, dan 90 °C.

Dengan menggunakan suhu 40 °C sampai 80 °C maka didapatkan hasil bahwa kuat tarik plastik meningkat seiring dengan peningkatan suhu proses dari 40 °C hingga 80 °C, mencapai nilai tertinggi 1,59 MPa pada suhu 80 °C. Namun pada suhu 90 °C, kuat tarik menurun menjadi 0,82 MPa, menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kuat tarik plastik menurun karena telah melampaui proses gelatinisasi dan sudah terjadi proses dekomposisi yang menyebabkan berkurangnya kekuatan plastik.

2.2 Serat Daun Nanas

Nanas merupakan tanaman buah yang berbentuk semak dengan nama ilmiah *Ananas comosus (L) Merr.* Tanaman ini sangat mudah dibudidayakan karena dapat tumbuh di daerah beriklim basah maupun kering. Serat daun nanas merupakan bahan skomposit yang berasal serat nanas serta memiliki kandungan lignin pada bagian tengah daun yang berfungsi sebagai pengikat molekul-molekul selulosa. Serat daun nanas memiliki kekuatan tarik hampir dua kali lebih tinggi dibandingkan dengan *fiberglass*, yaitu 42,33 kg/mm² untuk serat daun nanas dan 21,65 kg/mm² untuk *fiberglass*. Dengan demikian serat daun nanas memiliki potensi untuk digunakan sebagai pengisi dalam suatu komposit (Mujiyono dan Didik, 2006).

Pada dasarnya materi komposit adalah bahan yang terdiri dari kombinasi dua bahan atau lebih dalam skala makroskopis dan menghasilkan materi baru yang lebih bermanfaat dan memiliki sifat yang berbeda dari bahan (Gibson, 1994). Serat daun nanas terdiri dari 70-82 % selulosa yang bermanfaat dan sangat kuat, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti serat alami yang lebih baik (Panyasart *et al*, 2014). Selulosa juga dapat memberikan kekuatan dan kekerasan pada serat daun nanas (Salit, 2014). Dari hasil ekstraksi serat daun nanas dapat dilihat seperti **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Hasil Ekstraksi Serat Daun Nanas

Gambar 2.1 merupakan serat yang terdiri dari 10 helai serat yang akan digunakan untuk pembuatan spesimen uji tarik. Pemanfaatan serat daun nanas dapat digunakan diberbagai keperluan, contohnya bisa digunakan sebagai bahan baku kertas (*pulp*), kemudian dikembangkan sebagai bahan komposit berupa plastik yang diperkuat ataupun *roofing* (eternit), dan juga bisa digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan bahas kertas seperti *tissue*, filter rokok dan pembersih lensa, karena kertas dari bahan daun serat nanas memiliki kualitas yang baik dan memiliki permukaan yang halus (Hidayat, 2008).

Serat sintesis menjadi salah satu langkah penting untuk meningkatkan nilai ekonomi serat alami, terutama di tengah keterbatasan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Potensi serat alami memiliki banyak keunggulan, termasuk kepadatan rendah, sifat yang ramah lingkungan, kemampuan terurai secara alami, ketersediaan yang melimpah, kekuatan mekanis yang tinggi, proses pengolahan yang relatif mudah, harga bahan baku yang terjangkau, serta kontribusi terhadap pengurangan konsumsi energi dalam produksi (Chandramohan dan Bharanichandar, 2013).

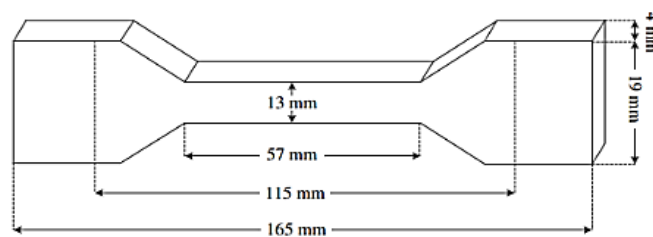
Serat daun nanas dapat mempengaruhi besar atau kecilnya suatu kekuatan tarik, karena bergantung pada arah sudut yang mempunyai ikatan yang berbeda sehingga menghasilkan nilai-nilai yang berbeda setiap melakukan pengujian. Serat daun nanas yang mempunyai orientasi serat searah sesuai dengan panjang sehingga ketika komposit diberikan gaya tarik maka matriks akan dapat menahan gaya tersebut dan diteruskan oleh serat sebelum akhirnya komposit tersebut akan putus atau patah (Dendy dan Rizky, 2020).

Serat daun nanas diperoleh melalui beberapa metode ekstraksi, yaitu ekstraksi manual, dan perendaman dalam air. Pada metode manual, serat dipisahkan dengan mengikis jaringan lunak daun menggunakan alat sederhana yaitu pisau, dan menghasilkan serat yang berkualitas tinggi namun membutuhkan waktu dan tenaga lebih banyak (Hidayat dan Nisa, 2018). Kemudian metode perendaman dalam air dilakukan dengan merendam daun selama 7-15 hari agar mikroorganisme memecah pektin dan zat perekat lainnya, sehingga serat lebih mudah dipisahkan dan lebih fleksibel (Mishra *et al*, 2013).

Keunggulan utama dari serat daun nanas adalah kekuatannya yang memadai. Serat ini memiliki kekuatan tarik yang relatif tinggi, membuatnya cocok untuk digunakan sebagai penguat. Selain itu, sifatnya yang ringan juga membuatnya potensial untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan bahan ringan namun kuat (Kalia *et al*, 2009).

2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik, tegangan, dan modulus elastisitas pada serat. Adanya beban tarik pada benda akan mengakibatkan pertambahan panjang dan diameternya mengecil. Perbandingan benda antara pertambahan panjang dengan panjang awal benda di uji disebut tegangan. Pada pengujian ini spesimen yang diuji harus memenuhi standar dan spesifikasi berdasarkan ASTM638. Untuk pembuatan spesimen yang akan digunakan untuk pengujian tarik ini, diperlukan cetakan dengan dimensi dalam milimeter (mm), seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2. Bentuk Spesimen Uji Tarik Standar ASTM (Marantika *et al*, 2022)

Pada Gambar 2.2 bentuk spesimen uji tarik memiliki lebar bagian sempit 13 mm dengan panjang bagian sempit 57 mm, kemudian lebar total 19 mm, dengan panjang total 165 mm, dan jarak antar grip 115 mm. Uji tarik adalah salah satu metode penting dalam evaluasi sifat mekanis material. Proses ini memungkinkan untuk memahami kekuatan, elastisitas, dan ketahanan material terhadap tegangan yang diterapkan (Beer *and* Johnston, 2010). Uji tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa beban tarik yang mampu ditanggung oleh spesimen yang akan diuji, dan untuk menentukan karakteristik bahan polimer (Nurhanifa *et al*, 2019).

