# STUDI DIAMETER SERAT EFEKTIF UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN BONDING KOMPOSIT SERAT NANAS/POLYESTER

(Skripsi)

Oleh

Affiza Hisyam NPM 1515021062



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2021

#### **ABSTRACT**

## STUDY OF EFFECTIVE FIBER DIAMETER FOR INCREASING THE STRENGTH BONDING OF FIBER COMPOSITES/POLYESTER

#### By

#### **ALFIZA HISYAM**

Currently, one of the environmentally friendly technologies that are increasingly being developed is composite technology with natural fiber materials. The technology used is adjusted to the availability of existing natural resources, thus supporting the direct use of natural resources. Indonesia has a lot of potential for natural fiber materials, Lampung has many industries, including the pineappleproducing plantation industry. Tests in this study were carried out on composites with a polyester matrix and natural fiber reinforcement, namely pineapple leaf fiber. In the manufacturing process, one hundred pineapple leaves have been separated from the leaves, then the fibers are washed with 5% NaOH solution for 2 hours and then dried by drying in the sun for 2 days. After the fiber is ready, the pineapple leaf fiber is formed into a single bond with a diameter variation of 1 mm, 2 mm and 3 mm which is then mixed with the polyester matrix into the mold. The debonding test in this study used the tensile test method to determine the mechanical properties of the pineapple leaf fiber composite polyester. In addition, observations were made scanning electron microscope to determine the failure mechanism of the pineapple leaf fiber composite polyester. The results of the debonding test using the tensile test method on pineapple leaf fiber composites polyester, the highest tensile strength was found in the variation of the diameter of the 1 mm pineapple leaf fiber bond arrangement in sample number 2 with a tensile stress value of 5.27 MPa, a strain value of 3.94%. In the observation results of pineapple leaf fiber composites polyester using a scanning electron microscope, pineapple leaf fiber composites polyester with a diameter of 1 mm have a better tensile stress value because the smaller the diameter of the fiber bond arrangement, the better the bond that occurs in the composite so that the strength bonding on the composite is getting higher.

Keywords: composites, natural fibers, pineapple leaf fiber composites, test *debonding* composite

#### **ABSTRAK**

## STUDI DIAMETER SERAT EFEKTIF UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN BONDING KOMPOSIT SERAT NANAS/POLYESTER

#### Oleh

#### **ALFIZA HISYAM**

Saat ini salah satu teknologi ramah lingkungan yang semakin banyak dikembangkan adalah teknologi komposit dengan material serat alam. Teknologi yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan sumber daya alam yang ada, sehingga mendukung pemanfaatan sumber daya alam secara langsung. Indonesia memiliki banyak potensi material serat alam, Lampung memiliki banyak industri lain industri perkebunan penghasil antara vaitu Pengujian pada penelitian kali ini dilakukan pada komposit dengan matrik polyester dan penguat serat alam yaitu serat daun nanas. Pada Proses pembuatannya serat daun nanas yang telah dipisahkan dari daunnya kemudian serat dicuci dengan larutan NaOH sebanyak 5% selama 2 jam lalu dilakukan pengeringan dengan menjemur pada cahaya matahari selama 2 hari. Setelah serat siap dilakukan pembentukan serat daun nanas menjadi satu ikatan dengan variasi diameter yaitu 1 mm, 2 mm dan 3 mm yang kemudian melakukan pencampuran dengan matrik polyester kedalam cetakan. Pengujian debonding pada penelitian ini menggunakan metode uji tarik untuk mengetahui sifat mekanik dari komposit serat daun nanas/polyester. Selain itu dilakukan pengamatan scanning electron microscope untuk mengetahui mekanisme kegagalan komposit serat daun nanas/polyester. Hasil pengujian debonding denga metode uji tarik pada komposit serat daun nanas/polyester, kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi diameter susunan ikatan serat daun nanas 1 mm pada sampel nomor 2 dengan nilai tegangan tarik sebesar 5,27 MPa, nilai regangan sebesar 3,94 %. Pada hasil pengamatan komposit serat daun nanas/polyester menggunakan scanning electron microscope, kompoit serat daun nanas/polyester dengan diameter 1 mm memiliki nilai tegangan tarik yang lebih baik karena semakin kecil ukuran diameter susunan ikatan serat makan semakin baik ikatan yang terjadi pada komposit tersebut sehingga kekuatan bonding pada komposit semakin dapat semakin tinggi.

Kata kunci: Komposit, serat alam, komposit serat daun nanas, uji debonding komposit

## STUDI DIAMETER SERAT EFEKTIF UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN BONDING KOMPOSIT SERAT NANAS/POLYESTER

#### Oleh

## Alfiza Hisyam

## Skripsi

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

Pada

Program Studi S1 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG 2021 Judul Skripsi

: STUDI DIAMETER SERAT EFEKTIF UNTUK

**MENINGKATKAN KEKUATAN BONDING** KOMPOSIT SERAT NANAS/POLYESTER

Nama Mahasiswa

: Affiza Hisyam

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1515021062

Jurusan

: Teknik Mesin

**Fakultas** 

: Teknik

MENYETUJUI

LAMBUNG Komisi Pembimbing

Dr. Eng. Shirley Savetlana, S.T., M.Met.

NIP 19740202 199910 2 001

Harnowo Supriadi, S.T., M.T. NIP 19690909 199703 1 002

Ketua Jurusan **Teknik Mesin** 

Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP 19710331 199903 1 003

Kepala Program Studi

S1 Teknik Mesin

NIP 19701104 199703 2 001

## **MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Dr. Eng. Shirley Savetlana , S.T., M.Met.

Anggota Penguji : Harnowo Supriadi S.T., M.T.

: Prof. Dr. Sugiyanto, M.T. Penguji Utama

n Fakultas Teknik

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 08 Desember 2021

#### **LEMBAR PERNYATAAN**

Penulis dengan ini menyatakan bahwa:

- 1. Skripsi dengan judul studi diameter serat efektif untuk meningkatkan kekuatan bonding komposit serat nanas/polyester adalah karya pribadi dan tidak melakukan penjiplakan atas karya orang lain sebagaimana diatur dalam pasal 36 peraturan Rektor Universitas Lampung No. 13 Tahun 2019 tentang peraturan akademik Universitas Lampung.
- Hak intelektual atas karya ilmiah yang berkaitan dengan hal ini sepenuhnya diserahkan kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini apabila terjadi suatu hal yang tidak dibenarkan, penulis bersedia menanggung sanksi yang berlaku kepada penulis.

46D8AJX336991373

Bandar Lampung, 8 Desember 2021 Pembuat Pernyataan

Alfiza Hisyam 1515021062

#### **RIWAYAT HIDUP**



Penulis dilahirkan di Bukittinggi, pada tanggal 11 Februari 1998. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara pasangan Bapak Mursal dan Ibu Yosfi Yendri. Penulis menyelesaikan Pendidikan taman kanak-kanak di TK Taman Siswa Teluk Betung Bandar Lampung pada tahun 2003. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Taman Siswa Teluk Betung Bandar Lampung pada tahun

2009, pendidikan menengah pertama di MTsN 1 Bandar Lampung pada tahun 2012 dan pendidikan Menengah akhir di MAN 2 Tanjung Karang pada tahun 2015. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui penerimaan jalur mandiri pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis Program Kerja Praktik (KP) di PT. Indo American Seafood Tanjung Bintang tahun 2018. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Tematik (KKN-Tematik) pada tahun 2019 di Desa Pekurun Selatan, Kecamatan Abung Tengah, Kabupaten Lampung Utara. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan Penelitian Skripsi dengan Judul "Studi Diameter Serat Efektif Untuk Meningkatkan Kekuatan Bonding Komposit Serat Nanas/Polyester" dibawah Bimbingan Ibu Dr. Eng. Shirley Savetlana, M.Met., dan Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T.

## **MOTTO**

"Bertaqwalah kepada Allah, maka Dia akan membimbingmu. Sesungguhnya Allah mengetahui segala sesuatu." (QS. Al Baqarah: 282)

''Barang siapa yang keluar rumah untuk mencari ilmu, maka ia berada di jalan allah hingga ia pulang. ''

(HR. Tirmidzi)

"Dan tolong-menolonglah kamu dalam kebajikan dan takwa dan jangan tolong-menolong dalam perbuatan dosa dan pelanggaran."

(QS. Al-Maidah: 2)

"amar ma'ruf nahi munkar"

"Hidup adalah pelajaran tentang kerendahan hati."

#### **SANWACANA**

Alhamdulillah hirobbil alamin, puja serta puji syukur senantiasa penulis panjatkan pada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, sebab petunjuk dan pertolongan Allah SWT penulis dapat melaksanakan penelitian tugas akhir ini hingga selesai. Serta tak lupa juga sholawat serta salam dipanjatkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat, tabi'in, tabiut tabi'in serta orang – orang sholih para pengikutnya hingga akhir zaman kelak.

Tugas akhir berjudul "Studi Diameter Serat Efektif Untuk Meningkatkan Kekuatan *Bonding* Komposit Serat Nanas/*Polyester*" ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menuntaskan Pendidikan Program Studi Sarjana Jurusan Teknik Mesin di Universitas Lampung. Tugas akhir ini diharapkan bisa membentuk sarjana yang dapat menerapkan pengetahuan serta keterampilan di bidang keteknikan khususnya teknik mesin.