Pengujian tarik ini akan mendapat nilai tegangan yang dirumuskan pada persamaan dibawah:

Kekuatan Tarik (σ):

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

dengan:

σ = Kekuatan tarik (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (mm²)

Modulus Young (E):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.2)$$

dengan:

E = Modulus young (Pa atau N/ m²)

σ = Kekuatan tarik (MPa)

ε = Regangan

Pada alat uji *stress-strain* mekanis bertujuan untuk mengukur kekuatan suatu bahan terhadap gaya tarik, dilakukan dengan menarik suatu bahan sampai putus untuk mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap gaya tarik dan untuk mengetahui seberapa panjang bahan tersebut (Wirjosumarto dan Okumura, 2000). Alat mesin uji tarik dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3. Alat Mesin Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa kekuatan luluh (*yield strength*), kekuatan tarik dan *elongation* yang menggunakan pengelasan dengan variasi pola gerakan elektroda dan kuat arus. Semakin kuat arus yang diberikan maka hasil uji tarik yang didapatkan semakin meningkat. Pentingnya menentukan kekuatan material, yaitu uji tarik membantu dalam menilai seberapa kuat atau lemah suatu material terhadap beban yang diterapkan. Pada saat melakukan perancangan material data dari uji tarik membantu insinyur dalam merancang material yang sesuai dengan aplikasi tertentu. Pada kontrol kualitas dalam industri, uji tarik digunakan untuk memastikan kualitas material sebelum digunakan dalam produksi massal.

Kekuatan tarik pada serat cenderung meningkat ketika orientasi serat yang digunakan searah, seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Sebaliknya, pada material dengan orientasi serat pendek yang acak, distribusi kekuatan menjadi lebih merata. Dalam hal tegangan tarik, material dengan orientasi serat pendek acak menunjukkan nilai tegangan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan orientasi serat searah, terutama karena peningkatan fraksi volume serat (Partyanto *et al*, 2012). Kekuatan tarik juga umumnya digunakan dalam mendesain bagian dari struktur yang bersifat *ductile* dan *brittle* yang bersifat tidak

statis, artinya selalu menerima gaya dalam jumlah besar, meski benda tersebut tidak bergerak.

Kekuatan tarik (*tensile strength*) akan meningkat, dikarenakan dalam pengujian tarik beban, tarik beban bekerja secara aksial yang berlawanan dengan arah tegangan dalam. Semakin tinggi kekerasan maka semakin besar kekuatan tarik material tersebut. Kekuatan tarik pada serat sangat bervariasi menurut diameternya, yaitu ketika serat dengan diameter yang lebih kecil memiliki kekuatan tarik yang lebih besar karena rongga pada serat yang lebih kecil dan ikatan molekul yang lebih kuat. Sebaliknya, serat dengan diameter yang lebih besar memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah karena rongga pada serat yang lebih besar dan ikatan molekul yang lebih sedikit (Munandar *et al*, 2013).

2.4 Perlakuan Panas pada Material

Perlakuan panas adalah proses penting dalam rekayasa material yang melibatkan pemanasan atau pendinginan material dalam kondisi tertentu untuk mengubah sifat mekanis nya, struktur kristal, atau kekuatan totalnya. Proses ini merupakan bagian penting dari pengolahan material untuk mengubah struktur dan sifat fisiknya (Dieter, 2017). Perlakuan panas sangat mempengaruhi kekuatan tarik pada material serat daun nanas yaitu semakin banyak perlakuan panas yang dikeluarkan maka kekuatan tarik pada material serat daun nanas menurun. Perlakuan panas juga mempengaruhi kekuatan tarik pada spesimen susunan dan orientasi serat (Ishaluddin *et al*, 2020).

Perlakuan panas dapat dilakukan dengan berbagai tujuan yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan material yang diproses. Perawatan panas terdiri dari berbagai teknik, mulai dari pengerasan untuk meningkatkan kekerasan hingga pelunakan untuk meningkatkan keuletan. Aspek-aspek ini, dengan prinsip dasar, prosedur, dan aplikasi industri membentuk dasar pemahaman mendalam tentang perlakuan panas. Pemahaman mendalam tentang tujuan perlakuan panas adalah komponen yang sangat penting. Misalnya, pengerasan adalah proses yang bertujuan untuk

meningkatkan kekerasan material, yang seringkali diinginkan untuk memenuhi persyaratan mekanis tertentu atau meningkatkan ketahanan terhadap pemakaian. Proses ini dapat dilakukan melalui pendinginan cepat setelah pemanasan, mengubah struktur kristal material untuk mencapai tingkat kekerasan yang diinginkan. Sebaliknya, pelunakan dilakukan dengan cara yang berbeda, seperti pemanasan material untuk mengurangi kekerasan yang mungkin terjadi selama proses produksi sebelumnya. Normalisasi, jenis perlakuan panas lainnya, memastikan dimensi dan kekuatan yang diinginkan dengan menekankan ketegangan dalam material (Rajan *et al*, 2011).

Perlakuan panas adalah proses yang terdiri dari beberapa langkah yang ketat. Pada tahap pertama, material dipanaskan ke suhu tertentu, biasanya di atas titik kritisnya, yang menyebabkan perubahan signifikan pada struktur kristalnya. Tahap berikutnya, penahanan, melibatkan mempertahankan material pada suhu tersebut untuk jangka waktu tertentu untuk memastikan difusi panas yang merata. Langkah terakhir, pendinginan, sangat penting untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Karakteristik akhir dari material yang telah melalui perlakuan panas sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan (Callister dan Rethwisch, 2013). Proses perlakuan panas banyak digunakan dalam industri. Logam, paduan logam, dan baja sering diproses dengan panas untuk meningkatkan kekuatan, ketangguhan, dan struktur kristalnya. Untuk memenuhi persyaratan yang sangat spesifik dalam penggunaannya, komponen mesin, alat-alat, dan berbagai struktur juga sering kali melalui proses perlakuan panas.

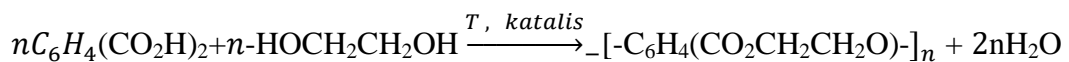
2.5 Reaksi Serat dan Polyester

Polyester adalah salah satu jenis polimer sintesis yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri, terutama dalam bidang tekstil, plastik, dan kemasan. *Polyester* memiliki sejumlah sifat unggul, seperti ketahanan terhadap udara, kekuatan mekanis yang baik, dan kemampuan untuk dibentuk menjadi berbagai produk dengan biaya yang efisien. Sifat-sifat ini membuat *polyester*

menjadi pilihan utama dalam industri pakaian dan produk konsumen lainnya (Shao *et al*, 2020).

Salah satu bentuk *polyester* yang paling populer adalah polietilen tereftalat (PET), yang diperoleh melalui reaksi kondensasi esterifikasi antara asam tereftalat ($C_6H_4(CO_2H)_2$) dan etilena glikol ($C_2H_6O_2$) yang menghasilkan rantai panjang polimer bernama PET dan air sebagai produk sampingan (Sharma *et al*, 2018). Reaksi ini melepaskan air sebagai hasil samping, dan membentuk ikatan ester ($-COO-$) yang menjadi ciri utama *polyester*. Struktur kimia inilah yang memungkinkan *polyester* berikatan dengan serat daun nanas melalui interaksi polar, sehingga material yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik tinggi. Reaksi ini berlangsung dalam kondisi suhu tinggi dan menggunakan katalis, seperti asam sulfat atau senyawa berbasis logam (Li *et al*, 2019).

Reaksi Kimia Polyester:



Keterangan:

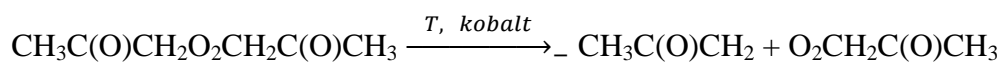
- $nC_6H_4(CO_2H)_2$: Asam tereftalat
- $HOCH_2CH_2OH$: Etilena glikol
- $[-C_6H_4(CO_2CH_2CH_2O)-]_n$: Polietilen tereftalat (PET)
- $2nH_2O$: Air

Pada reaksi diatas, asam tereftalat bereaksi dengan etilena glikol, menghasilkan PET dan melepaskan air sebagai produk sampingan.

Reaksi serat dengan *polyester* terutama melibatkan proses pembuatan komposit atau pengolahan serat alam dengan *polyester* untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanannya. Proses ini dapat mencakup pencampuran, pencetakan, dan pemrosesan bersama, yang bertujuan untuk memodifikasi sifat fisik dan kimia serat (Chand *et al*, 2017).

Pada penggunaan *polyester* membutuhkan penambahan katalis MEKP (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) yang berfungsi untuk mempercepat proses pengerasan (*curing*), karena *polyester* memiliki viskositas rendah yang tidak memerlukan tegangan selama proses penguapan. Maka saat melakukan pencampuran katalis MEKP, *polyester* dapat mengeras pada suhu ruangan tanpa menghasilkan gas. Semakin banyak katalis, proses pengerasan akan lebih cepat, tetapi ketika katalis berlebihan akan menimbulkan panas material mengkerut atau bahkan rusak. Katalis MEKP digunakan untuk memulai reaksi polimerisasi dengan menghasilkan radikal bebas yang memecah ikatan rangkap tersebut, memungkinkan terbentuknya rantai polimer. Proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

Reaksi Kimia Katalis MEKP:



Keterangan:

- $\text{CH}_3\text{C(O)CH}_2\text{O}_2\text{CH}_2\text{C(O)CH}_3$: MEKP
- $\text{CH}_3\text{C(O)CH}_2$ dan $\text{O}_2\text{CH}_2\text{C(O)CH}_3$: Radikal bebas dekomposisi MEKP
- T : Reaksi pada suhu tinggi (60-80 °C) untuk dekomposisi MEKP

Pada reaksi diatas, MEKP menghasilkan dua radikal bebas yang terbentuk setelah MEKP terdekomposisi. Radikal bebas ini sangat reaktif dan dapat memulai proses polimerisasi (Kumar dan Das, 2020).

Polyester sendiri memiliki sifat mekanis yaitu mudah didapatkan, dan harganya relatif murah. Jenis *polyester* dibagi menjadi 2 yaitu: *polyester* tipe jenuh (*saturated polyester*) dan *polyester* tidak jenuh (*unsaturated polyester*), pada *polyester* tipe jenuh ini tidak bisa mengalami pengerasan, sedangkan pada *polyester* tidak jenuh dapat mengalami pengerasan. Massa jenis resin *polyester* adalah sebesar 1,23 gr/cm³.

Polyester jenis resin sangat populer yang digunakan untuk matriks polimer dalam material komposit. Beberapa kombinasi serat alami dengan pengikat polyester, seperti *polyester-rami*, *polyester-sisal*, dan *polyester-serat daun nanas*, telah terbukti menjadi solusi yang menjanjikan dalam bidang teknologi *Fiber Reinforced Polymer* serat alam (Taj *et al*, 2007). Kemudian serat yang digunakan ini sebagai penguat yang bisa berupa serat gelas, serat alam, serat carbon, serat daun nanas, dan lainnya, dikarenakan hampir semua jenis serat dapat dicampur atau dikombinasikan dengan resin *polyester* yang memiliki sifat polar.

Matriks *polyester* berfungsi untuk melindungi dan mengikat serat. Matriks *polyester* merupakan salah satu jenis matriks yang paling umum digunakan, terutama untuk aplikasi ringan. Hal ini disebabkan oleh sifatnya yang terjangkau serta fitur unik yang dimilikinya, seperti kemampuan untuk hadir dalam berbagai warna atau transparan, memiliki kekejaman sekaligus kekakuan, serta ketahanan terhadap udara, cuaca ekstrem, dan bahan kimia. *Polyester* juga mampu digunakan pada suhu kerja di atas 79 °C, bergantung pada jenis partikel resin yang digunakan dan kebutuhan aplikasinya.

2.6 Scanning Electron Microscopy (SEM)

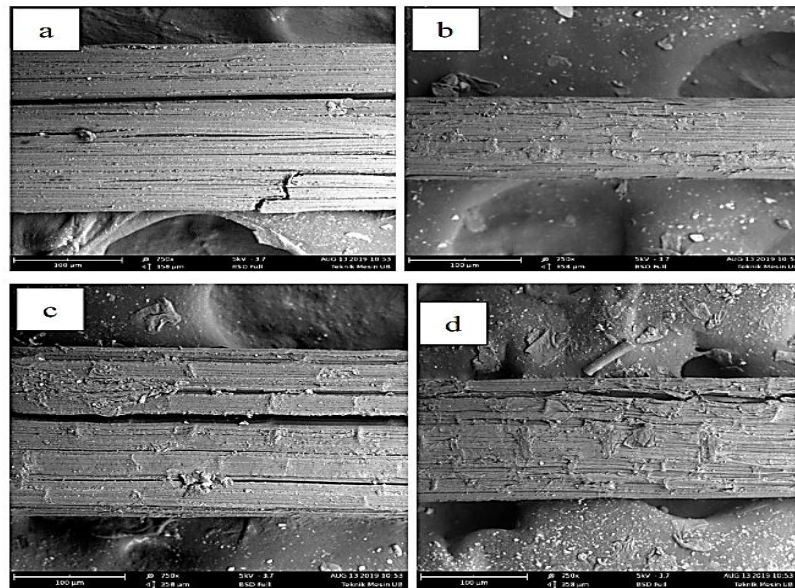
Salah satu teknik karakterisasi material adalah SEM, yang banyak digunakan untuk melihat morfologi permukaan partikel sampai pada ukuran 1 nm. SEM meneliti bentuk dan struktur mikro permukaan objek yang tidak dapat dilihat oleh mata atau mikroskop dengan menggunakan mikroskop elektron dan memiliki rentang yang luas dan gambar dalam 3 dimensi. Kolom optik elektron dan sistem display adalah dua subsistem SEM. Kolom optik elektron mengirimkan berkas elektron terfokus ke permukaan sampel melalui lensa. Akibat tembakan berkas elektron, sistem display mendeteksi energi yang dipancarkan oleh sampel. Setelah energi ditangkap oleh detektor, sinyal video dikirim ke amplifier dan kemudian diproses menjadi gambar yang ditampilkan pada layar tabung sinar katoda seperti **Gambar 2.4.**