Proses penelitian tugas akhir ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa dukungan serta motivasi dan bimbingan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada :

- Keluarga tercinta, Ayahanda Mursal, Ibunda Yosfi Yendri, Adik adik Alfinnisa Kamila dan Ananda Ade Rahman yang selalu memberikan dukungan, semangat, bimbingan, kasih sayang yang tak pernah henti dan selalu mendo'akan setiap langkah penulis selama ini.
- 2. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si. sebagai Rektor Universitas Lampung.
- 3. Bapak Prof. Dr. Drs. Suharno, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- 4. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. sebagai Ketua Prodi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung
- 6. Ibu Dr. Eng Shirley Savetlana, S.T., M.Met. sebagai dosen pembimbing 1 yang telah membimbing dan memberikan ilmu dan wawasan mengenai komposit serta dukungan semangat dalam tugas akhir ini.

- 7. Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing 2 yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam tugas akhir ini.
- 8. Bapak Prof. Dr. Sugiyanto, M.T. sebagai dosen pembahas yang telah memberikan kritik dan dan sarannya yang sangat berguna dalam tugas akhir ini.
- 9. Bapak A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng. sebagai dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama menjalani studi di masa perkuliahan.
- 10. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu terkhusus dibidang teknik mesin yang sangat berguna bagi penulis untuk diterapkan di dunia kerja.
- 11. Staf Akademik yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan serta proses tugas akhir.
- 12. Staf dan Analis di Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi dan Teknologi yang telah membantu dalam proses perlakuan permukaan dan Proses pengamatan *Scanning Electron Microscope*.
- 13. Bapak Slamet dan Bapak Yusup di LIPI Tanjung Bintang yang telah membantu dan membimbing penulis dalam Proses Pengujian Tarik.
- 14. Teman terbaik yang selalu memberi dukungan dan selalu ada disetiap saat Yohana Agustina.
- 15. Rekan rekan laboratorium yang selalu memberikan saran dan dukungan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir yaitu Ahmad Farid Akram, M. Ilham Hambali, Ayoga Tri Ismi Aji, M Iqbal Adi Nugraha, Mahruri Arif Wicaksono dan Rizal Adi Saputra.
- 16. Seluruh rekan rekan Teknik Mesin Universitas Lampung terkhusus rekan rekan Teknik Mesin angkatan 2015 telah membantu dan memberikan dukungan selama masa perkuliahan.
- 17. Semua pihak yang telah membantu dalam proses perkuliahan dan juga proses penyelesaian tugas akhir yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Tak lupa juga penulis memohon maaf sedalam – dalamnya kepada semua pihak apabila melakukan kesalahan baik disengaja maupun tidak disengaja dan juga ke khilafan karena manusia adalah tempatnya salah dan khilaf. Penulis menyadari

bahwa masih jauh dari kesempurnaan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat disempurnakan melalui kritik dan saran yang bersifat membangun. Serta laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih.

Bandar Lampung, 8 Desember 2021 Penulis,

Alfiza Hisyam

## **DAFTAR ISI**

DAFTAR ISI i		i
DAI	FTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL		
I.	PENDAHULUAN	
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Tujuan Penelitian	7
	1.3. Batasan Masalah	7
	1.4. Sistematika Penulisan	8
II.	TINJAUAN PUSTAKA	
	2.1. Komposit	9
	2.2. Komposisi Bahan Komposit	10
	2.2.1. Material Penguat (Reinforcement)	11
	2.2.2. Matrik	12
	2.3. Klasifikasi Komposit	13
	2.3.1. Komposit Mtrik Polimer	13
	2.3.2. Komposit Matrik Keramik	14
	2.3.3. Komposit Matrik Logam	14
	2.4. Polyester	15
	2.5. Serat Alam	16
	2.5.1. Serat Daun Nanas	17
	2.6. Ikatan Serat dan <i>Debonding</i>	19
	2.7.Pengaruh Diameter Serat	19
	2.8. Scannig Electron Microscope (SEM)	20
III.	METODOLOGI PENELITIAN	
	3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	23
	3.2. Alat dan Bahan	23
	3.2.1. Bahan	23
	1 Polyactar	22

	2.	Serat daun nanas	24
	3.	NaOH	25
	3.2.2.	Alat	26
	1.	Alat uji tarik	26
	2.	Mesin bubut Pinacho S90/200	27
	3.	Oven	28
	4.	Timbangan digital	28
	5.	Jangka sorong	29
	6.	Cetakan	30
	3.3. Metod	de Penelitian dan Pengujian Spesimen Uji	30
	3.3.1.P	ersiapan Bahan	31
	3.3.2.P	ersiapan Pembuatan Sampel	31
	3.3.3.P	embuatan Spesimen Uji	32
	3.3.4.P	engujian <i>Debonding</i>	32
	3.4. Diagr	am Alir Penelitian	34
	3.5. Diagr	am Alir Proses Pembuatan Komposit	34
IV.	HASIL D	AN PEMBAHASAN	
	4.1. Spesii	men Uji <i>Debonding</i>	36
	4.2. Hasil	dan Pembahasan Uji <i>Debonding</i>	38
	4.2.1. U	Uji Debonding Spesimen Komposit KPN 1	38
	4.2.2. U	Uji Debonding Spesimen Komposit KPN 2	41
	4.2.3. U	Uji Debonding Spesimen Komposit KPN 3	43
	4.2.4.	Grafik Rata — rata	46
	4.3. Hasil	Pengamata Scanning Electron Microscope (SEM)	47
V.	PENUTU	P	
	5.1. Simpu	ılan	53
	5.2. Saran		54
DAI	TAR PUS	ГАКА	
LAN	<b>APIRAN</b>		

## **DAFTAR GAMBAR**

1.	Komposisi Serat Komposit	10
2.	Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Penguat	11
3.	Klasifikasi Komposit Berdasar Jenis Matrik	13
4.	Bentuk Komposit Berdasar Penguat Yang Digunakan	14
5.	Resin Polyester	15
6.	Serat Daun Nanas	18
7.	Geometri Spesimen Uji	22
8.	Polyester	23
9.	Serat Daun Nanas	24
10.	NaOH	25
11.	Hung Ta HT-2402	26
12.	Mesin Bubut Pinacho S90/200	27
13.	Cosmos CO-9909 B	28
14.	Scale SF – 400	29
15.	Jangka Sorong	29
16.	Cetakan	30
17.	Spesimen Uji Variasi KPN 1	36
18.	Spesimen Uji Variasi KPN 2	37
19.	Spesimen Uji Variasi KPN 3	37
20.	Grafik Tegangan – Regangan Spesimen KPN 1	38
21.	Grafik Tegangan – Regangan Spesimen KPN 2	41
22.	Grafik Tegangan – Regangan Spesimen KPN 3	43
23.	$\label{eq:Grafik} \textbf{Grafik Tegangan Rata} - \textbf{Rata Komposit Serat Daun Nanas} - \textbf{\textit{Polyester}}$	46
24.	Grafik Regangan Rata — Rata Komposit Serat Daun Nanas — $Polyester$	46
25.	Pengamatan SEM Sampel KPN 1 – 2 100x Perbesaran	47
26.	Pengamatan SEM Sampel KPN 3 – 2 100x Perbesaran	48
27.	Pengamatan SEM Sampel KPN 1 – 2 500x Perbesaran	49
28.	Pengamatan SEM Sampel KPN 3 – 2 500x Perbesaran	49
29.	Pengamatan SEM Sampel KPN 1 – 2 1000x Perbesaran	50
30	Pengamatan SEM Sampel KPN 3 – 2 1000x Perbesaran	50

31.	Pengamatan SEM Sampel KPN 1 – 2 5000x Perbesaran	51
32.	Pengamatan SEM Sampel KPN 3 – 2 5000x Perbesaran	51

## **DAFTAR TABLE**

1.	Dimensi Spesimen Uji	22
2.	Sifat Polyester	24
3.	Sifat Serat Daun Nanas	24
4.	Sifat NaOH	25
5.	Spesifikasi MTS Landmark 370	26
6.	Spesifikasi Mesin Bubut Pinacho S90/200	27
7.	Spesifikasi Cosmos CO - 9909 B	28
8.	Spesifikasi <i>Scale</i> SF – 400	29
9.	Spesifikasi Jangka Sorong	30
10.	Spesifikasi Cetakan	30
11.	Fraksi Massa Campuran Komposit	31
12.	Format Data Hasil Pengujian	33
13.	Data Uji Tarik KPN 1	40
14.	Data Uji Tarik KPN 2	42
15.	Data Uji Tarik KPN 3	45

#### I. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Semakin berkembang dunia industri maka semakin dibutuhkan material dengan sifat istimewa seperti komposit, sehingga meningkatnya pemanfaatan dan pengaplikasian material komposit yang semakin luas mulai dari yang sederhana baik skala kecil maupun besar. Komposit merupakan material alternatif yang memiliki banyak keunggulan dibanding dengan bahan material alternatif yang lain seperti harganya yang ekonomis, mampu meredam suara, ramah lingkungan, memiliki massa jenis yang rendah, kuat, tahan korosi, mudah didapatkan, jumlahnya yang berlimpah dan dapat diperbaharui (Nugroho, 2016).

Komposisi material komposit terdiri dari dua material penyusun yaitu matrik dan serat (*reinforcement*). Matrik memiliki fungsi sebagai perekat serat dan mengikat agar posisi tetap bertahan, sedangkan fungsi serat yaitu sebagai bahan rangka yang membentuk komposit, sehingga keduanya mampu saling mengikat dan menjadikan komposit yang keras, kuat, namun ringan (Handayani, 2018).

Matrik yang sangat umum digunakan yaitu polimer berbahan resin dengan penguat serat sintetis dan bahan dasar serat karbon. Namun penggunaan jenis material tersebut akan menimbulkan masalah terhadap lingkungan karena sulit terdegradasi oleh alam. Sehingga penggunaan serat alami merupakan sebuah usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan karena mudah terurai secara alami (Rodiawan *et al*, 2016).

Salah satu material alternatif pengganti logam yang memiliki banyak keunggulan ialah material komposit polimer yaitu memiliki sifat mekanik yang baik, ringan, tidak mudah korosi, mudah didapat, murah, mampu menjadi isolator panas dan suara, serta dapat digunakan untuk menghambat listrik (Widodo, 2008).

Penguat komposit secara umum dibagi menjadi tiga bagian yaitu berdasarkan penguat yang digunakan, salah satunya adalah komposit serat (*fibrous composite*). Komposit serat merupakan material komposit yang mengandung penguat berupa serat, baik serat alam ataupun serat sintetis. Fiber (serat) adalah material yang memiliki kegunaan sebagai bagian penahan beban utama pada material komposit, sehingga bahan pembentukan serat merupakan penentu terhadap besar kecilnya kekuatan yang didapat pada komposit (Kuncoro, 2006).

Saat ini bahan komposit serat alam adalah salah satu teknologi ramah lingkungan yang semakin banyak dikembangkan. Teknologi yang digunakan disesuaikan dengan tersedianya sumber daya alam sehingga mendukung pemanfaatan sumber daya alam secara langsung (Nurudin, 2011). serat rami, serat tebu, serat empulur sagu, serat kenaf, serat kaca, serat nanas, merupakan serat alam yang sering digunakan (Lokantara, 2007).

Serat daun nanas merupakan salah satu serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan penguat komposit pada penelitian ini. Serat daun nanas (*pineapple–leaf fibres*) merupakan salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang didapat dari daun nanas. Daun nanas dapat difungsikan sebagai material alternatif komposit kerena memiliki kandungan serat yang tinggi, serat daun nanas memiliki kuat tarik hingga 42,33 kg/mm², lebih tinggi dari serat kaca yang hanya 21,65 kg/mm². Serat daun nanas per cm³ memiliki massa yang lebih lebih berat, yaitu 1,072 g dibandingkan dengan dengan serat kaca per cm³ yang hanya 0,31 g (Mujiyono, 2006).

Jenis tanaman nanas ini sangat melimpah di indonesia misalnya di Muara Enim, Palembang terdapat perkebunan nanas dengan luas sekitar 26.345 Ha, Lampung Utara 20.000 Ha, Subang 4000 Ha, dan Lampung Selatan 20.000 Ha (Supriyatna, 2018). Lampung memiliki PT. Great Giant Pinneapple yang adalah industri nanas terbesar ketiga di Dunia. Total rata – rata buah nanas yang diolah setiap hari mencapai 2500 ton untuk diolah menjadi jus serta nanas kaleng yang akan diekspor ke lebih dari 63 negara pada ke-5 benua yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa letak geografis dan tanah yang ada di Lampung strategis untuk tempat tumbuhnya tanamanan nanas, sehingga banyak ditemukan tanaman nanas di Lampung (Susanto, 2018). Indonesia memiliki ketersediaan bahan baku serat alami yang cukup melimpah sehingga pengembangan serat alami sebagai penguat material komposit sangant baik untuk dilakukan (Muhajir, 2016).

Serat daun nanas adalah serat yang didapat dari hasil pemisahan serat pada daun nanas yang memiliki selulosa ataupun non selulosa. Daun nanas biasanya hanya digunakan sebagai pupuk yaitu dengan cara dikembalikan ketanah pada lahan kebun. Tanaman nanas yang telah dewasa mampu menghasilkan 3 –5 kg daun sebanyak 70-80 lembar daun dengan kandungan air sebesar 85%. Setelah proses panen dilakukan terdapat 90% daun nanas, 9% tunas batang dan 1% batang yang akan menjadi limbah. Penggunaa serat daun nanas sebagai material penguat komposit merupakan salah satu pemanfaatan limbah industry yang sangat baik (Lesiana, 2017).

Terjadinya *interfacial debonding* dapat mempengaruhi kakuatan material pada komposit. Untuk mentransfer tegangan yang diterima matrik ke penguat diperlukan ikatan yang baik antar permukaan serat dengan matrik, hal ini disebut bonded. Sedangkan, *debonding* adalah proses terkelupasnya serat dan matrik dikarenakan kurangnya gaya ikat antara serat dan matrik sehingga transfer gaya pada saat terjadi pembebanan pada komposit tidak sempurna (Niu, 2001).

Faktor penyebab *debonding* adalah sifat kimia pada serat, seperti fat lignin maupun wax yang masih dimiliki serat hingga proses pencetakan dilakukan, oleh karena itu serat memerlukan perlakuan tertentu untuk menghindari kekurangan tersebut. Alkali yang biasanya berupa zat NaOH sering dimanfaatkan sebagai penghilang kotoran dan lignin pada serat serta sifat dasar serat yang *hydrophilic*, lain hal dengan polimer yang tidak *hidrophilic*. Dari penelitian yang sudah dilakukan dengan perlakuan kimia berupa alkali sifat permukaan serat alam yang mengandung zat selulosa mampu mereduksi kadar maksimum air sehingga sifat dasar *hydrophilic* pada serat mampu menghasilkan ikatan *interfacial* secara optimal dengan matrik (Bismarck dkk, 2002).

Pada pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh Gunawan dkk, 2016, penelitian dilakukan dengan memberikan variasi ukuran diameter serat tangkai/pelepah daun sagu terhadap kekuatan tarik pada material komposit. Kekuatan tarik cenderung menurun terhadap variasi ukuran besar diameter serat atau berbanding terbalik bahwa semakin besar ukuran serat yang digunakan maka semakin kecil kekuatan tarik yang didapatkan. Hal ini dikatehui pada serat dengan uuran diameter 0.05 mm sampai 0.25 mm menghasilkan kekuatan tarik sebesar 48 N/mm<sup>2</sup>, ukuran serat dengan diameter 0.30 mm sampai 0.50 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 47.32 N/mm<sup>2</sup> lalu untuk ukuran serat dengan diameter 0.60 mm sampai 1.05 mm memiliki kekuatan tarik sebesar 45.69 N/mm<sup>2</sup>. Mengacu pada uraian yang tertulis diatas dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik terbesar terjadi pada spesimen dengan ukuran diameter yang paling kecil yaitu serat 0,05 mm sampai 0,25 mm. Hal ini terjadi karena rongga pada serat diameter kecil lebih kecil dibanding ukuran rongga pada serat dengan diameter yang besar, sehingga rongga antar serat yang terjadi pada susunan diameter kecil lebih rendah dibandingkan dengan diameter besar. Hal ini akan akan menyebabkan ikatan unsur penyusun komposit melemah sehingga mengakibatkan menurunnya kemampuan komposit dalam menerima beban.

Zulfikar (2017) pada penelitiannya yang bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi diameter serat dari prilaku mekanik hasilnya menunjukan bahwa peningkatan variasi diameter serat mampu mempengaruhi nilai E yang dihasilkan pada variasi dimater 1 mm, 3 mm, 5 mm, 9 mm yaitu rata-rata nilai E pada masing-masing variasi mengalami kenaikan sebesar 6%.

Imam Munandar, dkk (2013), meneliti kekuatan tarik serat ijuk dengan diameter 0,25-0,35 mm, 0,35-0,45 mm, 0,46-0,55 mm yang direndam kedalam larutan NaOH selama 2 jam kemudian dioven dengan suhu 800°C selama 15 menit. Dari hasil yang didapat diketahui bahwa semakin kecil ukuran diameter serat maka kekuatan tarik yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena serat berdiameter kecil memiliki rongga dan ikatan antar molekul yang banyak dan lebih besar dibandingkan dengan serat berdiameter besar.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Sriwita 2014, secara umum, sifat mekanik pada resin polyester yang dicampur dengan serat daun nanas meningkat seiring penambahan pada jumlah serat. Komposit dengan peletakan serat searah memiliki nilai kekuatan tarik dan kuat tekan yang lebih baik jika dibanding dengan peletaskan serat secara acak. Saat dialkukan penambahan serat 0,2 g nilai kekuatan tarik maksimum yang didapat pada material komposit yaitu 723,36 N/cm² lalu nilai kuat tekan pada saat komposit diberikan penambahan serat sebanyak 1,5 g sebesar 1768,13 N/cm².

Arif humeiri (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi alkali dan diameter serat terhadap kuat geser rekatan pada antar muka serat ijuk aren (arenga pinnata)/poliester. Didalam penelitiannya menggunakan ukuran diameter serat yaitu 0,96 mm, 0,43 mm, dan 0,17 mm dilakukan perendaman serat kedalam NaOH dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% selama 2 jam. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh pada sampel menunjukan bahwa kekuatan geser akan semakin meningkat pada tinggi kosentrasi NaOH 2,5% sampai 5%.