Gambar 2.4. Contoh Alat SEM (Roilbilad's, 2010).

Persyaratan SEM untuk menghasilkan gambar yang tajam adalah permukaan benda harus berfungsi sebagai pemantul elektron atau melepaskan elektron sekunder ketika ditembakkan dengan berkas elektron. Namun, jika spesimen yang akan dianalisis tidak dapat memantulkan elektron atau melepaskan elektron sekunder, spesimen harus dilapisi dengan lapisan logam. Logam yang dapat digunakan adalah emas (Au) atau perak (Ag). Mikroskop elektron yang dapat digunakan untuk observasi dan analisis morfologi permukaan sampel adalah SEM, yang memiliki kemampuan untuk menghasilkan gambaran permukaan sampel dengan resolusi tinggi. Mikroskop pemindai elektron digunakan dalam situasi yang membutuhkan pengamatan permukaan kasar dengan perbesaran antara 20-500.000 kali. Sebelum memindai permukaan sampel, pemindaian raster mendefleksikan berkas elektron melalui lensa elektromagnetik terakhir. Pada pengujian SEM akan mendapatkan hasil citra morfologi dan konsentrasi dari campuran bahan.

Morfologi serat daun nanas dapat dilihat dari hasil SEM dengan perbesaran 750x yang bertujuan untuk mengetahui kondisi penyusun serat daun nanas yang ditunjukkan pada contoh **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Hasil SEM serat daun nanas (a) Tanpa Pemanasan (b) Pemanasan 5 menit (c) Pemanasan 10 menit (d) Pemanasan 15 menit (Bintarto *et al*, 2020).

Pada Gambar 2.5(a) ditunjukkan bahwa pada serat daun nanas tanpa pemanasan terlihat susunan alami lignin yang melekat pada permukaan serat daun nanas. Pada Gambar 2.5(b) bahwa, lapisan lignin mulai mengikis dan semakin terlihat. Pada Gambar 2.5(c) terlihat bahwa, lapisan lignin semakin berkurang, dan selulosa mulai muncul. Pada Gambar 2.5(d) dapat dilihat bahwa, lignin semakin terkikis, dan selulosa menjadi lebih jelas. Maka dari gambar diatas dapat dilihat semakin lama pemanasan semakin berkurangnya lapisan lignin pada serat.

2.7 Mikroskop Optik

Mikroskop optik adalah alat yang digunakan untuk melihat objek yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Mikroskop ini bekerja dengan menggunakan cahaya tampak dan sistem lensa optik untuk memperbesar gambar objek. Meskipun telah digunakan selama berabad-abad, perkembangan teknologi dan metodologi yang lebih baru setelah tahun 2020 telah membawa perubahan signifikan dalam penggunaan dan aplikasi mikroskop optik (Mertz, 2019). Tujuan

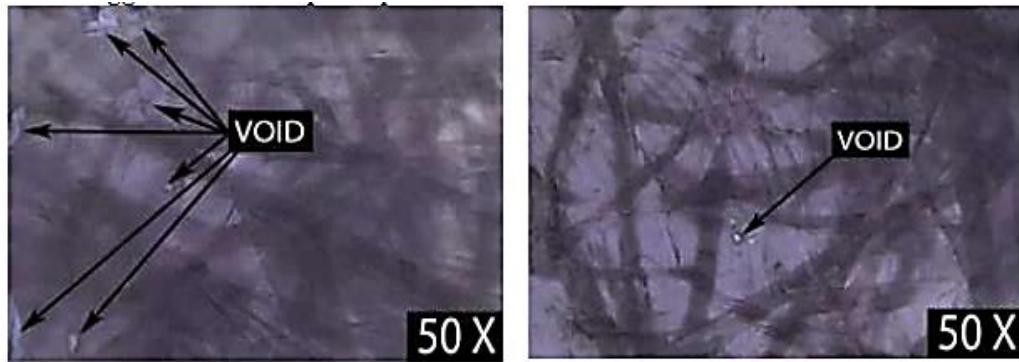
foto mikroskop optik pada patahan adalah untuk mengidentifikasi kerusakan yang disebabkan oleh beban tarik pada material. Keluarnya serat alam dari matriks adalah cacat yang paling umum pada berpenguat serat alam. Pada alat mikroskop optik dapat dilihat seperti pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Alat Mikroskop Optik

Prinsip dasar mikroskop optik melibatkan pembiasan cahaya saat melewati lensa untuk memperbesar gambar objek. Lensa objektif dan lensa okuler adalah komponen utama yang bekerja bersama untuk memperbesar gambar. Cahaya dari sumber cahaya melewati spesimen dan kemudian difokuskan oleh lensa objektif. Gambar yang diperbesar oleh lensa objektif kemudian diperbesar lagi oleh lensa okuler sebelum mencapai mata pengguna. Pengujian mikroskop optik dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti mengidentifikasi struktur seluler, memeriksa kualitas material, atau mendeteksi patogen dalam sampel biologis. Semakin berkembangnya teknologi, teknik uji mikroskop optik semakin canggih dengan adanya pengembangan perangkat lunak analisis gambar, yang memungkinkan kuantifikasi data mikroskopis dengan lebih akurat (Girkin, 2019).

Pengujian foto mikro bertujuan untuk mengetahui kandungan yang ada didalam tersebut, pada hasil tertinggi dan terendah pada spesimen seperti pada contoh **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Hasil Foto Mikroskop Optik (a) Variasi suhu 30 °C, dan (b) Variasi suhu 50 °C (Saputa *et al*, 2023).