Muhammad Arsyad (2109) dalam penelitiannya yang memiliki tujuan mengetahui perubahan diameter terhadap penetuan pengaruh perlakuan alkali dan hidrogen peroksida pada serat sabut kelapa sebagai material komposit ramah lingkungan, mendapatkan hasil perubahan diameter serat sabut kelapa pada perendaman 1 jam, diameter serat sabut kelapa mengalami penurunan diameter untuk semua perlakuan, dimana tanpa perlakuan diameter 0,397 mm, dan setelah direndam hingga tiga kali perlakuan terdapat pengurangan diameter sebesar 30,19% yaitu menjadi 0,277 mm. Persentasi tertinggi pengurangan diameter serat sabut kelapa dicapai pada perlakuan ketiga (3) pada perendaman 11 jam yaitu sebesar 58,08 %. Sehingga dapat diambil kesimpulan semakin lama direndam maka semakin besar pengurangan diameternya.

Beban pada material komposit sebagaian besar ditopang oleh bagian fiber atau serat, sehingga hasil kekuatan dari bahan komposit sangat bergantung pada kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil ukuran diameter serat komposit maka kekuatan material tersebut akan semakun membaik, karena minimnya cacat pada material (Diharjo, 2000).

Efri Mahmuda (2013) pada pengujiannya tentang pengaruh panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk dengan matrik epoxy menyatakan bahwa panjang dan diameter serat sangat berpengaruh pada kekuatan tarik dan regangan. Ukuran diameter serat berbanding dengan ukuran panjang serat disebut sebagai *aspect ratio*, semakin besar *aspect ratio* maka semakin besar pula kekuatan tarik serat yang dihasilkan.

Adhi Kusumastuti (2009) pada penelitiannya mengenai aplikasi serat sisal sebagai komposit polimer mendapatkan kesimpulan bahwa diameter serat merupakan salah parameter yang dapat mempengaruhi sifat mekanis dan sifat fisis dari serat sisal.

Berdasarkan hal-hal diatas, penulis mengetahui bahwa perbedaan ukuran diameter serat pada komposit memiliki pengaruh yang penting sehingga

penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini guna pemanfaatan potensi komposit serat alam serat daun nanas yang melimpah diwilayah Lampung, Indonesia serta mengetahui pengaruh ukuran diameter serat pada suatu komposit dengan mekanisme *debonding* pada serat daun nanas, karena semakin kecil ukuran diameter serat dan semakin baik kerapatan ikatan antara serat dengan matrik maka kekuatan komposit terbaik akan didapatkan.

#### 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut;

- 1. Mengetahui pengaruh diameter serat daun nanas terhadap kekuatan bonding komposit serat daun nanas/polyester
- Mengetahui mekanisme kegagalan pada komposit serat daun nanas/polyester melalui pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM).

#### 1.3. Batasan Masalah

Adapun permasalahan yang dibahas pada penelitian ini akan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

- Komposit dibuat dengan campuran bahan serat daun nanas, polyester, katalis, dan alkali.
- Variasi diameter susunan ikatan serat komposit serat daun nanas yaitu 1 mm, 2 mm, 3 mm.
- 3. Pengujian *debonding* komposit dilakukan menggunakan metode uji tarik.
- 4. Panjang *debonding* yang terjadi ditinjau dengan pengamatan menggunakan foto Scanning Electron Microscope (SEM).

#### 1.4. Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir ini tersusun atas lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

#### I. PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian yang berisi peristiwa atau masalah yang menjadi dasar atas tujuan dari penelitian ini. Selanjutnya pada bab ini juga memuat mengenai tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

#### II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi pembahasan mengenai penelitian dengan berlandaskan pada teori dari beberapa literatur. Teori sebagaimana dimaksud akan dijadikan dasar dan kajian dalam memecahkan masalah pada penelitian.

#### III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memuat tentang hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian, meliputi tempat penelitian, diagram alur penelitian, penyiapan alat dan bahan uji, prosedur pembuatan spesimen uji, serta prosedur pengujian.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data-data yang diperoleh dari penelitian dan pembahasan mengenai studi kasus yang diteliti lalu dilanjutkan dengan melakukan analisa, sehingga didapatkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan mengenai keseluruhan dari penelitian yang telah dilakukan dan juga saran yang akan disampaikan tentang penelitian yang telah di lakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Memuat mengenai referensi-referensi yang digunakan sebagai sumber dari penulisan sebagai penunjang dari penelitian ini.

#### **LAMPIRAN**

#### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Komposit

Komposit dapat diartikan sebagai kombinasi dari beberapa material bisa dua atau lebih yang dimaksudkan untuk membuat material baru. Secara sederhana komposit dapat didefinisikan terdiri dari dua material yang berbeda propertisnya, satu material sebagai pengisi (Matrik) dan lainnya sebagai penguat (*Reinforcement*).

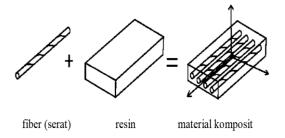
Material dasar komposit biasanya adalah serat (fiber) dan matrik. Serat merupakan bahan material penguat yang tersebar didalam matrik dengan susunan komposisi tertentu dan sifat mekanik serat yaitu elastis, mempunyai kekuatan tarik yang lebih baik dari matrik namun tidak mampu digunakan pada keadaan temperatur yang tinggi. Sedangkan fungsi utama dari matrik yaitu selain sebagai pengikat serat dan mendistribusikan beban ke serat juga dapat melindungi serat dari pengaruh lingkungan, sifat mekanik matrik yaitu ulet, lunak dan bersifat mengikat jika sudah mencapai pada titik beku materialnya. Dari dua bahan dengan sifat dan karekterisitik yang berbeda ini digabungkan untuk membentuk satu sifat dan karakteristik yang berbeda dari bahan partikel penyusunnya. Struktur makroskopik material komposit terpisah antara satu sama lain dan biasanya dibuat dari variasi kombinasi tiga jenis material yaitu logam, polimer, dan keramik (Gibson, 1994).

Keunggulan dari pembentukan bahan material komposit salah satunya bila dibandingkan dengan material lainnya adalah menggabungkan beberapa unsur unggul dari unsur – unsur pembentuknya dari penggabungan material. Komposit ini diharapkan hasilnya mampu menghadirkan material yang bersifat lebih baik dari masing-masing material penyusunnya. Kekakuan, kekuatan, ketahanan korosi, ketahanan gesek, densitas, ketahanan lelah, konduktifitas panas merupakan sifat material yang dapat diperbaharui. Secara alamiah material dengan kemapuan diatas tidak ada pada suatu material pada saat yang bersamaan (Jones, 1975).

Secara prinsip, material komposit dapat tersusun dari beberapa kombinasi yaitu dua atau lebih material, baik berupa material logam, material organik, maupun material non organic, tetapi unsur utama dari material komposit adalah *fibers*, *particles*, *leminae*, *flakes* dan *matrix*. Secara umum komposit diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu, komposit partikel (*Particulate Composites*), komposit serat (*Fibers Composites*) dan komposit lapis (*Laminates Composites*).

#### 2.2. Komposisi Bahan Komposit

Komposit umumnya terdiri dari 2 fasa material yang berbeda propertisnya, yaitu material sebagai pengisi (Matrik) dan material sebagai penguat (*Reinforcement*). Komposisi pencampuran komposit antara matrik dan penguat dapat dilihat seperti pada gambar 1. Dapat diketahui Sifat matrik yaitu ductile tetapi memiliki kekuatan dan rigiditas yang rendah sedangkan, reinforcement (material penguat) memiliki sifat kurang ductile tetapi lebih rigid dan lebih kuat.

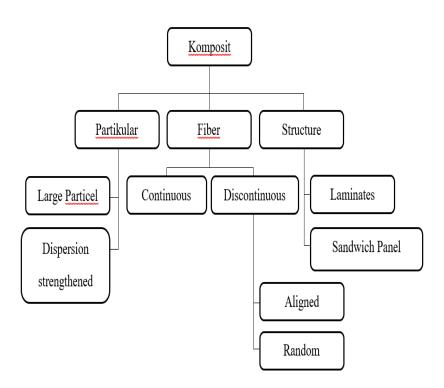


Gambar 1. Komposisi Serat Komposit (K. Van Rijswijk, 2001)

Berikut penjabaran komposisi bahan material komposit:

#### 2.2.1. Material Penguat (Reinforcement)

Salah satu bagian material penyusun utama pada material komposit yaitu *Reinfocement* (penguat) yang memiliki fungsi sebagai material penguat yang menopang beban pada komposit. Kombinasi pada dua material atau lebih menghasilkan beberapa daerah dan istilah pada penyebutannya, yaitu matrik dan penguat. Klasifikasi jenis komposit berdasarkan jenis penguat yang digunakan seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Penguat (Pramono, 2008)

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa, berdasarkan jenis penguat yang digunakan komposit dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: (Pramono, 2008).

- 1. Particulate composite, penguatnya berbentuk partikel.
- 2. Fibre composite, penguatnya berbentuk serat.

3. Structural composite, penggabungan material komposit ini berbentuk laminat atau panel.

Pada material komposit tidak terjadi perubahan struktur mikro pada material pembentuknya, hanya saja komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matrik dan fiber. Syarat terbentuknya material komposit yaitu adanya ikatan permukaan antara matrik dan filler. Gaya adhesi dan kohesi pada material komposit merupakan gaya yang mengakibatkan terjadinya ikatan antara permukaan pada matrik dan penguat. Gaya adhesi-kohesi pada komposit terjadi melalui 3 cara yaitu:

- Interlocking antar permukaan → ikatan ini terjadi karena perbedaan kekasaran permukaan partikel.
- 2. Gaya elektrostatis → Gaya tarik-menarik antara atom yang bermuatan merupakan penyebab terjadinya ikatan ini (ion).
- 3. Gaya van der walls→ ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel

Reinforcement tidak hanya berguna sebagai penguat sifat mekanik pada material komposit dan memberi efek penguatan, tetapi reinforcement juga dapat manfaatkan untuk mengubah sifat-sifat fisik seperti sifat tahan aus, koefisien friksi, atau konduktifitas termal. Ikatan yang kuat disepanjang serat mampu menghasilkan modulus yang sangat tinggi. (Sulistijono, 2013).

#### 2.2.2. Matrik

Definisi matrik pada teknologi komposit yaitu material yang berguna sebagai mengisi dan pengikat serat namun tidak terjadi reaksi kimia dengan bahan pengisi yang mendukung, Matrik barfungsi melindungi dan mampu mendistribusikan beban dengan baik ke material penguat komposit. Oleh karna itu matrik harus memiliki kemampuan ideal yang tangguh, ulet dan kuat. Matrik merupakan material dalam komposit yang

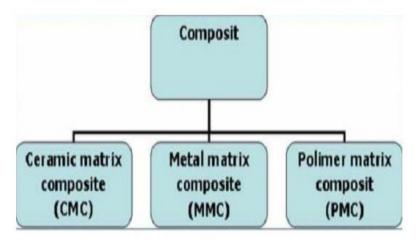
memiliki bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Berikut adalah fungsi dari matrik:

- 1. Mentransfer tegangan ke serat.
- 2. Membentuk ikatan yang koheren antar permukaan matrik dan serat
- 3. Melindungi serat.
- 4. Memisahkan serat.
- 5. Melepas ikatan.
- 6. Tetap stabil setelah proses manufaktur.

Matrik berfungsi melindungi *reinforcing filaments* dari kemungkinan adanya kerusakan mekanik yang terjadi seperti, abrasi serta kondisi lingkungan, matrik yang ideal juga mampu menyumbang beberapa sifat seperti kekakuan dan ketangguhan serta tahan listrik (Nayiroh,2013).

#### 2.3. Klasifikasi Komposit

Merujuk pada gambar 3 material komposit pada umumnya dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu sebagai berikut:



Gambar 3. Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matrik (Callister, 2001)

### 2.3.1. Komposit Matrik Polimer

Material ini merupakan bahan yang paling banyak digunakan atau sering disebut dengan polimer dengan penguat berbahan serat (Fibre

 $Rainforced\ Polymers\ of\ Plastics-FRP$ ). Komposit ini menggunakan bahan material polimer berbasis resin sebagai matrik, dan beberapa jenis serat tertentu sebagai penguat komposit, seperti: serat karbon, serat kaca dan aramid (kevlar).

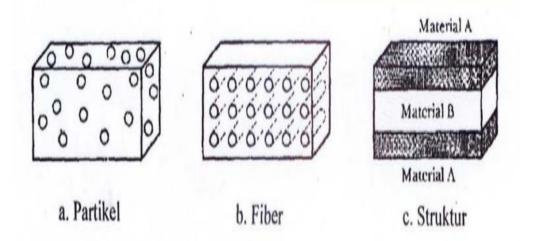
#### 2.3.2. Komposit Matrik Keramik

Jenis material komposit ini biasanya mampu digunakan pada lingkungan dengan temperatur yang sangat tinggi, bahan material ini menggunakan keramik sebagai matrik dan menggunakan penguat komposit dengan jenis serat pendek, atau serabut – serabut (whiskers) yang dibuat dari silikon karbida atau boron nitrida.

### 2.3.3. Komposit Matrik Logam

Material jenis ini banyak digunakan pada industri otomotif, bahan komposit ini biasanya mengaplikasikan suatu material logam seperti aluminium (Al) sebagai matrik dan penguat kompositnya dengan menggunakan serat silicon carbida (SiC).

Bentuk komposit berdasarkan penguat yang digunakan dibedakan menjadi beberapa jenis seperti yang ditunjukan pada gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Komposit Berdasarkan Penguat yang Digunakan (Pramono, 2008).

#### 2.4. Polyester

Polymer merupakan matrik yang paling banyak dimanfaatkan sebagai material komposit karena memiliki kelebihan berupa ringan dan lebih tahan terhadap korosi (Gibson, 1994). Polyester merupakan hasil dari reaksi alcohol dengan asam organik yang membentuk suatu ester, suatu polyester linier terbentuk dengan menggunakan dwifungsi asam dan dwifungsi alcohol(glikol).

Polimer yang sering digunakan adalah matrik polimer jenis thermoset yang berupa polyester, karena nilai ekonomis yang cukup rendah material ini banyak diperjual — belikan dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam pengaplikasian. Polyester merupakan resin thermoset dengan bentuk cair yang memiliki viskositas relatif rendah, yang pada penggunaanya membutuhkan penambahan katalis. Resin polyester mengandung banyak monomer stiren sehingga ketahanan suhu deformasi termal lebih rendah dibandingkan dengan resin thermoset lainnya. Polyester memiliki viskositas yang relatif rendah sehingga pada saat proses pencetakan tidak perlu diberikan tekanan. Dengan pencampuran katalis, polyester mampu mengeras dalam suhu ruang tanpa menghasilkan gas. Kemampan resin polyester yaitu transparan, dapat diwarnai, tahan terhadap air, tahan bahan kimia dan tidak terpengaruh terhadap cuaca, dapat dibuat kaku dan fleksibel. Resin polyester ini memiliki kemapuan kerja hingga mencapai suhu 79°C. Gambar 5 merupakan resin polyester yang siap digunakan.



Gambar 5. Resin Polyester

Umumnya *polyester* mampu tahan terhadap berbagai asam kecuali pada asam pengoksida dan lemah terhadap alkali. Ketahanan polyester terhadap cuaca sangat tinggi yaitu tahan terhadap kelembaban dan sinar UV bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya rusak dalam beberapa tahun. Material ini dapat digunakan secara luas sebagai bahan material komposit (Surdia, 1995).

Matrik polyester secara luas digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit, penggunaan resin dapat dilakukan dari proses *hand layup* sampai dengan proses yang kompleks yaitu dengan proses mekanik, dalam dunia industri resin polyester sering digunakan dalam aplikasi material komposit karena harga yang relatif murah, *curing* yang tepat, warna jernih, kestabilan dimensional, dan mudah penanganannya. (Billmeyer, 1984).

#### 2.5. Serat Alam

Serat (fiber) merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah yang menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekerasan, keuletan, kekuatan dan sebagainya. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat yang didapat langsung dari alam biasa disebut dengan serat alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang (Schwartz, 1984).

Serat merupakan material penguat (reinforcement) yang terletak didalam matrik dengan orientasi dan komposisi tertentu. Fungsi utama matrik adalah melindungi serat dari pengaruh lingkungan, pengikat serat dan mendistribusikan beban kepada serat (Gibson, 1994).

K. Van Rijswijk et.al dalam bukunya Natural Fibre Composites (2001) menjelaskan bahwa komposit merupakan bahan hibrida yang terbuat dari resin

polimer serta diperkuat dengan serat, yang bertujuan untuk menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik.

Serat alam (*natural fiber*) adalah serat yang dihasilkan dan diekstrak langsung dari bahan yang tersedia dari alam (bukan serat buatan atau rekayasa manusia). Serat alam bisa didapat dari serat-serat tumbuhan seperti serat bambu, serat pohon pisang serat nanas dan lain—lain. Serat alami dipilih karena memiliki kekuatan yang tinggi, serta serat sangat baik untuk campuran komposit. Komposit dengan campuran serat alam sangat popular dikarenakan karakter mekanisnya dan juga kemampuan daur ulang sehingga ramah lingkungan dan tidak akan mencemari lingkungan hidup.

Komposit campuran serat alam memiliki beberapa keunggulan lain jika dibandingkan dengan serat kaca, serat alam marak digunakan karena kuantitas yang banyak, ramah lingkungan karena dapat terurai secara alami. Serat alam lebih murah jika dibandingkan dengan serat kaca, sehingga penelitian tentang serat alam terus dikembangkan guna mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah – limbah industri.

Dari sudut pandang industri, serat alam dipilih berdasarkan acuan – acuan tertentu yaitu nilai kekuatan dan kekakuan yang sesuai dengan standar industri, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matrik, harga, biaya proses, dan ketersediaan. Pemanfaatan material komposit dengan menggunakan penguat serat alam banyak diaplikasikan oleh produsen otomotif sebagai bahan penguat panel mobil, tempat duduk, *dashboard*, dan perangkat *interior* lainnya.

#### 2.5.1. Serat Daun Nanas

Nanas adalah jenis tanaman yang mampu bertahan pada kondisi kekeringan karena tergolong dalam golongan *Crassulacean Acid Metabolism*. Tanaman nanas akan dibongkar dan diganti dengan bibit baru setelah dua atau tiga kali panen, sehingga limbah daun nanas cukup memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai produk yang dapat memberikan nilai tambah. Setelah panen bagian yang menjadi limbah

terdiri atas daun 90 %, tunas batang 9 % dan batang 1 %. Daun nanas memilik lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat yang terdapat dalam daun (Lesiana, 2017). Gambar 6 merupakan serat daun nanas yang siap digunakan.