Pada Gambar 2.7 hasil foto mikroskop optik pada variasi suhu 30 °C terlihat terlalu banyak voidnya. Sedangkan pada variasi suhu 50 °C terlihat serat dan resinnya tercampur merata dan tidak memiliki banyak voidnya seperti pada variasi suhu 30 °C.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 sampai dengan bulan Maret 2025. Penelitian tentang Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks *Polyester*. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi suhu pemanasan serat, sedangkan variabel terikat adalah kuat tarik yang dihasilkan. Penelitian dilakukan di beberapa laboratorium seperti Laboratorium Fisika Inti Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung, pengujian mikroskop optik dilakukan di Laboratorium Biologi Universitas Lampung dan pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan di Laboratorium Universitas Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2** berikut.

Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian ini.

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	<i>Microwave</i> Oven	Memberikan perlakuan panas
2.	Cetakan Uji Tarik	Mencetak spesimen uji tarik sesuai standar
3.	Gelas Beaker	Mencampurkan bahan <i>polyester</i> dan katalis
4.	Spatula Kaca	Mengaduk campuran <i>polyester</i> dan katalis
5.	Amplas	Menghaluskan permukaan spesimen
6.	Alat Uji Tarik	Mengukur kekuatan tarik spesimen
7.	Alat SEM	Menganalisis morfologi permukaan
8.	Alat Mikroskop Optik	Mengamati cacat atau kerusakan spesimen

Tabel 1.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Serat Daun Nanas	Sebagai bahan utama pembuatan spesimen
2.	Polyester produk <i>Showa Highpolymer</i> dengan 99 % kemurniannya	Sebagai matriks yang mengikat serat
3.	Katalis MEKP 50-60 % kemurniannya	Mempercepat proses pengerasan (<i>curing</i>)
4.	Vaseline	Sebagai pelumas pada cetakan agar spesimen mudah dilepas setelah pengerasan.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan preparasi serat daun nanas melalui pembersihan, perendaman, ekstraksi, pencucian, dan pengeringan. Serat yang telah dipersiapkan kemudian dipanaskan pada suhu tertentu dengan matriks polyester. Setelah pembuatan spesimen, dilakukan pengujian seperti Uji Tarik, karakterisasi SEM, dan Uji Mikroskop Optik.

3.3.1 Preparasi Serat Daun Nanas

1. Membersihkan daun nanas yang diperoleh dari Desa Sribasuki untuk menghilangkan kotoran dan sisa material yang menempel.
2. Merendam daun nanas selama 15 hari untuk melunakkan struktur daun, sehingga memudahkan proses pemisahan serat dari bagian daun lainnya.
3. Memisahkan serat nanas dari bagian daun lainnya setelah proses perendaman selesai, menggunakan pisau tumpul untuk menjaga kualitas serat.
4. Mencuci serat nanas yang telah diekstraksi dengan larutan deterjen untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran.
5. Mengeringkan serat nanas pada suhu ruang (27 °C) hingga benar-benar kering dan siap digunakan untuk tahap penelitian berikutnya.

3.3.2 Proses Pemanasan Serat Daun Nanas

1. Memasukkan serat nanas yang telah dikeringkan ke dalam oven dengan variasi suhu yang telah ditentukan, yaitu 65 °C, 70 °C, dan 75 °C, selama 30 menit untuk proses pemanasan.
2. Memastikan suhu dan durasi pemanasan sesuai dengan parameter perlakuan kuat tarik untuk mendapatkan hasil yang optimal.
3. Mengeluarkan serat dari oven setelah pemanasan selesai, kemudian membiarkannya dingin pada suhu ruang.

3.3.3 Pembuatan Spesimen Uji Tarik

1. Menyiapkan cetakan yang sesuai dengan standar ASTM638 untuk memastikan spesimen memenuhi bentuk dan dimensi yang dibutuhkan dalam uji tarik. Kemudian melumaskan vaseline ke dalam cetakan.
2. Meletakkan 10 helai serat yang telah disiapkan dengan rapi ke dalam cetakan, memastikan serat berada dalam posisi yang lurus dan tidak bertumpuk.
3. Menentukan takaran katalis *Methyl Ethyl Ketone Peroxide* (MEKP) yang tepat berdasarkan perbandingan umum, yaitu 1:2. Sebagai contoh, untuk 100 gram *polyester*, tambahkan 1-2 gram katalis MEKP.
4. Menuang *polyester* ke dalam gelas ukur yang telah disiapkan, dan memastikan wadah bersih dan bebas dari kotoran.
5. Menambahkan katalis MEKP secara perlahan ke dalam *polyester* menggunakan suntikan untuk menghindari reaksi yang terlalu cepat.
6. Mengaduk campuran resin dan katalis menggunakan spatula kaca selama 2-3 menit hingga tercampur merata, dengan hati-hati agar tidak menimbulkan gelembung udara.
7. Menuangkan campuran *polyester* dan katalis yang telah homogen ke dalam cetakan secara perlahan untuk memastikan serat tertutup sempurna.
8. Memastikan bahwa campuran resin dan katalis telah merata di seluruh bagian cetakan, dan memeriksa spesimen yang sudah mengeras dengan baik.
9. Mengeluarkan spesimen dari cetakan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan atau cacat pada spesimen.

10. Mengamplas pinggir spesimen untuk menghaluskan permukaan dan merapikan dimensi spesimen sesuai ukuran yang diinginkan.
11. Memastikan spesimen yang dihasilkan bebas dari cacat dan memiliki dimensi yang konsisten sebelum digunakan untuk uji tarik.
12. Spesimen dibagi kedalam 5 sampel yang ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Kode sampel spesimen

No.	Kode Sampel	Spesimen
1.	A	Variasi Suhu 65 °C
2.	B	Variasi Suhu 70 °C
3.	C	Variasi Suhu 75 °C
4.	D	Tanpa Pemanasan
5.	E	<i>Polyester</i> Murni Tanpa Serat

3.3.4 Pelaksanaan Pengujian Spesimen

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut.

A. Pengujian Mekanis (Uji Tarik)

1. Memastikan bahwa spesimen memenuhi standar uji tarik *American Society for Testing and Material* (ASTM) untuk serat nanas dengan matriks *polyester* sebelum dilakukan pengujian.
2. Menempatkan spesimen pada mesin uji tarik, dengan posisi yang tepat untuk memastikan hasil yang akurat.
3. Menempatkan gaya tarik dengan laju uji yang konstan pada spesimen selama pengujian.
4. Mengukur sifat mekanis pada spesimen, seperti kekuatan tarik dan modulus elastisitas, untuk mendapatkan informasi tentang ketahanan material terhadap gaya tarik.
5. Melakukan pengujian hingga spesimen mengalami kerusakan atau putus, untuk menentukan titik kegagalan material dan kekuatan maksimal yang dapat ditahan.

B. Scanning Electron Microscopy (SEM)

1. Menganalisis spesimen yang telah patah menggunakan SEM untuk mengamati kecacatan atau kerusakan serta struktur morfologi permukaan serat pada area patahan.
2. Meletakkan sampel pada holder atau stub dengan menggunakan lem khusus atau perekat konduktif agar tetap stabil selama pemindaian.
3. Mengaktifkan sistem vakum untuk menghilangkan udara di ruang SEM dan menyiapkan parameter seperti tegangan akselerasi, jarak kerja, dan mode deteksi.
4. Memfokuskan berkas elektron pada area yang diinginkan sambil mengamati hasil pemindaian melalui monitor di komputer.
5. Mengambil gambar dari area yang diinginkan dengan memperhatikan parameter pembesaran dan resolusi, lalu menganalisis gambar untuk mendapatkan informasi yang diperlukan.
6. Memperoleh nilai tegangan rata-rata dari spesimen yang mengalami kerusakan atau patahan.
7. Melakukan perhitungan nilai σ (sigma) dan elastisitas berdasarkan persamaan (3.1) dan persamaan (3.2)

Kekuatan Tarik (σ):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

dengan:

σ = Kekuatan tarik (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (mm²)

Modulus Young (E):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.2)$$

dengan:

E = Modulus young (Pa atau N/ m²)

σ = Kekuatan tarik (MPa)

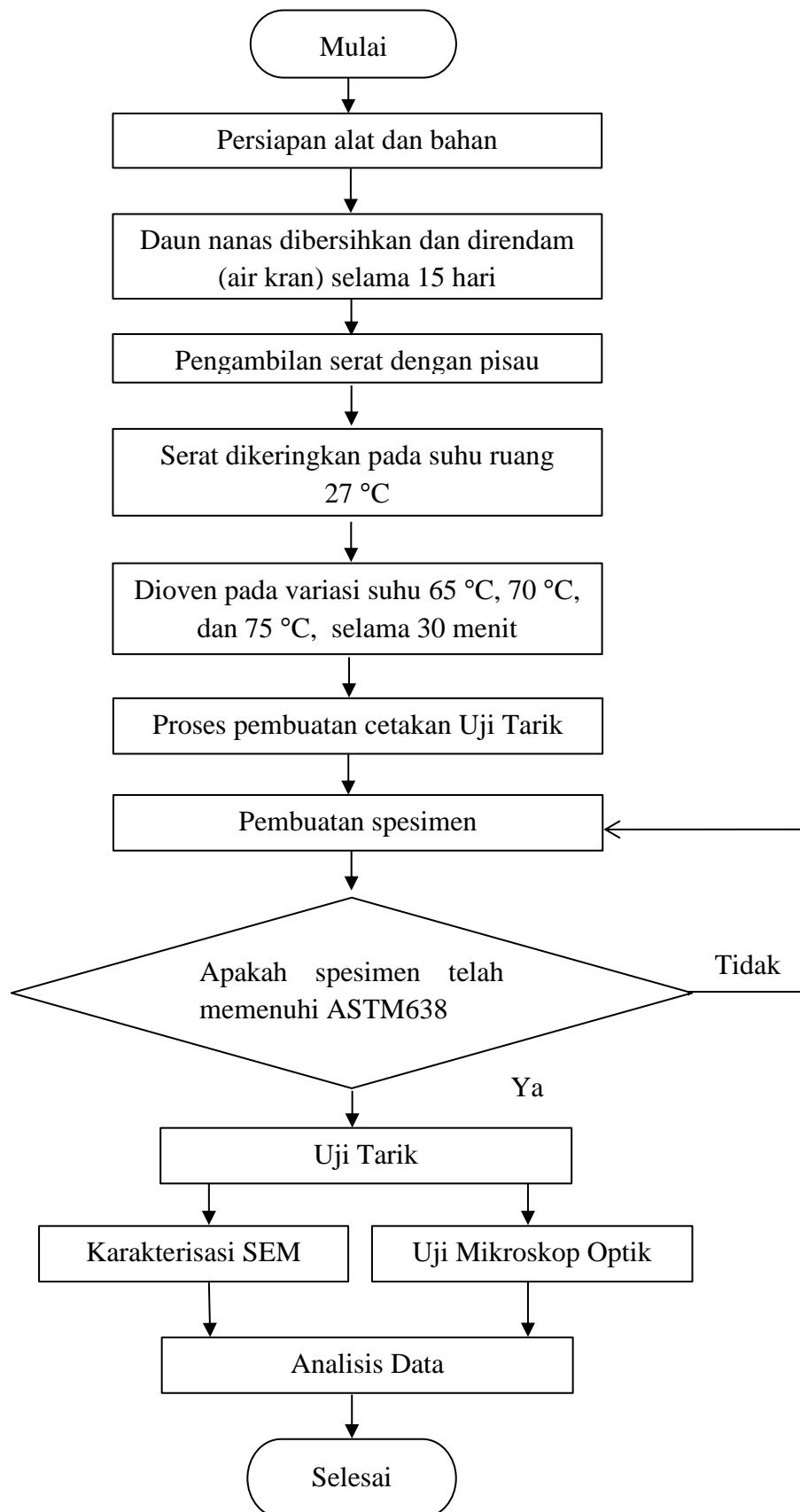
ε = Regangan

C. Uji Mikroskop Optik

1. Memotong sampel menjadi bagian kecil agar sesuai dengan kebutuhan analisis, terutama untuk mikroskop transmisi cahaya.
2. Menempatkan sampel di atas kaca slide dan menutupnya dengan cover slip untuk melindungi sampel selama pengamatan.
3. Meletakkan kaca slide yang berisi sampel pada stage mikroskop dengan posisi yang stabil.
4. Mengatur intensitas sumber cahaya mikroskop untuk memastikan pencahayaan optimal selama pengamatan.
5. Menggunakan tombol fokus kasar terlebih dahulu, diikuti dengan tombol fokus halus, untuk mendapatkan gambar yang tajam dan jelas.
6. Mengamati sampel melalui lensa okuler, dan mengganti lensa objektif untuk mendapatkan pembesaran yang sesuai guna melihat detail struktur serat secara mendalam.
7. Mengambil gambar sampel menggunakan kamera pada mikroskop (jika tersedia) untuk dokumentasi dan analisis lebih lanjut.
8. Mencatat hasil observasi dengan rinci dan membandingkannya dengan standar atau referensi yang relevan untuk mendapatkan kesimpulan yang akurat.

3.4 Diagram Alir

Adapun diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Bahwa suhu pemanasan itu mempengaruhi sifat mekanis serat daun nanas karena semakin tinggi variasi suhu yang digunakan maka spesimen akan menurun kekuatannya, sedangkan pada variasi suhu 65 °C, menghasilkan nilai kuat tarik terbaik karena pada suhu ini kondisi optimal untuk menciptakan ikatan yang kuat antara serat dan matriks. Untuk nilai kuat tarik terbaik dicapai pada variasi suhu 65 °C, dengan hasil kekuatan tarik sebesar 1,81 MPa, dan modulus elastisitas 0,34 GPa. Sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi suhu 75 °C didapatkan hasil kekuatan tarik sebesar 0,91 MPa, dan modulus elastisitas 0,91 GPa.
2. Bahwa pemanasan mempengaruhi morfologi nya hasil karakterisasi spesimen terlihat adanya pengaruh morfologi menggunakan mikroskop optik menunjukkan bahwa pada suhu 65 °C, permukaan serat terlihat bersih karena berkurangnya pengotor, dan lignin. Sedangkan pada suhu 75 °C, menunjukkan retakan halus yang dapat menurunkan performa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian “Pengaruh Variasi Suhu Pemanasan Terhadap Sifat Mekanis Dari Serat Daun Nanas (*Fibra Foliorum Ananas Comosus*) Dalam Matriks *Polyester*” disarankan penelitian untuk menambahkan variabel pengujian seperti kekuatan lentur dan mengurangi waktu pemanasan untuk memahami pengaruh baik terhadap kekuatan tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., Choi, HS, dan Park, MK. 2021. Pemilihan Komposit Serat Alam Berdasarkan Sifat Mekanis, Ringan, dan Ekonomi. *Jurnal Material dan Rekayasa Makromolekul*. 306(9). Hal 210-214.
- Arthanarieswaran, VP, Kumaravel, A., dan Elayaperumal, A. 2022. Karakterisasi Mekanik dan Termal Komposit Polimer Yang Diperkuat Serat Alami. *Jurnal Plastik dan Komposit Yang Diperkuat*. 41(4), Hal 218–235.
- Arif, M. S., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., dan Al-Oqla, F. M. 2018. *Degradation Studies Of Natural Fiber-Reinforced Composites*. *Polymers*, 10(12). Hal 1-21.
- Asbani, N., 2010. Prospek Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Baku Tekstil. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Malang. Hal 174-178.
- Beer, F. P., and Johnston, E. R. 2010. *Mechanics Of Materials*. Mcgraw-Hill Education. Hal 53-139.
- Bintarto, R., Ma'arif, M., Dewi, F., G., U., Hamidi, N., Sugiarto, Raharjo, R., dan Widodo, T., W. 2022. Kekuatan Tarik Serat Daun Nanas (*Agave Cantala*) Bermatrik Epoxy Dengan Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan *Microwave Oven*. *Prosiding STTNM*. Hal 197-205.
- Bodaghi, M., Hassani, A., dan Hedayati, A. 2023. Efek Tekanan Termal Terhadap Struktur Mikro Dan Perilaku Mekanis Yang Diperkuat Serat Alam. *Jurnal Material* . 57(12). Hal 1456–1472.
- Callister Jr., W. D., and Rethwisch, D. G. 2013. *Materials Science And Engineering: An Introduction*. John Wiley Dan Sons. Hal 696-173.
- Chaitanya, SK, Rani, A., Kumar, D., dan Raghavendra, G. 2022. Potensi Pemanfaatan Serat Anyaman Daun Nanas Untuk Polimer. *Jurnal Polimer*. 14(13). Hal 27-44.
- Chand, M., Kaur, P., dan Gupta, P. 2017. Modifikasi Kimia Serat Alami Dan Kompatibilitasnya Dengan Polimer Sintetis. *Jurnal Ilmu Polimer Terapan*. 134(12). Hal 1-12.

- Chandramohan, D., and Bharanichandar, J. 2013. Natural Fiber Reinforced Polymer Composites For Automobile Accessories. *American Jurnal Of Environmental Sciences*, 9(6), Hal 494-504.
- Chandramohan, D., And Marimuthu, K. 2011. Tensile and Hardness Tests On Natural Fiber Reinforced Polymer Composite Materials. *Jurnal Of Scientific and Industrial Research*, 70(6), 466–472.
- Chawala, K., K. 2012. Composite Materials Science and Engineering. University Of Alabama At Birmingham. Edisi 3. Hal 73-101.
- Chen, L. 2021. Teknik Manufaktur Untuk Meminimalkan Rongga Dalam Struktur. *Advanced Materials Processing* . 33(7). Hal 352-362.
- Dendy M., Dan Rizky M., B K., 2020. Pengaruh Penambahan Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus (L.) Merr*) Terhadap Kekuatan Tekan Resin Flowable. *Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi*. 3(1). Hal 5-9.
- Diana, L., Safitra, A. G., dan Ariansyah, M. N. 2020. Analisis Kekuatan Tarik Pada Material Dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine Energi, Manufaktur, Dan Material*. Hal 59-67.
- Ekoputra, M. R., Syamsuddin, Y., and Setyawati, A. 2018. Effect Of Chemical Treatment Of Pineapple Leaf Fiber (PALF) On The Mechanical Properties Of Polyester Resin Composites. *International Jurnal Of Applied Engineering Research*, 13(7). Hal 5124–5130.
- Gibson Ronald., F. 1994. *Principles Of Composite Material Mechanics*. Fourth Edition. New York. Mcgraw-Hill. Hal 6-31.
- Girkin Jhon. 2019. *A Practical Guide To Optical Microscopy*. Penerbit CRC Press, Taylor and Francis Group. Hal 1-260.
- Handayani, R., dan Yuniwati, M. 2018. Pengaruh Suhu dan Waktu Terhadap Kuat Tarik Pada Proses Pembuatan Plastik Dari Ganas (Gadung Dan Serat Daun Nanas). *Jurnal Inovasi Proses* . 3(1). Hal 16-23.
- Haque, A., Alam, M.,S, dan Islam, M.,M. 2022. Mekanisme Kegagalan Pada Yang Diperkuat Serat. *Materials Today: Prosiding* , 50(1), Hal 102-110.
- Hidayat Pratikno. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Jurnal Teknoin*. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. 13(2). Hal 31-35.
- Hull, D., dan Clyne, TW. 1996. Pengantar Material. Cambridge University Press. Hal 272-279.

- Ifannossa, A., dan A., E., Hadi., 2010. Analisa Kekuatan Tarik Serat Bambu Laminat Helai Dan Wooven Yang Dibuat Dengan Metode Manufaktur Hand Lay Up. Program Sarjana Teknik Mesin ITB, Bandung. Hal 35-42.
- Islahuddin, Putra, M., E., Ardhy, S., dan Rina. 2020. Kajian Eksperimental Pengaruh Thermal Shock Terhadap Kekuatan Tarik Material Berserat Daun Nanas. *Rang Teknik Jurnal*. Fakultas Teknik UMSB. 3(1). Hal 54-59.
- Jawaid, M., dan Khalil, HPSA .2012. Hibrida Polimer Yang Diperkuat Serat Selulosa/Sintetis: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Polimer Karbohidrat*. 86(1). Hal 1–18.
- John, M.J., Thomas, S. 2008. Biofibres and Biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71(3). Hal 343-364.
- Joseph, PV, Rabello, MS, Mattoso, LHC, dan Thomas, S. 2020. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi*. 60(15), Hal 2741–2756.
- Kalia, S., 2011. Cellulose Based Bio and Nanocomposites. *International Journal Of Polymer Science*. Hal 1-35.
- Kalia, S., Kaith, B. S., and Kaur, I. 2009. Pretreatments Of Natural Fibers And Their Application As Reinforcing Material In Polymer Composites. *Jurnal Polymer Engineering And Science*, 49(7), Hal 1253-1272.
- Kumar, R., dan Das, A. 2020. Dekomposisi Termal Dan Pembentukan Radikal MEKP Dalam Resin *Polyester*. Degradasi Dan Stabilitas Polimer. 180. Hal 109-342.
- Li, X., Tabil, L. G., dan Panigrahi, S. 2000. Chemical Treatments Of Natural Fiber For Use In Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *Jurnal Of Polymers And The Environment*, 15(1). Hal 25–33.
- Li, Y., Chen, X., and Yang, L. 2019. Enhancement Of Polyester-Based Composites Using Natural Fibers: A Review. *Jurnal Of Industrial Textiles*. 48(5). Hal 689–708.
- Lopattananon, N., 2009. Mechanical Properties Of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Polylactic Acid Composites. *Jurnal Materials and Design*. 30(9). Hal 3658-3663.
- Mamungkas, M ., I., Hendaryati, H., dan Murjito. 2023. Pengaruh Perlakuan Pemanasan Terhadap Kekuatan Tarik Serat Daun Nanas Dengan Metode Vacuum Infusion. *Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*.. 7(2). Hal 69-72.

- Mertz Jerome.2019. *Introduction To Optical Microscopy*. Second Edition. *Boston University*. Hal 1-462.
- Mirantika M.H, Sujana, I. dan Ivanto M., 2022. Analisa Uji Tarik Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Variasi Susunan Menggunakan Perlakuan Alkali. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*. 3(1). Hal 62-68.
- Mishra, S., Mohanty, A.,K, dan Drzal, L.,T. 2004. Modifikasi Permukaan Serat Alami Dan Kinerja Bio Yang Dihasilkan: Tinjauan Umum. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi*, 64(6), Hal 777–779.
- Mohanty, AK, Misra, M., dan Drzal, L.,T. 2005. Serat Alami, Biopolimer, Dan Bio. Pers CRC. Hal 1-35.
- Mujiyono dan Didik H, 2006. Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Penguat Material Komposit. Program Sarjana Fakultas Teknik UNY. Yogyakarta. Hal 1-90.
- Munandar, I., Savetlana. S., dan Sugiyanto., 2013. Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr). *Jurnal FEMA*. Teknik Universitas Lampung. 1(3). Hal 52-58.
- Nakamura, H. 2020. Sifat Mekanis Yang Diperkuat Serat. *Jurnal Ilmu Material Dan Teknik*. 24(3), Hal 145-156.
- Nurhanifa., Suryani., dan Fitria., 2019. Bioboard Termodifikasi Alkali Untuk Aplikasi Elemen Industri Otomotif. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*.3(1). Hal 333-337.
- Panyasart, K., Chaiyut, N., Amornsakchai, T., and Santawitee, O. 2014. Effect Of Surface Treatment On The Properties Of Pineapple Leaf Fibers Reinforced Polyamide 6 Composites. *Energy Procedia*, 56. Hal 406-413.
- Paryanto, D. S., Nasmi H. S., dan Dewa G. P. P. 2012. Pengaruh Orientasi Dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*) Terhadap Kekuatan Tarik Polyester Tak Jenuh (Up). *Jurnal Teknik Mesin*. 2(1). Hal 28-32.
- Pickering, K.,L, Efendy, Mega, dan Le. 2016. Tinjauan Tentang Perkembangan Terkini Dalam Serat Alami dan Kinerja Mekanisnya. *Jurnal Sains Terapan dan Manufaktur*. 83. Hal 98–112.
- Pothan, LA, Thomas, S., dan Neelakantan, NR. 2019. *Jurnal Plastik Dan Bertulang*. 18(14), Hal 1311–1325.
- Rajan, T. V., Sharma, C. P., dan Sharma. 20011. Heat Treatment: *Principles And Techniques*. Edisi Ketiga. Prinsip dan Teknik. Hal 86-124.

- Saba, N., Paridah., M.T., dan M. Jawaid, 2015. Potential Of Kenaf Leaves Fibres For Polymer Matrix Composites. *Jurnal Construction And Building Materials*. 76. Hal 87-96.
- Salit, M. S., 2014, Komposit Serat Alami Tropis : Sifat, Pembuatan dan Aplikasi. Penerbit Springer Science. Hal. 1-124.
- Saputa, D., O., Setiawan, F., dan Wicaksono, D. 2023. Pengaruh Variasi Suhu Mixing Resin Pada Uji Tarik Pada Material Serat Fiberglass Dengan Metode Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI). *Jurnal Teknik, Elektronik, Engine* .9(1). Hal 129-137.
- Shao, Y., Wang, X., and Li, J. 2020. Polyester Fibers: Production, Properties, And Applications. *Textile Research Jurnal*. 90(7). Hal 1248–1265.
- Sharma, S., Singh, S., dan Kumar, V. 2018. *Polyester* Dan Aplikasinya Dalam Industri Tekstil . *Jurnal Ilmu Polimer Terapan*. 135(3). Hal 456–467.
- Singh, S., Rakesh, PK, dan Kumar, R. 2019. Sifat Mekanis Polimer. *Jurnal Material*. 53(3). Hal 455-467.
- Smith, R., dan Jones, T. 2018. Pengaruh Rongga Pada Kinerja Mekanis. *Jurnal ilmu Dan Teknologi*. 53(4). Hal 163-171.
- Taj, S., Munawar, M. A., and Khan, S., 2007. Natural Fiber-Reinforced Polymer Composites. *Jurnal Proccedings Of The Pakistan Academy Of Science*. 44(2), Hal 129-144.
- Teguh, S. H., Sarjito, J., dan P., Manik. 2016. Analisa Teknis Penggunaan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Pembuatan Kulit Kapal Ditinjau Dari Kekuatan Tarik, Bending Dan Impact. *Jurnal Teknik Perkapalan*. Universitas Diponegoro. Indonesia. 4(1). Hal 323-331.
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta, PT. Pradya Paramita. Hal 1-418.