Gambar 6. Serat Daun Nanas

Daun nanas yang masih muda biasanya tidak memiliki serat yang panjang dan kurang kuat, sedangkan serat yang dihasilkan dari tanaman nanas yang terlalu tua cenderung akan menghasilkan serat yang pendek kasar dan getas. Oleh karna itu untuk mendapatkan serat yang kuat, halus dan lembut perlu dilakukan pemilihan pada daun-daun nanas yang cukup dewasa yang pertumbuhannya sebagian terlindung dari sinar matahari. Serat nanas mampu menyerap keringat dan kelembaban. Bahan serat nanas kaku dan transparan, persis seperti bahan organdi, namun serat nanas berkilau lembut, bertekstur garis halus dan agak ringan.

Serat daun nanas termasuk dalam golongan serat halus. Semakin halus serat maka semakin luas pula kemampuan serat untuk menanggung beban geser dan kemungkinan cacat dalam matrik semakin kecil (Vlack, 1992).

#### 2.6. Ikatan Serat dan Debonding

Serat yang memiliki sifat hidrofobik akan sulit untuk dibasahi sehingga ikatan antara serat dan matrik yang memiliki sifat hidropolik akan memiliki sifat adhesi yang kurang baik, sifat adhesi yang buruk tersebut akan menyebabkan kekuatan mekanik komposit yang dihasilkan rendah, oleh karena itu serat perlu mendapatkan perlakuan tertentu untuk menghindari kekurangan tersebut. Perlakuan biasanya diberikan guna memodifikasi permukaan serat, adapun perlakuan yang biasanya dilakukan adalah perlakuan alkali, perlakuan panas, dan *coupling agent*. Perlakuan alkali adalah metode yang umum digunakan dan terkenal sangat efektif untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan dari permukaan serat (Sghaier, 2012). Pada saat perendaman, alkali akan melarutkan zat – zat kotor dan wax yang terdapat pada serat (Williams, 2011).

Pengertian *debonding* adalah mekanisme terjadinya lepasnya ikatan interface pada material penyusun komposit saat terjadi pembebanan yang mengakibatkan terlepasnya ikatan antara serat dari matriks. Hal ini dapat terjadi karenan lemahnya ikatan antar muka pada serat dan matrik sehingga diperlukan adhesi yang kuat pada permukaan ikatan serat dan matrik agar tidak terjadi *debonding* pada komposit. Menurut George, 2005, ikatan adhesi yang kuat pada permukaan matrik dan serat sangat diperlukan untuk memperbaiki distribusi dan perpindahan beban melalui ikatan permukaan.

#### 2.7. Pengaruh Diameter Serat

Material serat merupakan bahan yang memiliki perbandingan panjang terhadap diameter yang sangat tinggi. serat juga mempunyai kekuatan dan kekakuan terhadap densitas yang besar (Jones, 1975).

Hal yang sangat penting dalam memaksimalkan tegangan adalah diameter pada serat. Semakin kecil diameter serat maka akan menghasilkan luas permukaan per satuan berat yang lebih besar, sehingga akan memperbaiki kemampuan serat dalam mentransfer tegangan. Semakin kecil ukuran diameter serat maka semakin tinggi kekuatan bahan serat karena kemungkinan cacat yang dihasilkan semakin sedikit. Serat yang sering dipakai untuk membuat komposit antara lain: serat kaca, serat karbon, serat logam, serat alami, dan lain sebagainya.

Schwartz menjelaskan syarat terpenuhinya serat sebagai penguat dalam struktur komposit harus memiliki modulus elastisitas yang tinggi, diameter dan kekuatan serat yang seragam, stabil selama penanganan proses produksi, serta kekuatan patah yang tinggi. Serat alami tidak memiliki panjang dan diameter yang seragam pada setiap jenisnya. Hal diatas dapat diartikan bahwa panjang dan diameter serat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat disebut dengan aspect ratio, bila aspect ratio makin besar maka makin besar pula kekuatan tarik serat pada komposit tersebut.

Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat adalah *critical length* (panjang kritis), panjang kritis yaitu panjang minimum serat pada suatu diameter serat yang dibutuhkan pada tegangan untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi. Hal yang sangat mempengaruhi kekuatan dalam membuat komposit adalah diameter seratnya, bentuk serat tidak bagitu mempengaruhi kekuatan. Umumnya, kekuatan komposit yang lebih tinggi dihasilkan dari ukuran diameter serat yang semakin kecil juga (Schwartz, 1984).

### 2.8. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning electron microscopy (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron guna teknik pemeriksaan serta analisa permukaan yang berguna untuk mengetahui struktur mikro suatu material.

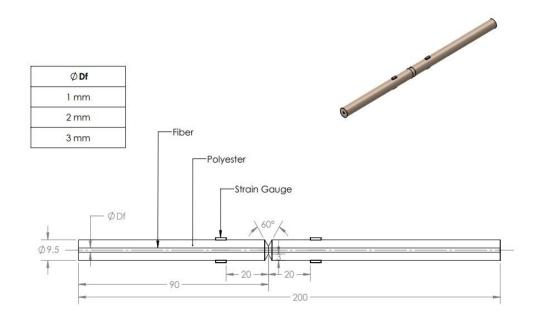
*SEM* biasanya digunakan untuk menentukan faktor kegagalan spesimen, meliputi tekstur morfologi, dan komposisi permukaan partikel.

SEM terdiri atas dua komponen utama yang pertama yaitu electron coloumn dan display console. Electron column merupakan model electron beam scanning. Display console merupakan elektron sekunder. Pancaran elekton energi tinggi dihasilkan oleh electron gun yang kedua tipenya didasarkan pada pemanfaatan kuat arus, proses detector dalam SEM merupakan proses menditeksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi, arah tersebut memberikan informasi background permukaan benda seperti (Sujatno, 2015).

Terhadap material yang bukan logam seperti isolator, hal ini akan berguna untuk background permukaan sehingga dapat dilihat dengan jelas, dan permukaan material tersebut harus dilapisi logam. Metode pelapisan yang digunakan umumnya adalah *evaporasi* dan *sputtering*.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Spesimen uji yang akan dibuat pada penilitian ini merupakan komposit serat daun nanas/polyester, bentuk dan geometri dari spesimen uji mengacu pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Gunawan pada tahun 2018 seperti dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Geometri Spesimen Uji.

Tabel dibawah ini memuat ukuran dari dimensi spesimen uji.

Tabel 1. Dimensi Spesimen Uji

Diameter	Diameter Serat (df)	Kedalaman Notch	Jarak Regangan	Panjang	Panjang Notch
9,5 mm	1 mm, 2 mm, 3 mm	3 mm	20 mm	200 mm	90 mm

Penelitian ini dilakukan dengan metode pengujian yang menggunakan sampel dan alat yang akan dijelaskan dibawah ini.

## 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat pada penelitian tugas akhir kali ini dilaksanakan pada :

Waktu: November 2020 – Mei 2021

Tempat : Pembuatan spesimen uji di Laboratorium Komposit Universitas

Lampung dan Pengujian debonding menggunakan metode uji

tarik dilakukan di LIPI Tanjung Bintang.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

## 3.2.1. Bahan

Adapun bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

## 1. Polyester

*Polyester* merupakan salah satu jenis material utama yang akan digunakan sebagai matrik dalam penelitian kali. Jenis *polyester* yang akan digunakan merupakan *unsaturated polyester* seperti pada gambar 8.



Gambar 8. *Polyester* 

Tabel 2. Sifat Polyester

Densitas	1,5 gr/cm <sup>3</sup>
Kekuatan Tarik	60 - 75 MPa
Kekuatan Tekan	90 - 250 MPa
Temperatur Kerja Maximum	150°C

# 2. Serat daun nanas

Serat daun nanas pada gambar 9 merupakan jenis penguat yang memiliki peran penting pada penelitian komposit ini, serat ini berfungsi sebagai pengisi material penguat (*reinforcement*).



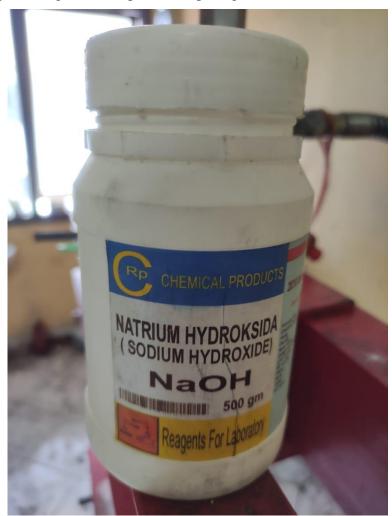
Gambar 9. Serat Daun Nanas

Tabel 3. Sifat Serat Daun Nanas

Densitas	1,07 g/cm <sup>3</sup>
Kekuatan Tarik	126,60 MPa
Perpanjangan Putus	2,2 %
Young's Modulus	4,405 GPa

## 3. NaOH

Natrium hidroksida (NaOH) merupakan zat kimia yang akan digunakan untuk perlakuan kimia terhadap serat nanas untuk memperbaiki adhesifitas antara matrik dan *reinforcement*. NaOH yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 10



Gambar 10. NaOH

Tabel 4. Sifat NaOH

Massa Molar	40 g/mol
Densitas	2,1 g/cc
Titik Didih	318 °C
Titik Leleh	1390 ℃

## 3.2.2. Alat

Adapun alat – alat yang digunakan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut ini:

# 1. Alat uji Tarik

Pada penelitian ini alat uji tarik, merupakan alat uji yang digunakan untuk pengujian *debonding* pada spesimen yang akan diuji. Mesin uji tarik yang digunakan dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hung Ta HT-2402

Tabel 5. Spesifikasi Hung Ta HT-2402

Capacity Selection	100 kN
Testing Speed Range	0.005-500 mm/min
Dimensi (W x D x H)	110 x 76 x 215.5 cm
Berat Mesin	700 kg
Temperatur Kerja	Temperatur ruangan

# 2. Mesin bubut Pinacho S90/200

Pada penelitian ini mesin bubut digunakan untuk mengikis dan membentuk spesimen sesuai dengan standar uji, pada spesimen akan dibentuk takikan sebelum dilakukan uji Tarik. Mesin bubut yang digunakan dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Mesin Bubut Pinacho S90/200

Tabel 6. Spesifikasi Mesin Bubut Pinacho S90/200

Jarak Antar Titik	1150-1650 mm	
Diameter Lubang Utama	52 mm	
Daya Motor	4 kW	
Dimensi Luar	2880 x 995 x 1620 mm	
Berat	1300 kg	
Swing Over Bed	400 mm	
Swing Over Gap	600 mm	
Swing Over Carriage	370 mm	

### 3. Oven

*Oven* adalah mesin pemanas yang dapat beroperasi pada temperatur yang cukup tinggi. Pada penelitian ini *oven* merupakan sebagai alat yang digunakan untuk proses curing pada spesimen uji. Mesin oven yang digunakan dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Cosmos CO-9909 B

Tabel 7. Spesifikasi Cosmos CO-9909 B

Daya	350 Watt
Kapasitas	9 Liter
Temperatur	0 – 100°C
urasi	0 – 60 Menit

## 4. Timbangan digital

Pada penelitian ini timbangan digital digunakan sebagai alat ukur yang berfungsi untuk mengukur berat dari bahan – bahan yang akan dibentuk menjadi suatu material komposit. Timbangan digital yang digunakan dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Scale SF – 400

Tabel 8. Spesifikasi *Scale* SF – 400

Kapasitas	5 kg	
Dimensi	24 x 16.5 x 3.5 cm	

# 5. Jangka Sorong

Jangka sorong (*vernier caliper*) adalah alat ukur yang akan digunakan untuk mengukur diameter susunan ikatan serat (*bundle*) pada penelitian ini. Jangka sorong yang digunakan dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Jangka Sorong

Tabel 9. Spesifikasi Jangka Sorong

Rentang Pengukuran	150 mm
Tingkat Ketelitian	0.05 mm
Dimensi	23x7.5 cm

### 6. Cetakan

Cetakan yang akan digunakan terbuat dari silicon dengan lubang pada bagian tengan yang memiliki diameter 9,5 mm dan berfungsi sebagai wadah dari bahan – bahan campuran komposit yang akan memiliki peran dalam memberi bentuk pada material komposit. Cetakan yang digunakan dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Cetakan

Tabel 10. Spesifikasi Cetakan

Diameter	9,5 mm
Panjang	200 mm

## 3.3. Metode Penelitian dan Pengujian Spesimen Uji

Study literature merupakan langkah pertama yang dilakukan sebelum melakukan pembuatan spesimen uji. Study literature dilakukan untuk

memahami masalah pada penelitian dan untuk mengetahui langkah – langkah kerja penelitian. Kemudian pengumpulan data awal dilakukan guna mendapatkan data, referensi, dan spesifikasi alat – alat yang akan digunakan dalam pembuatan spesimen. Adapun prosedur yang akan dilakukan dalam pembuatan komposit kali ini terbagi dari beberapa tahapan, yaitu:

## 3.3.1. Persiapan Bahan

Pada pembuatan komposit ini, serat yang digunakan merupakan serat daun nanas dengan variasi diameter ikatan serat yaitu 1 mm, 2 mm dan 3 mm yang terlebih dahulu diberi perlakuan NaOH 5 % serta menggunakan matrik polyester dengan campuran katalis 5 %. Nama sampel ditunjukan pada table 11,

Tabel 11. Fraksi Massa campuran komposit

Nama Sampel	Diameter serat	Serat daun	Polyester	
	daun nanas	nanas (wt %)	(wt %)	
KPN 1	1 mm	11,53 %	88,46 %	
KPN 2	2 mm	23,31 %	76,68 %	
KPN 3 3 mm		35,37 %	64,62 %	

### 3.3.2. Persiapan Pembuatan sampel

Berikut ini adalah tahapan pembuatan sampel:

- 1. Mempersiapkan *Unsaturated Polyester* yang akan digunakan.
- 2. Mempersiapkan serat alam sebagai material penguat (*reinforcement*) yaitu serat daun nanas
- 3. Memisahkan serat daun nanas dengan material yang terkandung pada daun nanas, yaitu dengan cara :
  - a. Daun nanas selanjutnya di serut menggunakan sendok makan (secara manual) untuk memisahkan serat yang berada pada bagian dalam daun nanas.
  - b. kemudian serat yang sudah didapat dari daun di bersihkan dari sisa kotoran pada daun nanas.
  - c. Menjemur serat daun nanas dibawah sinar matahari hingga kering.

- 4. Mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan antara lain seperti timbangan digital, cetakan, stopwatch.
- 5. Merendam serat yang akan di gunakan menggunakan cairan NaOH sebanyak 5% dengan waktu perendaman selama 2 jam.
- 6. menjemur serat yang telah diberikan perlakuan NaOH selama 2 hari dibawah si matahari guna mengeringkan serat daun nanas.

## 3.3.3. Pembuatan Spesimen Uji

Berikut adalah langkah – langkah yang akan dilakukan dalam proses pembuatan komposit ini:

- 1. Membentuk serat alam yang telah diberikan perlakuan terhadap cairan NaOH menjadi satu ikatan dengan diameter 1 mm, 2 mm, 3 mm sesuai dengan jumlah spesimen yang akan dibuat.
- 2. Menimbang *Unsaturated polyester* menggunakan timbang digital, dengan mencampur polyester dengan katalis sebanyak 95%:5%
- 3. Mencampurkan material yang akan digunakan dalam pembuatan komposit yaitu dengan meletakan susunan ikatan serat alam (*bundle*) ditengah cetakan, kemudian dilanjutkan dengan menuangkan resin *polyester* dengan sangat perlahan guna menghindari *void*.
- 4. Setelah dipastikan tidak ada void, benda uji dipanaskan dengan temperatur 75°C selama 2 jam dalam oven, setelah itu didiamkan didalam oven hingga specimen uji mencapai temperatur ruang.
- 5. Selanjutnya material uji yang sudah dikelurkan dari oven dilakukan pemotongan sesuai geometri spesimen pengujian *debonding*.

### 3.3.4. Pengujian Debonding

Setelah material uji selesai menjalani proses pembuatan, maka langkah selanjutnya yang akan dilakukan adalah pengujian *debonding*. Pengujian *debonding* adalah lepasnya ikatan antara serat dan matrik saat diberikan beban tarik, pengujian ini dilakukan dengan metode uji tarik. Data yang akan diambil dalam pengujian *debonding* dapat dilihat pada table 12.

Tabel 12 merupakan format data hasil pengujian *debonding* yang akan diperoleh.

Tabel 12. Format Data Hasil Pengujian

Data	No	D (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Load (N)	σMax (MPa)	Emax (%)
	1					
KPN 1	2					
	3					
	Rat	a - rata				
S	Standa	ar Devias	si			
	1					
KPN 2	2					
	3					
	Rata	a - rata				
S	Standa	ar Devias	si			
	1					
KPN 3	2					
	3					
	Rata - rata					
S	Standar Deviasi					

## 3.4. Diagram Alir Penelitian

Dibawah ini merupakan diagram alir yang akan dilakukan pada penelitian ini, adalah sebagai berikut:

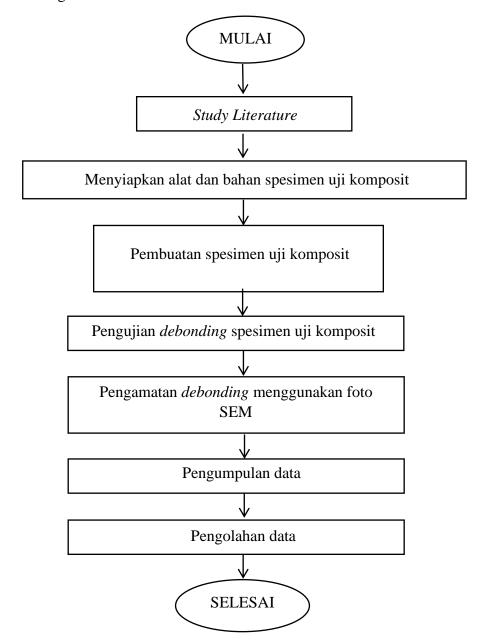


Diagram Alir 1. Proses penelitian

### 3.5. Diagram Alir Proses Pembuatan Komposit

Berikut ini merupakan diagram alir yang akan dilakukan pada proses pembutan sampel uji:

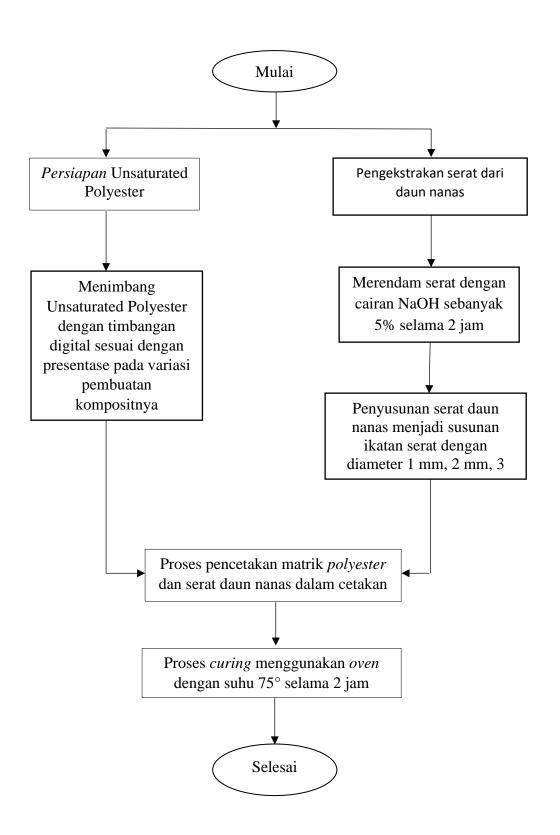


Diagram Alir 2. Proses Pembuatan Sampel

#### V. PENUTUP

## 5.1. Simpulan

Adapun simpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut;

- Variasi ukuran diameter serat nanas 1 mm memiliki nilai rata rata tengangan tarik yang lebih baik jika dibandingkan dengan variasi ukuran diameter serat nanas 2 mm dan 3 mm. Oleh karena itu semakin kecil ukuran diameter susunan ikatan serat makan semakin tinggi ikatan yang terjadi pada komposit tersebut.
- 2. Pada komposit polyester dengan serat daun nanas dapat diketahui bahwa kekuatan bonding yang terjadi sangat baik karena debonding yang terjadi ketika pengujian dilakukan tidak dapat dilihat secara langsung dengan kasat mata, hal ini membuktikan adhesivitas yang terjadi antara matrik polimer dengan serat alam sangat tinggi.
- 3. Dari hasil pengamatan Scanning Electron Microscop dapat diketahui lebih jelas bahwa semakin kecil diameter susunan ikatan serat makan semakin kecil rongga yang terdapat pada ikatan antara matrik dan serat sehingga ikatan bonding menjadi lebih baik dan kekuatan tarik komposit dapat lebih tinggi, hal ini terjadi karena pada serat dengan dimeter yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang mampu mendapat lebih banyak kontak dengan matrik sehingga ikatan pada matrik dan serat dapat menjadi lebih baik dan kekuatan bonding pada komposit dapat menjadi lebih tinggi.

### 5.2. Saran

Adapun beberapa saran yang akan diberikan pada penelitian tugas akhir ini untuk mendapatkan hasil yang lebih baik yaitu :

- 1. Pada semua proses pembuatan spesimen komposit harus dilakukan dengan dengan cermat dan tepat, agar hasil yang diperoleh dalam pembuatan spesimen komposit dapat optimal.
- 2. Untuk jenis pengujian ini sebaiknya menggunakan fraksi massa karena diameter pada susunan serat tentu memiliki rongga sehingga penggunaan fraksi volume pada jenis penelitian ini kurang tepat.
- 3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mencoba variasi jenis serat lainnya untuk memperkaya letirasi pada jenis pengujian *debonding* ini, sehingga hasil pengujian ini memiliki data pembanding lainnya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arsyad, Muhammad., 2019. Pengaruh Perendaman Alkali, Kalium Permanganat, dan Hidrogen Peroksida terhadap Perubahan Diameter Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Billmeyer, F.W., 1984. *Textbook of polimer Sciense, 3rd Edition*. F. John Willey and Sons, inc. Singapore.
- Bismarck, A, dkk., 2002. Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibres: Surface Properties and the Water Uptake Behavior Polymer Composite. Vol 23, no. 5.
- Callister, William J., 2009. *Materials Science and Engineering An Introduction*, 8th *Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, Hoboken.
- Diharjo, Kuncoro., 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Vol. 8, No. 1. Jurusan Teknik Mesin
- George., 2005. *Mechanics of Composite Materials with MATLAB*. Los Angles: Springer.
- Gibson, R.F., 1994. *Principle of Composite Material Mechanics*. McGraw-Hill International Book Company. New York.
- Gunawan, Fergyanto E., 2018. *Static and Dynamic Debonding Strength of Bundled Glass Fibers*. Binus University.
- Gunawan, Yuspian., dkk., 2016. Analisa pengaruh Ukuran Diameter Serat Tangkai sagu Terhadap Sifat Mekanik Pada Material Komposit. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo.

- Handayani, Hani., Adi Cifriadi, Aniek S. H, M. Chalid, Riana Herlina, Shirley Savetlana., 2018. *Sintesis dan Karakteroisasi Komposit Karet Alam atau Selulosa Dengan Variasi Jenis Selulosa*. Jurnal Penelitian Karet.
- Humeiri, Arif., 2013. Pengaruh Konsentrasi Alkali Dan Diameter Serat Terhadap Kuat Geser Rekatan Pada Antar Muka Serat Ijuk Aren (Arengapinnata)/Poliester. Yogyakarta.
- Jones, M. R., 1975. *Mechanics of Composite Material*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- K. Van Rijswijk, M.Sc. et.al., 2001. Natural Fiber Composites Structure and Materials. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delfi University of Technology.
- Kuncoro, Diharjo., 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Vol. 8, No. 1.
- Kusumastuti, Adhi., 2009. *Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*. Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi, Universitas Negeri Semarang.
- Lesiana, Yanuari Ningrum., 2017. Potensi Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif
  Bahan Komposit Pengganti Fiberglass Pada Pembuatan Lambung Kapal.
  Skripsi Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Lokantara, Putu., Ngakan Putu Gede Suardana., 2007. Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanik komposist tapis kelapa, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM. Vol. 1, No. 1, 15–21.
- Mahmuda, Efri., 2013. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Dengan Matrik Epoxy. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.
- Muhajir, Muhammad., 2016. Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposit Matrik Resin Berpenguat Serat Alam Dengan Berbagai Varian Tata Letak. Jurnal Teknis Mesin Universitas Negeri Malang, No. 24.

- Mujiyono., Didik Nurhadiyanto., 2006. *Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Penguat Material Komposit*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
- Munandar, Imam., dkk., 2013. *Kekuatan Tarik serat Ijuk*. Jurnal Ilmiah Universitas Lampung
- Nayiroh, Nurul., 2013. *Klasifikasi Komposit Metal Matrix Composite*. Teknologi Material Komposit: Indonesia.
- Niu, H., 2001. Analitical Modeling on Debonding Failure of FRP-Streng thened RC Flexural Structure. Hitachi: Ibaraki University, Japan.
- Nugroho, Deny Sulistyo., 2016. Sifat Mekanik Komposit Serat Tangkai Ilalang Sebagai Bahan Panel Ramah lingkungan. Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nurudin, A., Sonief, A.A., Atmodjo, W.Y., 2011. Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Kulit Waru (Hibiscus Tiliaceus) Kontinyu Laminat Dengan Perlakuan Alkali Bermatrik Polyester. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.2, No.3.
- Pramono, A., 2008, *Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan*. Fakultas Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Rodiawan dkk., 2016. *Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik*. Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, Vol. 5 No. 1.
- Schwartz, M. M., 1984. *Composite Materials Handbook*. NewYork: McGraw-Hill Inc.
- Sghaier, Ben, A. E. O., Chaabouni, Y., Msahli, S., & Sakli, F., 2012. *Morphological and Crystalline Characterization of NaOH and NaOCl Treated Agave Americana L. fiber*. Industrial Crops and Products, 36 (1), 257–266.

- Sriwita, Delni., Astuti., 2014. Pembuatan Dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nanas-Polyester ditinjau Dari Fraksi Massa Dan Orientasi Serat. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.
- Sujatno, Agus., 2015. "Studi Scanning Electron Microscopy (*SEM*) Untuk Karakterisasi Proses Oxidasi Paduan Zirkonium", Jurnal Forum Nuklir, Volume 9, Nomor 2.
- Supriyatna, A, dkk. 2018. Pengembangan Komposit Epoxy Berpenguat Serat Nanas Untuk Aplikasi Interior Mobil. Universitas Pancasila.
- Sulistijono., 2013. Mekanika Material Komposit. Surabaya: ITS.
- Surdia, T. dan Shinroku, S., 1995. *Pengetahuan Bahan Tekhnik*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Susanto, Agus, Zerro., 2018. Waste Management PT Great Pineapple (GGP)

  Lampung Indonesia. Jurnal Asosiasi Program Pascasarjana Perguruan Tinggi

  Muhammadiyah, ISBN; 978-602-10568-5-4.
- Vlack, V., 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga, Jakarta.
- Widodo, B., 2008. Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random) Institut Teknologi Nasional Malang.
- Williams, T., Hosur, M., Theodore, M., Netravali, a., Rangari, V., & Jeelani, S. 2011. *Time effects onmorphology and bonding ability in mercerized natural fibers for composite reinforcement*. International Journal of Polymer Science.
- Zulfikar., Analisa Eksperimental Modulus Elastisitas Bahan Komposit Glass Fiber Reinforced Plastic (GFRP) Berdasarkan Variasi Diamter Serat Akibat Beban Impak Laju Regangan Tinggi. Magister Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara.