

TUGAS AKHIR

**INVESTIGASI KEKUATAN BENDING MATERIAL
KOMPOSIT BERPENGUAT SERBUK SERAT DAUN NANAS
(ANANAS COMOSUS)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

EKI ANDRIANSYAH
2107230094



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Eki Andriansyah
NPM : 2107230094
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Investigasi Kekuatan Bending Material Komposit
Berpenguat Serbuk Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*)
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



H. Muhamrif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji III



Iqbal Tanjung, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Eki Andriansyah
NPM : 2107230094
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 11 Agustus 2002
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“INVESTIGASI KEKUATAN BENDING MATERIAL KOMPOSIT BERPENGUAT SERBUK SERAT DAUN NANAS (*ANANAS COMOSUS*)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis akhir secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / keserjanaan saya.

Dengan surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan manapun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Agustus 2025



Eki Andriansyah

ABSTRAK

Perkembangan teknologi hijau berkelanjutan telah meningkat akhir-akhir ini, terutama pada industri komposit polimer. Serat alam semakin banyak dimanfaatkan sebagai penguat komposit karena sifatnya yang ramah lingkungan, ringan, dan memiliki kekuatan mekanik cukup baik. Diantara serat alam serat daun nanas terdiri dari sekitar 80% selulosa, 6–12% hemiselulosa, dan 5–12% lignin. Selulosa, yang merupakan komponen struktural utama dinding sel tumbuhan tinggi. Pemanfaatan daun nanas sebagai bahan penguat komposit merupakan solusi potensial dalam meningkatkan nilai limbah organik dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi kekuatan bending material komposit berpenguat serbuk serat daun nanas dengan perlakuan kimia menggunakan larutan NaOH. Variasi waktu perendaman (1, 3, 5, 7, dan 9 jam) diterapkan untuk menginvestigasi kekuatan lentur, dan modulus lentur. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan NaOH berpengaruh signifikan terhadap peningkatan sifat mekanik, dengan performa optimal pada perendaman 3 jam (beban tekan 463,23 N, elongasi 2,0305 mm, flexural strength 390,85 MPa, dan flexural modulus 220.864,2 MPa). Perendaman lebih dari 5 jam menurunkan performa akibat degradasi serat. Secara keseluruhan, serbuk serat daun nanas yang diperlakukan secara alkali menunjukkan potensi besar sebagai bahan alternatif penguat komposit ramah lingkungan untuk aplikasi struktural ringan.

Kata kunci: Serat daun nanas, Perlakuan alkali (NaOH), Komposit, Uji bending.

ABSTRACT

The development of sustainable green technology has increased in recent years, especially in the polymer composite industry. Natural fibers are increasingly utilized as composite reinforcements due to their environmentally friendly nature, lightweight properties, and fairly good mechanical strength. Among them, pineapple leaf fiber consists of approximately 80% cellulose, 6–12% hemicellulose, and 5–12% lignin. Cellulose, as the main structural component of the primary cell wall of higher plants, plays a crucial role. The utilization of pineapple leaf waste as a composite reinforcement material represents a potential solution to enhance the value of organic waste and support environmental sustainability. This research aims to investigate the bending strength of composite materials reinforced with pineapple leaf fiber powder treated with an alkali solution (NaOH). Various immersion times (1, 3, 5, 7, and 9 hours) were applied to determine their effects on flexural strength and modulus. The results indicate that NaOH treatment significantly influences the improvement of mechanical properties, with optimal performance achieved at 3 hours of immersion (compressive load 463.23 N, elongation 2.0305 mm, flexural strength 390.85 MPa, and flexural modulus 220.864.2 MPa). Immersion longer than 5 hours decreased performance due to fiber degradation. Overall, pineapple leaf fiber powder treated with alkali demonstrates strong potential as an alternative eco-friendly composite reinforcement for lightweight structural applications.

Keywords: *Pineapple leaf fiber, alkali treatment (NaOH), Composite, Bending test*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul *“Investigasi Kekuatan Bending Material Komposit Berpenguat Serbuk Serat Daun Nanas (Ananas Comosus)”*.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus kepada:

1. Bapak Iqbal Tanjung S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar S.T.,M.T Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Secara khusus kedua orang tua penulis: Bapak Suwanto dan Ibu Juliana, dimana mereka berdua telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta memberikan semangat dan doa yang tulus tiada putus sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
7. Abang dan kakak penulis, Eko Suhendra, Dewi Purnama Sari, Eka Ramayani, Aditia, yang mana telah banya mendukung dan memotivasi penulis.
8. Kepada seseorang yang tidak kala pentingnya, pemilik NIM 0705213029 sebagai mitra istimewa saya, yang telah menjadi sumber inspirasi, dukungan emosional, dan motivasi yang tiada henti dalam penulisan proposal tugas akhir

ini. Kehadiranmu di setiap proses, menjadi kekuatan besar bagi saya untuk terus melangkah maju dalam segala hal dalam meraih impian saya.

9. Rekan-rekan yang tergabung dalam TEAM PACU yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
10. Rekan-rekan seperjuangan yang tergabung dalam penelitian ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu teknik mesin.

Medan, 22 Agustus 2025



Eki Andriansyah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Investigasi dalam Penelitian	5
2.2 Tumbuhan Nanas (<i>Ananas Comosus L Merr</i>)	5
2.2.1 Pengertian	5
2.2.2 Serat Daun Nanas (<i>Pineapple-leaf fibres</i>)	6
2.2.3 Sejarah Tumbuhan Nanas	6
2.2.4 Klasifikasi Tumbuhan Nanas	7
2.1.5 Produksi Nanas di Indonesia	9
2.3 Komposit	10
2.3.1 Pengertian Komposit	10
2.3.2 Sejarah Komposit	10
2.3.3 Penyusun Komposit	11
2.3.4 Klasifikasi Komposit	13
2.4 Penggunaan Serbuk Sebagai Pengisi Komposit	15
2.5 Perbaikan Serat Alam Menggunakan Perlakuan Alkali (NaOH)	16
2.5.1 Perbaikan Serat	16
2.5.2 Metode Perbaikan Sifat Fisik Serat Alam	17
2.6 Pengujian Bending	17
2.6.1 Standar Pengujian Bending	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.1.1 Tempat Penelitian	20
3.1.2 Waktu Penelitian	20
3.2 Bahan dan Alat	21
3.2.1 Bahan Penelitian	21
3.2.2 Alat Penelitian	22
3.3 Bagan Alir Penelitian	25

3.4 Rancangan Penelitian	26
3.5 Prosedur Penelitian	26
3.5.1 Pengambilan Serat dan Perbaikan Sifat Fisik	27
3.5.2 Pembuatan Material Komposit	27
3.5.3 Pengujian Bending Material Komposit	28
3.6 Variabel Penelitian	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Spesimen Hasil Pengujian Bending	29
4.2 Hasil Pengujian Bending Material Komposit	33
4.3 Investigasi Potensi Pengembangan Material Alternatif	33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
Lampiran 1. SK Pembimbing	
Lampiran 2. Lembar Asistensi Tugas Akhir	
Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian	
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu kegiatan penelitian	20
Tabel 4.1 Hasil beban tekan	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tumbuhan nanas	5
Gambar 2.2 Morfologi tanaman nanas	8
Gambar 2.3 Komponen penyusun komposit	12
Gambar 2.4 Komposit partikel	14
Gambar 2.5 Komposit serat	15
Gambar 2.6 Komposit lapis	15
Gambar 2.7 Uji bending dengan 3 titik (<i>Three point bending</i>)	18
Gambar 3.1 Serbuk serat daun nanas	21
Gambar 3.2 Mold release wax	21
Gambar 3.3 Alkali NaOH	22
Gambar 3.4 Resin epoxy	22
Gambar 3.5 Cetakan spesimen	22
Gambar 3.6 Timbangan digital	23
Gambar 3.7 Gunting	23
Gambar 3.8 Blender	23
Gambar 3.9 Kuas	24
Gambar 3.10 Mesin uji bending	24
Gambar 3.11 Bagan alir penelitian	25
Gambar 3.12 Rancangan penelitian	26
Gambar 4.1 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending (TS)	29
Gambar 4.2 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending (TP)	30
Gambar 4.3 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending 1 jam	30
Gambar 4.4 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending 3 jam	31
Gambar 4.5 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending 5 jam	31
Gambar 4.6 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending 7 jam	32
Gambar 4.7 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending 9 jam	32
Gambar 4.8 Grafik beban tekan	34
Gambar 4.9 Grafik <i>flexural strength</i>	35
Gambar 4.10 Titik daerah linier spesimen tanpa serat (TS)	37
Gambar 4.11 Titik daerah linier spesimen tanpa perlakuan (TP)	38
Gambar 4.12 Titik daerah linier spesimen 1 jam perendaman	38
Gambar 4.13 Titik daerah linier spesimen 3 jam perendaman	39
Gambar 4.14 Titik daerah linier spesimen 5 jam perendaman	39
Gambar 4.15 Titik daerah linier spesimen 7 jam perendaman	40
Gambar 4.16 Titik daerah linier spesimen 9 jam perendaman	41
Gambar 4.17 Grafik <i>flexural modulus</i>	42

DAFTAR NOTASI

σ_f	= Kekuatan bending (Mpa)
F	= Beban yang diberikan (N)
L	= Support span (mm)
b	= Lebar spesimen (mm)
d	= Tebal spesimen (mm)
E_f	= Modulus bending (Mpa)
m	= Kemiringan kurva (N/mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komposit sudah lama diaplikasikan pada peralatan guna mempermudah kehidupan manusia. Komposit merupakan kombinasi antara dua atau lebih material untuk mendapat sifat antara kedua atau lebih material tersebut. Komposit memiliki kelebihan antara lain ringan, kaku dan tahan lama. Penggunaan komposit di industri mampu mereduksi penggunaan bahan logam import yang lebih mahal dan mudah terkorosi. Penggunaan material komposit berpenguat serat alam mempunyai nilai perpaduan dua sifat dasar yakni kuat dan ringan. Unsur pembentuk komposit adalah matrik dan penguat. Matrik yang umum digunakan adalah polimer berbahan resin dan penguat serat sintetis berbahan dasar serat karbon. Namun, penggunaan kedua jenis material tersebut akan mengakibatkan masalah bagi lingkungan karena sulitnya terdegradasi oleh alam. Penggunaan serat alam merupakan usaha yang dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan karena mudahnya terurai di lingkungan secara alami. Selain itu penggunaan serat alam ini mempunyai beberapa kelebihan antara lain: mudah didapat, jumlahnya berlimpah dan dapat diperbaharui. (Rodiawan dkk., 2017)

Pada beberapa tahun terakhir ini, kecenderungan perkembangan material komposit bergeser pula pada penggunaan serat alam kembali *back to nature* sebagai pengganti dari serat sintetis. Hal ini didukung oleh beberapa keunggulan yang dimiliki serat alam, antaranya ialah massa jenis yang rendah, terbarukan, produksi memerlukan energi yang lebih rendah, proses yang ramah, serta mempunyai sifat insulasi dan akustik yang baik. (Supriyanto, 2021). Serat alam menjadi alternatif filter komposit untuk berbagai komposit polimer karena keunggulannya. Jika dibandingkan antara serat alam dengan serat sintetis didapat dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, sedangkan serat sintetis diperoleh bahan baku dari proses kimia seperti serat karbon. (Siagian dkk., 2024). Salah satu serat alam yang banyak dan berlimpah yang terdapat di Indonesia ialah serat daun nanas. (Fiqri dkk., 2017). Serat daun nanas berpotensi dapat digunakan sebagai bahan komposit. Daun nanas terdiri dari sekitar 80% selulosa, 6-12%

hemiselulosa, dan 5-12% lignin. (Gaba dkk., 2021). Selulosa merupakan bentuk biomassa global yang melimpah dan memiliki beragam aplikasi di berbagai industri modern. Berfungsi sebagai polimer alami, selulosa terdiri dari rantai panjang yang dibentuk oleh ikatan molekul-molekul kecil, dengan D-glukosa terikat- β dan gula sebagai penyusunnya.(Sethupathi dkk., 2024).

Tanaman nanas (*Ananas Comusus*) termasuk kedalam famili *Bromeliaceace* ialah tumbuhan tropis dan subtropis yang banyak terdapat di negara Filipina, Brazil, Hawaii, India serta Indonesia. Di Indonesia tanaman ini terdapat di berbagai daerah antaranya Subang, Majalengka, Purwakarta, Purbalingga, Bengkulu, Lampung dan Palembang yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi. (Supriyanto, 2021). Pada umumnya daun nanas dikembalikan ke lahan untuk digunakan sebagai pupuk. Serat daun nanas merupakan serat yang diambil dari daun nanas, memiliki *selulosa* ataupun *non selulosa*. Lapisan luar daun berupa pelepah yang terdiri atas sel kambium, zat pewarna yaitu *klorofil*, *xanthophyl* dan *carotene* yang merupakan komponen kompleks dari jenis tanin, serta *lignin* yang terdapat di bagian tengah daun. Selain itu *lignin* juga terdapat pada lamela dari serat dan dinding sel serat. Pemanfaatan serat daun nanas sebagai serat penguat material komposit akan mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah perekebunan tanaman nanas terutama di Indonesia. (Fiqri dkk., 2017). Tanaman nanas dewasa dapat menghasilkan 70 – 80 lembar daun atau 3 – 5 kg dengan kadar air 85%. Setelah panen bagian yang menjadi limbah terdiri atas daun 90%, tunas batang 9% dan batang 1%. (Lesiana dkk., 2017). Serat alam sangat berkembang pesat terutama di dunia teknik, perkembangan ini juga menimbulkan penemuan serat serat alam yang memiliki kualitas yang baik. Perkembangan teknologi bahan saat ini semakin pesat, menjadi faktor utama dalam pemenuhan kebutuhan bahan dengan karakteristik tertentu. Seiring dengan kemajuan teknologi, maka saat ini telah banyak digunakan dari bahan komposit dengan serat alam. Potensi serat alam ini didukung oleh beberapa keunggulan serat organik, antara lain, densitas yang rendah, ramah lingkungan, *biodegradable*, ketersediaan yang melimpah, ketangguhan yang tinggi, proses penyiapan yang relatif mudah, harga bahan baku

yang relatif murah, dan mengurangi konsumsi energi pabrikan. (Mulyo & Yudiono, 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut pengembangan daun nanas sebagai serat penguat bahan komposit merupakan topik riset yang sangat menarik. Mengingat ketersediaan yang melimpah dan memiliki karakteristik yang cukup baik. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk, menganalisis kekuatan bending pada bahan komposit berpenguat serat alam daun nanas (*Ananas comosus*) yang telah di proses menjadi serbuk dan telah di lakukan perbaikan sifat fisik dengan melakukan perendaman yang telah di tentukan menggunakan natrium hidroksida (NaOH).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kekuatan bending terhadap penambahan serbuk serat daun nanas.
2. Bagaimana pengaruh lama variasi perendaman 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, 9 jam dengan zat kimia natrium hidroksida (NaOH) terhadap kekuatan bending.
3. Apakah material komposit serbuk serat daun nanas memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai alternatif dengan kekuatan bending yang memadai.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah riset berfokus kepada pembuatan bahan komposit berpenguat serbuk serat daun nanas dengan pencampuran resin berjenis epoxy. Serbuk serat daun nanas yang akan digunakan pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan perbaikan sifat fisik dengan menggunakan perlakuan alkali (NaOH) dengan persentasi 5% dengan variasi waktu perendaman 1 jam, 3 jam, 5 jam, 7 jam, dan 9 jam. Persentase matriks dan fiber ialah 60% matriks dan 40% fiber. Pada penelitian ini menggunakan pengujian bending dengan standar bentuk spesimen ASTM D3410 dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM)

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kekuatan bending terhadap penambahan serbuk serat daun nanas.
2. Untuk mengetahui dan menganalisis kekuatan bending dari bahan komposit berpenguat serbuk serat daun nanas dengan variasi perendaman NaOH.
3. Untuk menginvestigasi potensi pengembangan material komposit serbuk serat daun nanas sebagai material alternatif berdasarkan nilai kekuatan bendingnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Didapat dan tersedianya bahan komposit berpenguat serat serbuk daun nanas
2. Diketuinya kekuatan bending pada bahan komposit berpenguat serbuk serat daun nanas
3. Dapat mengetahui variasi waktu terbaik perendaman pada perlakuan kimia Natrium Hidroksida (NaOH).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Investigasi dalam Penelitian

Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) investigasi adalah penyelidikan dengan mencatat atau merekam fakta melakukan peninjauan, percobaan, dan sebagainya, dengan tujuan memperoleh jawaban atas pertanyaan. Investigasi dalam karya tulis ialah struktur yang fundamental dalam penulisan dan harus direncanakan secara cermat sebelum penelitian dimulai. Bagian-bagian selanjutnya akan mengelaborasi komponen utama disertasi terkait tujuan, maksud penelitian, atau hipotesis. (Clavel,dkk, 2019)

2.2 Tumbuhan Nanas (*Ananas comosus* L Merr)

2.2.1 Pengertian

Nanas merupakan buah-buahan yang cukup populer dengan rasa buahnya yang manis, dengan bentuk yang khas, tanaman ini termasuk famili *bromeliaceace* yang terbesar diseluruh dunia. Nama ilmiah dari tanaman nanas yaitu *Ananas Cosmosus*, yang pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. (Supriyanto, 2021). Selain itu nanas adalah buah tropis yang telah dibudidayakan di seluruh wilayah Asia Tenggara. (Malik & Rasyid, 2023) Sistem perakaran nanas bersifat serabut, menopang batang yang tebal dan beruas – ruas pendek (Lubis, 2020). Permukaan daun nanas bertekstur kasar akibar duri – duri yang mengarah ke ujung daun. Buah nanas, yang secara botani dikenal sebagai buah majemuk, memiliki bentuk silinder, dan dimahkotai oleh daun – daun uang tersusun spiral. (Aeni et al., 2022)



Gambar 2.1 Tumbuhan Nanas (Rina, 2021)

2.2.2 Serat Daun Nanas (*Pineapple-leaf fibres*)

Di antara banyak serat tanaman, serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) yang dianggap sebagai limbah pertanian, telah menunjukkan sifat yang menjanjikan untuk penguatan polimer berdasarkan literatur. Serat terdiri dari sekitar 80% selulosa, 6–12% hemiselulosa, dan 5–12% lignin. Selulosa, yang merupakan komponen struktural utama dinding sel tumbuhan tinggi. Selulosa, konstituen terbesar, terdapat dalam dua bentuk berbeda, fase kristal dan fase amorf. Dalam fase kristal, terdapat berkas mikrofibril, yang terbuat dari rakitan (1–4) β Rantai D-glukan yang terikat kuat oleh hidrogen. Fase amorf terdiri dari selulosa dan hemiselulosa yang tersusun secara acak, yang berkontribusi secara tidak signifikan terhadap kekakuan struktural dan mekanis serat. Oleh karena itu, beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa fase amorf dihilangkan melalui hidrolisis yang menyebabkan tingkat kristal yang lebih tinggi dengan tujuan akhir untuk meningkatkan kekakuan serat. (Gaba dkk., 2021). Di antara berbagai serat daun tanaman, kandungan selulosa tertinggi dan sudut mikrofibrilar rendah ditemukan di serat daun nanas, yang terutama berkontribusi pada kinerja tariknya yang unggul. Selain itu, kekuatan spesifik mekanis dan modulus serat daun nanas sebanding dengan beberapa serat kaca dan dapat diaplikasikan dalam pembuatan komposit polimer yang diperkuat. Secara umum, karena bahan baku yang melimpah, harga rendah, komposisi kimia yang baik, sifat mekanis yang baik dan biodegradabilitas, serat daun nanas dapat digunakan sebagai bahan penguat komposit yang baik di berbagai industri. (Hanyue dkk., 2024). Serat daun nanas yang memiliki kandungan selulosa tipe 1 yang tinggi dan sudut mikrofibrilar yang lebih rendah daripada serat selulosa kapas, dalam hal ini memberikan kekuatan mekanik yang besar. (Sustainability et al., 2022). Penggunaan serat daun nanas sebagai bahan komposit merupakan salah satu alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah, dimana serat daun nanas ini sudah terkenal akan kekuatannya seperti aluminium (Daulay, dkk., 2014).

2.2.3 Sejarah Tumbuhan Nanas

Ananas comosus (L.) Merr atau yang lebih dikenal dengan nanas merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Selatan dan Paraguay (Debnath dkk.,

2012).(Aeni dkk., 2022). Tanaman nanas telah menyebar ke seluruh dunia, terutama pada wilayah khatulistiwa yang antara 25° LU dan 25° LS.(Azhari, 2021). Orang – orang eropa pertama kali mengenal nanas di dunia ketika penjelajah Italia Christopher Columbus dan krunya mendarat di pulau Guadeloupe dalam pelayaran keduanya ke dunia baru pada tanggal 4 November 1493 (Collins, 1949; Coppens d'Eeck-enbrugge et al., 1997). Seabad kemudian, nanas terlihat tumbuh di Tiongkok (Tahun 1594; Joy and Anjana, 2016). Nanas di Inggris sangat mahal dan diminati sehingga terkadang disewa untuk dipajang di jamuan makan bergengsi (e.g., Bauman, 2005; O'Hagan, 2020). Status mewah dan daya tarik nanas selama abad ke-18 dan ke-19 membantu memahami kemunculannya yang meluas sebagai motif dekoratif dalam segala hal mulai dari tiang gerbang hingga kertas dinding (e.g., Bauman, 2005; Gohmann, 2018). Namun, selama beberapa abad terakhir nanas tersedia secara luas. Pengenalan kapal uap pada dekade awal abad ke-19 memungkinkan transportasi buah yang lebih cepat dan teratur, sehingga memastikan banya kargo tiba dalam kondisi yang memuaskan untuk dipasarkan. (Spence, 2023). Menurut sejarah tanaman nanas ini dibawa ke indonesia oleh para pelaut bangsa Spanyol dan Portugis sekitar tahun 1599. Di Indonesia tanaman ini sudah banyak dibudidayakan, terutama di pulau jawa dan sumatera. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua kali atau tiga kali panen untuk diganti tanaman yang baru (Supriyanto, 2021)

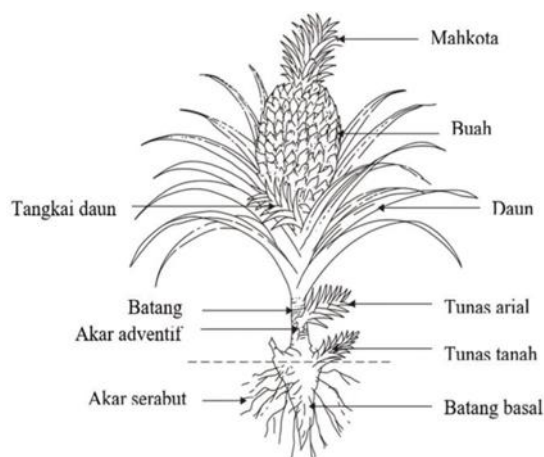
2.2.4 Klasifikasi Tumbuhan Nanas

Klasifikasi adalah salah satu studi yang paling kompleks. Ini karena berbagai macam jenis, seperti nanas misalnya bisa berbeda dengan nanas lain dalam hal ukuran, warna, tekstur, bentuk dan lainnya. Selain kesamaan bentuk, ukuran dan warna antara jenis buah juga menambah kompleksitas dalam proses klasifikasi buah. (Azhari, 2021)

Nanas (*Anananas comosus* (L) Merr) adalah satu – satunya anggota (*terestial*) dari keluarga *Bromeliaceace* yang menghasilkan buah yang penting secara komersil. Nanas bersama dengan anggota genus *Ananas* lainnya, dapat dibedakan dari genus lain dalam keluarga tersebut berdasarkan morfologi buah, dan dari genus *Pseudananas* yang berkerabat dekat dengan nanas melalui

keberadaan mahkota yang mencolok dibagian atas buah (yang membantu menangkap air hujan). Selama bertahun – tahun, kultivar nanas-apel yang paling penting secara komersil adalah *smooth cayenne*. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, varietas ini telah digantikan oleh kultivar *Gold* (atau dikenal sebagai MD2; Zemlicka et al., 2013). Saat ini terdapat lebih dari 100 kultivar nanas di sekuruh dunia. Hal tersebut dapat dibagi menjadi lima kategori/kelompok menurut karakter ekonominya, yaitu Cayenne (daun halus, tidak berduri, buah besar), Queen (daun pendek berduri tajam, buah lonjong mirip kerucut), Spanyol/Spanish (daun panjang kerdil, berduri halus sampai kasar, buah bulat dengan mata datar) dan Abacaxi (daun panjang berduri kasar, buah silindris atau seperti piramida). Maipure (daun halus, buah sedang-besar, bentuk buah silindris, warna kulit kuning atau oranye). Kultivar nanas yang paling bernilai secara ekonomi di seluruh dunia ialah Cayenne, Spanish, dan Queen. (Spence, 2023).

Tanaman nanas mempunyai nama botani *Ananas comosus* L Merr. Klasifikasi dari tanaman tersebut ialah tanaman nanas termasuk dalam kerajaan *Plantae* (tumbuhan), dan menunjukkan tanaman nanas adalah tumbuhan berbiji (*Spermatophyte*) yang artinya kelompok tumbuhan yang bereproduksi melalui biji. Nanas tergolong dalam sub-divisi (*Angiospermae*) yaitu bijinya tertutup dilapisi oleh buah, dalam tingkatan kelas nanas diklasifikasikan (*Dicotyledonae*) tumbuhan yang memiliki dua daun lembaga pada bijinya, dan sub-kelasnya (*Magnoliales*) yaitu tumbuhan yang berbunga. Nanas berada dalam famili *Bromeliaceae* dan mengelompokkan tanaman nanas sebagai spesies dan spesies ini merupakan identitas khusus bagi tanaman nanas. (Supriyanto, 2021)



Gambar 2.2 Morfologi tanaman nanas (Aeni dkk, 2022)

2.2.5 Produksi Nanas di Indonesia

Indonesia merupakan negara tropis yang kaya akan berbagai buah – buahan, keuntungan alami ialah iklim tropis di Indonesia, sehingga dapat dibuat sebagai salah satu produsen buah tropis di dunia. (Azhari, 2021). Produksi nanas di Indonesia lima tahun terakhir tumbuh positif 12,89% per tahun. Pada tahun 2022 merujuk pada Angka Tetap Direktorat Jenderal Hortikultura produksi nanas Indonesia mencapai 2,89 juta ton, lebih tinggi 17,95% dari tahun 2021 sebesar 2,45 juta ton. Peningkatan tersebut merupakan sumbangan kenaikan luas panen sebesar 4,87% dan produktivitas sebesar 12,47%.

Budidaya tanaman nanas di Indonesia lima tahun terakhir (2018 – 2022) sebesar 71,92% berada di Luar Jawa atau luas panen sebesar 17,78 ribu hektar, dengan pangsa produksi mencapai 83,37% atau 1,79 juta ton nanas segar. Sentra utama produksi nanas di Luar Jawa adalah Provinsi Lampung dengan pangsa produksi sebesar 29,13% atau rata-rata menghasilkan 695,86 ribu ton per tahun. Selanjutnya Provinsi Sumatera Selatan yang per tahun menghasilkan 271,70 ribu ton atau berkontribusi 11,37% terhadap produksi nasional, diikuti Provinsi Riau menyumbang 8,05% atau produksi 192,26 ribu ton per tahun, Provinsi Sumatera Utara menyumbang 6,40% atau 152,98 ribu ton, dan Kalimantan Barat 3,84% atau produksi 91,86 ribu ton per tahun.

Pangsa produksi Pulau Jawa adalah sebesar 33,29% atau produksi per tahun rata-rata mencapai 715,73 ribu ton, dan sumbangan luas panen sebesar 28,08% atau seluas 6,94 ribu hektar. Tiga provinsi di Pulau Jawa menjadi sentra nanas, penyumbang terbesar Provinsi Jawa Tengah yang per tahun rata-rata memproduksi 252,07 ribu ton atau pangsa produksi 10,55%. Dua provinsi lain yakni Provinsi Jawa Timur dengan pangsa produksi 9,11% atau produksi mencapai 217,60 ribu ton, dan Provinsi Jawa Barat dengan kontribusi 8,92% atau produksi 213,12 ribu ton per tahun. Provinsi lainnya yaitu sebanyak 26 provinsi secara bersama-sama menyumbang 12,63% dengan produksi per tahun sebesar 301,78 ribu ton. (Darmawan, 2023)

Namun demikian, penggunaan daun nanas sangat terbatas sehingga terdapat limbah pertanian yang sangat besar setiap tahunnya. Limbah daun nanas sering berakhir di tempat pembuangan sampah, di mana banyak limbah diubah menjadi

metana dan gas rumah kaca, yang menyebabkan masalah lingkungan. Oleh karena itu, jika semua daun nanas dapat diekstraksi dan membuat komposit untuk produk, di satu sisi, dapat mengurangi limbah pertanian dan pencemaran lingkungan dari daun nanas, di sisi lain, dapat memproses lebih lanjut dan menghasilkan produk hijau dengan membuat bahan komposit serat alami dan mempromosikan perkembangan industri dan lingkungan yang harmonis.(Hanyue dkk., 2024)

2.3 Komposit

2.3.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah materi atau bahan yang terbuat dari dua atau lebih material yang tetap terpisah dan mempunyai perbedaan dalam level partikel yang lebih besar perbedaannya atau makroskopik selagi membentuk komponen tunggal (Yusuf Ali dkk, 2020). Komposit merupakan material yang terdiri dari dua gabungan atau lebih material penyusunnya, sifat masing-masing bahan berbeda antara satu sama lainnya, baik sifat fisika maupun sifat kimia dan tetap terpisah dalam hasil akhir material tersebut. Melalui percampuran tersebut akan didapatkan material komposit yang mempunyai sifat dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Jika campuran ini terjadi dalam skala makroskopis, maka disebut komposit, sedangkan bila terjadi dalam skala mikroskopis, maka disebut dengan paduan. Secara sederhana material komposit terdiri atas 2 komponen utama yakni Matrix dan Serat Reinforcement/filler (penguat). (Ali, 2022)

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan yang bisa diatur yang tinggi (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekuatan jenis (*modulus young/density*) yang lebih tinggi dari pada logam. (Fiqri dkk., 2017).

2.3.2 Sejarah Komposit

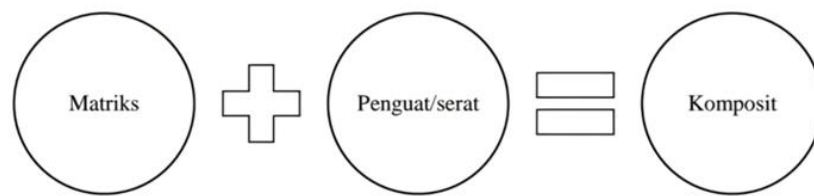
Material komposit telah mulai digunakan sejak tahun 1960 untuk aplikasi aerospace. Hal ini disebabkan karena ringan, biaya proses pembuatan yang mahal,

struktur komposit biasanya tipis, sehingga penelitian sifat mekanik masih terbatas. Dengan pengembangan metode baru dalam proses pembuatannya, seperti cetakan resin, ketebalan komposit dapat dihasilkan dengan harga yang relatif murah, yang membuat komposit lebih praktis, digunakan secara luas dalam aplikasi termasuk dalam struktur kapal laut (Eshkooor dkk., 2015),(Ajayan, Nature, & 2007, n.d.). (Arif dkk., 2018)

Sejak tahun 1970 kebanyakan serat yang dipakai pada komposit adalah serat sintesis seperti serat kaca, aramid, dan serat karbon karena serat sintesis tersebut memiliki sifat mekanik yang baik. Namun, serat sintesis memiliki sifatnya tidak ramah lingkungan karena sukar terdegradasi secara alami, serat sintesis merupakan bahan yang tidak terdekomposisi oleh mikro organisme pengurai, sehingga penumpukannya di alam dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan, oleh karena itu pengembangan komposit yang ramah lingkungan terus dilakukan. Serat alam merupakan solusi dari permasalahan tersebut karena serat alam dapat terurai dan dapat diperbaharui. Pengembangan dan aplikasi dari beberapa komposit serat alam telah dikaji oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti serat rami, kenaf, kelapa, sisal, hemp, dan serat jute (Caprino, Carrino, Durante, Langella, & Lopresto, 2015; Dedeepya, Raju, & Kumar, 2012; Dong et al., 2014). Dalam penggunaannya komposit serat alam telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti komponen otomotif, komponen pesawat terbang dan peralatan olah raga (Gu, Tan, Yang, & Zhang, 2014). (Tanjung, 2022).

2.3.3 Penyusun Komposit

Secara sederhana bahan komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Material komposit terdiri dari dua penyusun utama yaitu matrix dan penguat (*reinforcement/filler*). (Ali, 2022). Komposit ada dua jenis bahan utamanya yaitu, komposit partikel (*particulate composite*) dan komposit serat (*fiber composite*). Komposit partikel terdiri dari partikel yang terikat oleh matriks, sedangkan komposit serat, terdiri dari serat yang terikat oleh matriks. Susunan serat dalam komposit juga terbagi menjadi tiga yaitu: serat dengan susunan memanjang, putus-putus, dan anyam. (Badrussalam & Nurussyifa, 2024)



Gambar 2.3 Komponen penyusun komposit (Tamba, 2009)

Ada tiga faktor yang menentukan sifat - sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk.

Sifat-sifat instrik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya.

2. Susunan struktural komponen.

Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap-tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.

3. Interaksi antar komponen.

Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda (Sirait, 2010). (Fiqri dkk., 2017).

A. Matriks

Matriks dalam komposit berfungsi untuk melindungi dan mengikat serat sehingga dapat beroperasi secara optimal. Matriks juga berperan sebagai lapisan pelindung bagi serat. Biasanya, matriks terbuat dari bahan yang lunak dan fleksibel. Agar matriks dapat digunakan dalam komposit, ia harus mampu meneruskan beban. Matriks memiliki pengaruh yang signifikan dalam menentukan sifat mekanis komposit.

Matriks merupakan bagian terbesar dalam komposit yang memiliki volume atau fraksi terbesar. Fungsinya dalam komposit ialah:

1. Mendistribusikan tegangan secara merata ke serat.
2. Menjaga serat tetap berada pada posisinya.
3. Melindungi serat dari kerusakan mekanik langsung.
4. Memastikan stabilitas struktur setelah proses manufaktur.

Dalam komposit, matriks berperan untuk menyebarkan beban ke seluruh bagian penguat, berfungsi sebagai perekat bahan penguat saat pembuatan komposit, dan melindungi partikel dari kerusakan akibat faktor lingkungan. (Badrussalam & Nurussyifa, 2024).

B. Reinforcement atau Filler atau Fiber

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Hal ini membuat pengembangan teknologi material komposit semakin meningkat di pasaran, khususnya permintaan industri fabrikasi. Pemikiran dan penelitian tentang kombinasi antara bahan kimia atau elemen-elemen struktur dengan berbagai tujuan telah dilakukan. Di Indonesia sendiri penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang pembuatan berbagai macam material komposit untuk memenuhi bermacam-macam tujuan/kebutuhan telah banyak dilakukan baik dari kalangan pendidikan maupun perindustrian. Salah satu serat alam yang banyak terdapat di Indonesia adalah serat daun nanas. Nanas merupakan tanaman buah berupa semak yang memiliki nama ilmiah *Ananas comosus (L) Merr.* Pemanfaatan serat daun nanas sebagai serat penguat material komposit akan mempunyai arti yang sangat penting yaitu dari segi pemanfaatan limbah perkebunan tanaman nanas di Indonesia yang belum dioptimalkan dari segi ekonomi dan pemanfaatan hasil olahannya. (Fiqri dkk., 2017).

2.3.4 Klasifikasi Komposit

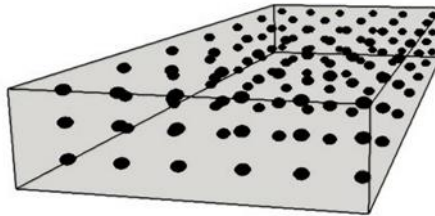
Komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan matriksnya atau bahan penguatnya. Berikut beberapa klasifikasi komposit.

1. Berdasarkan jenis matriksnya, maka komposit dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:
 - 1) Polymer matrix composite (PMC) komposit ini menggunakan bahan polimer oleh matriksnya.
 - 2) Metal matrix composite (MMC) komposit ini berkembang pada industri otomotif, metal matrix composites adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matrik logam.

- 3) Ceramic matrix composite (CMC) komposit ini menggunakan ceramic sebagai matriknya. (yani & Suroso, 2019)
2. Klasifikasi komposit berdasarkan jenis penguatnya, yaitu:

1) Komposit Partikel (*Particle Composite*)

Komposit yang tersusun atas matrik kontinyu dan penguat (reinforced) yang diskontinyu berbentuk partikel atau seratpendek disebut komposit partikel, secara umum penguat partikel kurang efektif dalam mempertahankan ketahanan patah, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang bagus dalam mempertahankan ketahanan patah namun matrik berpenguat partikel ini memiliki sifat ulet yang bagus untuk mengurangi beban patah mendadak, fungsi dari partikelpartikel ini adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastis, partikel-partikel tersebut bisa berupa logam maupun bukan logam.



Gambar 2.4 Komposit partikel (Fiqri dkk., 2017)

2) Komposit Serat (*Fibrous Composite*)

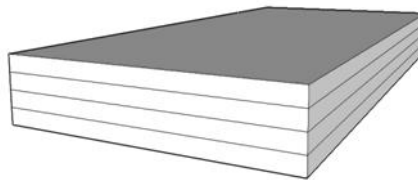
Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serataramid dan sebagainya. Komposit ini tersusun atas matrik kontinyu polimer atau logam, serat-serat ini terikat oleh matrik, biasanya berbentuk multifilamen panjang yang digulung. Diameter serat biasanya antara 3 sampai 30 mikrometer. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



Gambar 2.5 Komposit serat (Fiqri dkk., 2017)

3) Komposit Lapis (*Laminate Composite*)

Komposit lapis atau komposit laminat ini terdiri dari beberapa lapisan komposit lapis berpenguat serat, berpenguat komposit partikel atau kombinasi lapisan komposit tipis dengan material berbeda dimana lapisan tersebut saling terikat didalam satu matriks.(Fiqri et al., 2017)



Gambar 2.6 Komposit lapis (Fiqri dkk., 2017)

2.4 Penggunaan Serbuk Sebagai Pengisi Komposit

Sebuah studi baru tentang pemanfaatan abu kelapa sawit nano sebagai bahan pengisi untuk produksi komposit epoksi dipresentasikan oleh Khalil dkk. Penelitian ini berfokus pada pengaruh kandungan pengisi terhadap sifat fisik, mekanik, dan termal komposit epoksi. Densitas sampel epoksi yang diisi abu kelapa sawit berstruktur nano meningkat seiring dengan peningkatan jumlah pengisi. Dalam sebuah studi menarik, Prabhakar dkk. menggunakan serbuk kulit kacang tanah bekas yang diolah dengan NaOH sebagai penguat resin epoksi DGEBA. Para peneliti mengamati bahwa penambahan serbuk kulit kacang tanah bekas meningkatkan *tensile strength*, *tensile modulus*, dan stabilitas termal. Sathishkumar dkk. mempelajari kinerja keausan geser kering dan gesekan komposit epoksi yang mengandung bubuk kulit kacang mete. Bubuk kulit kacang mete dibuat dari biji kacang mete, dan bubuk tersebut diolah dengan larutan NaOH 5% untuk menghilangkan fase amorf yang lemah. Konsentrasi pengisi

yang diolah dengan NaOH yang digunakan dalam resin epoksi adalah 5%, 10%, 15%, 20%, dan 30%. Perlu dicatat juga bahwa koefisien gesek dan laju keausan spesifik rendah untuk sampel epoksi yang mengandung 30% pengisi yang diolah sebagai hasil dari ikatan yang lebih baik dan distribusi pengisi yang seragam. (Sienkiewicz dkk., 2022)

Tinjauan ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk memberikan perubahan positif dan meningkatkan kinerja komposit epoksi. Material komposit ini semakin menarik karena kesesuaiannya, sifatnya yang ramah lingkungan, ketersediaan bahan baku yang melimpah, biaya rendah, dan kinerja yang baik. Berbagai macam material baru dapat dirancang menggunakan komposit epoksi yang dimodifikasi dengan filler alami untuk aplikasi yang serbaguna. Serbuk lebih mudah dicampur dan diproses dibandingkan dengan serat panjang. Hal ini menurunkan risiko penggumpalan serat, sehingga meningkatkan reproduksibilitas dan produksi skala besar. (Sienkiewicz dkk., 2022)

2.5 Perbaikan Serat Alam Menggunakan Perlakuan Alkali (NaOH)

2.5.1 Perbaikan Serat

Perlakuan alkali merupakan perlakuan pada serat yang berguna untuk menghilangkan kotoran atau lignin pada serat yang memiliki sifat alami serat yaitu suka terhadap air dan dapat juga disebut *hydropilic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami serat (*hydrophilic*) dapat memberikan ikatan interfacial dengan matrik secara optimal. (Malik & Rasyid, 2023). Tujuan perbaikan serat alam ini adalah untuk mengurangi sifat *hydrophilic* serat untuk meningkatkan daya rekat dan dengan matrik polimer dan kekerasan serat tersebut. (Phiri et al., 2023)

Perlakuan kimia serat alam telah banyak dilakukan dan dilaporkan oleh para peneliti. Perlakuan alkali adalah salah satu metode kimia yang paling banyak digunakan untuk memodifikasi struktur molekuler selulosa pada serat alam ketika digunakan untuk memperkuat termoplastik dan termoset. Perlakuan alkali biasanya dilakukan dengan larutan NaOH. Namun, harus diperhatikan bahwa konsentrasi alkali yang sangat tinggi akan menghasilkan delignifikasi serat alam

yang berlebihan, sehingga melemahkan atau merusak serat yang diberi perlakuan (Chakrabarty et al., 2012; Hu, Battampara, Guna, & Reddy, 2021; Lazim, Salit, Zainudin, Mustapha, & Jawaaid, 2014). (Tanjung, 2022).

2.5.2 Metode Perbaikan Sifat Fisik Serat Alam

Proses perbaikan sifat fisik serat alam dilakukan menggunakan NaOH dengan presentasi 5%. NaOH dicampur dengan aquades dengan cara diaduk pada wadah. Pertama dilakukan pemisahan daun nanas dengan bonggol nanas dicuci dengan air kemudian dikeringkan dengan sinar matahari 2-3 hari atau sampai kering merata. Kemudian dipotong kecil – kecil setelah itu serat daun nanas direndam didalam larutan yang telah tercampur dengan variasi waktu perendaman 1, 3, 5, 7 dan 9 jam. Setelah direndam selanjutnya serat dikeringkan dengan panas matahari hingga benar benar kering. Kemudian serat daun nanas diblender menjadi serbuk.

2.6 Pengujian Bending

Pengujian ini dilakukan untuk mempelajari sifat mekanik dari material saat diberikan tekanan pada regangan yang relatif kecil. Biasanya dilakukan pada material yang diaplikasikan pada struktur yang mengalami beban tekan. Pada pengujian ini material diberikan beban tekan hingga mengalami patah. (yani & Suroso, 2019). Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material dapat dilakukan pengujian bending terhadap material komposit tersebut. Kekuatan bending adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan bending tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. (Beliu dkk., 2016)

Pengujian bending dilakukan dengan mesin UTM (*Universal Testing Machine*). Bentuk spesimen mengacu pada standar ASTM D3410 yang berdimensi 150mm x 10mm x 4mm. Spesimen diletakkan dibagian tumpuan yang berada pada mesin uji. Pengujian dengan dua titik dudukan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*), maka kekuatan bending dapat

dihitung dengan persamaan (2.1) dan modulus bending dihitung dengan persamaan (2.2).

Kekuatan bending (*Flexural strength*)

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2.1)$$

Dimana:

σ_f = Kekuatan bending (Mpa)

F = Beban yang diberikan (N)

L = *Support span* (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

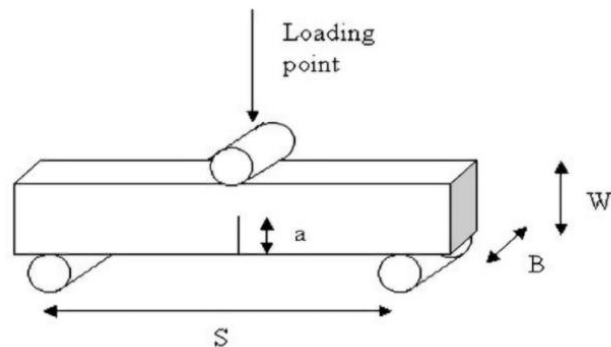
Modulus bending (*Flexural modulus*)

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^3} \quad (2.2)$$

Dimana:

E_f = Modulus bending (Mpa)

m = Kemiringan kurva (N/mm)



Gambar 2.7 Uji bending dengan 3 titik (*three point bending*) (Fiqri dkk., 2017)

2.6.1 Standar Pengujian Bending

ASTM dibentuk pertama kali pada tahun 1898 dan sampai saat ini ASTM mempunyai 12.000 standarisasi. Dimensi spesimen pengujian bending ini menggunakan ASTM D3410 hal ini bertujuan menghindari efek *buckling*. *Buckling* merupakan kegagalan pengujian berupa terjadinya bengkok atau

melengkung secara tiba-tiba sebelum spesimen mencapai kekuatan tertingginya. Pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM D3410. Uji pada komposit yang diperkuat serat memerlukan perlengkapan khusus untuk melakukan pengumpulan data yang akurat. Perlengkapan yang dikembangkan oleh *Institute of Technology and Research of Illinois* (IITRI), yang membantu mencegah tekuk secara tiba-tiba dan juga merupakan bagian dari ASTM D3410. (Argüello-bastos dkk., 2018)

Peneliti memilih standar ASTM D3410 didasari dari beberapa hal diantaranya yaitu:

1. Menghindari *end effects*: Shear loading mencegah konsentrasi tegangan di ujung spesimen.
2. Meminimalkan *buckling*
3. Presisi penjepitan
4. Dimensi terstandarisasi

Hal ini penggunaan bentuk spesimen ASTM D3410 dirancang untuk memenuhi kondisi pengujian pada material berbahan komposit baik komposit berlapis maupun serat kontinu tanpa memerlukan modifikasi.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian dan pembuatan komposit serbuk serat daun nanas dilakukan di Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang beralamat di Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan – 20238.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dijelaskan dalam bentuk tabel

Tabel 3.1. Waktu kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul	■	■				
2	Studi literatur		■	■	■		
3	Persiapan alat dan bahan				■	■	
4	Pembuatan cetakan spesimen				■	■	
5	Pembuatan spesimen					■	■
6	Pengujian spesimen					■	■
7	Analisa hasil pengujian					■	■
8	Penyelesaian skripsi					■	■
9	Sidang sarjana					■	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Serbuk Serat Daun Nanas

Digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan material komposit dan berperan sebagai penguat komposit.



Gambar 3.1 Serbuk serat daun nanas

2. Mold Release Wax

Berfungsi sebagai melapisi mal/cetakan agar tidak susah di lepas pada saat pembukaan spesimen yang telah kering karna adanya campuran resin epoxy di dalam cetakan.



Gambar 3.2 Mold release wax

3. Alkali Natrium Hidroksida (NaOH)

Alkali NaOH ini nantinya akan dilarutkan dengan air untuk perbaikan sifat fisik serat alam, yang mana alkali ini digunakan hanya 5% dalam setiap variasi perendaman.



Gambar 3.3 Akali NaOH

4. Resin Epoxy

Resin epoxy sebagai matrik dan merupakan resin yang digunakan saat pembuatan material komposit dilakukan, dengan ciri-ciri berwarna putih bening. Resin ini disertai katalis yang berwarna kuning dengan perbandingan pencampuran antara resin dengan katalisnya adalah 1:1.



Gambar 3.4 Resin epoxy

3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Cetakan Material Komposit

Cetakan ini berfungsi untuk mencetak bentuk spesimen yang mengacu pada standar ASTM D3410 yang berdimensi 150 mm x 10 mm x 4 mm.



Gambar 3.5 Cetakan spesimen

2. Timbangan Digital

Digunakan untuk menimbang komposisi bahan spesimen terutama pada saat penimbangan serat dan resin di lakukan.



Gambar 3.6 Timbangan digital

3. Gunting

Digunakan untuk memotong/mencacah daun nanas yang sudah kering agar lebih kecil dan memudahkan proses memblender.



Gambar 3.7 Gunting

4. Blender

Digunakan sebagai alat untuk merubah serat daun nanas menjadi serbuk.



Gambar 3.8 Blender

5. Kuas

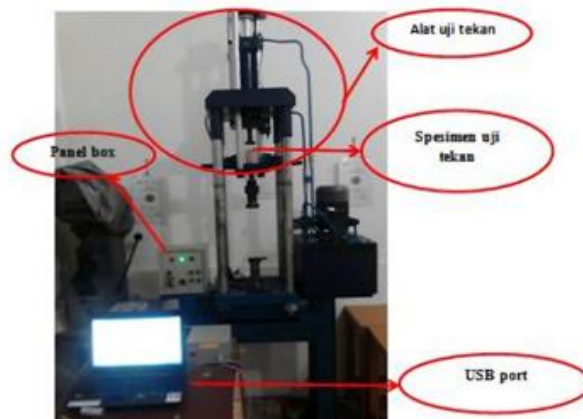
Digunakan untuk meratakan mold release wax pada permukaan cetakan.



Gambar 3.9 Kuas

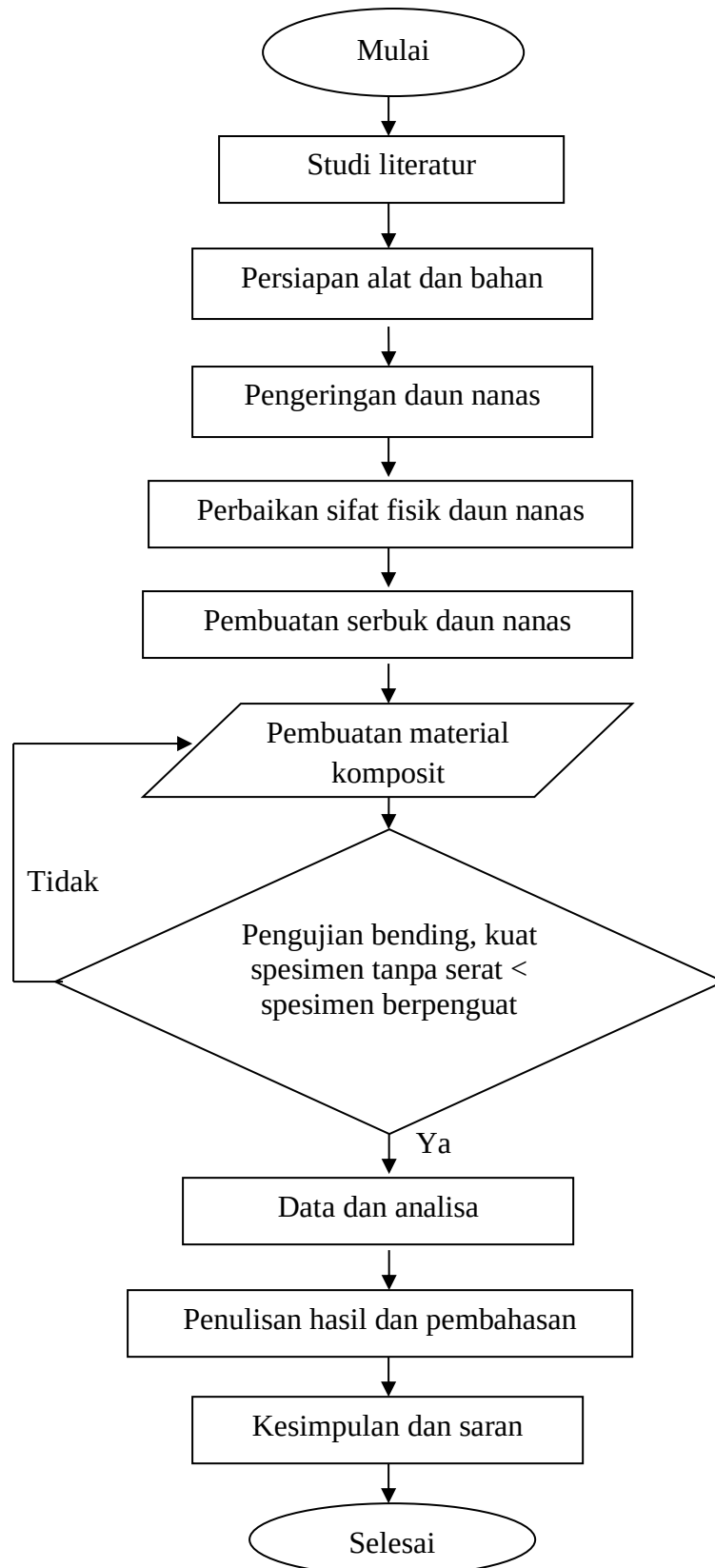
6. Mesin Uji Bending

Digunakan untuk melakukan pengujian kekuatan tekan material komposit berpenguat serbuk serat daun nanas.



Gambar 3.10 Mesin uji bending

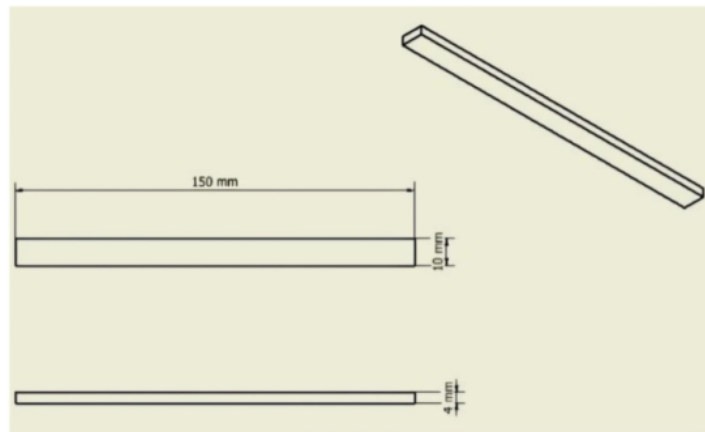
3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.11 Bagan alir penelitian

3.4 Rancangan Penelitian

Pengumpulan data pada penelitian ini mengambil beberapa jurnal, buku dan skripsi yang di gunakan sebagai referensi. Studi literatur di lakukan oleh setiap peneliti yang bertujuan untuk mencari pondasi atau atau dasar pijakan untuk memperoleh landasan teori dan kerangka berfikir. Dengan melakukan studi literatur, peneliti akan mempunyai pengetahuan yang lebih luas terhadap masalah yang akan di teliti. Penelitian ini akan berfokus pada peningkatan kekuatan bending dari material komposit dengan memanfaatkan serbuk serat daun nanas sebagai penguatnya. Bentuk spesimen mengacu pada ASTM D3410 yang berdimensi 150 mm x 10 mm x 4 mm. Dengan menggunakan mesin uji *Universal Testing Machine* (UTM).



Gambar 3.12 Rancangan penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Kegiatan ini meliputi pembelian bahan dan alat yang di perlukan dalam penelitian. Cara mendapatkan daun nanas yaitu dengan mencari di sekitar daerah penelitian dan di pasar tradisional. Pembelian resin epoxy, resin ini digunakan sebagai matriks pada penelitian ini, resin epoxy dibeli di toko bahan kimia dengan berat 1 liter. Pembelian bahan kimia, yaitu Natrium Hidroksida (NaOH) bahan kimia ini di gunakan sebagai perbaikan sifat fisik terhadap serat daun nanas bahan kimia ini dibeli ditoko bahan kimia, dan juga pembelian alat-alat dan bahan pendukung lainnya.

3.5.1 Pengambilan Serbuk Serat Daun Nanas dan Perbaikan Sifat Fisik

Untuk mengambil serat daun nanas ada beberapa proses yang dilakukan untuk mendapatkan serat yang bagus. Pertama pisahkan daun nanas dengan tungkulnya dipisahkan satu per satu, kemudian daun nanas dicuci bersih lalu dikeringkan dengan panas matahari sekitar 2 – 3 hari atau sampai daun nanas kering merata hingga warna kecoklatan. Langkah selanjutnya potong daun nanas kecil – kecil kemudian diblender untuk mendapatkan serbuk serat daun nanas.

Proses perbaikan sifat fisik serbuk serat daun nanas dilakukan menggunakan NaOH dengan presentasi 5%. NaOH dicampur dengan aquades dengan cara diaduk pada wadah. Kemudian serat daun nanas yang telah dipotong kecil – kecil direndam didalam larutan yang telah tercampur dengan variasi waktu perendaman 1,3,5,7, dan 9 jam. Setelah direndam selanjutnya dikeringkan dengan panas matahari hingga kering. Kemudian serat daun nanas diblender menjadi serbuk.

3.5.2 Pembuatan Material Komposit

Proses pembuatan spesimen komposit berpenguat serbuk serat daun nanas dengan resin epoxy sebagai berikut.

1. Persiapkan serbuk serat daun nanas yang telah dilakukan perbaikan sifat fisik, dan juga resin epoxy beserta katalis hardener dan bahan lainnya.
2. Persiapkan wadah untuk mencampur resin epoxy, katalis hardener dengan serbuk serat daun nanas.
3. Persiapkan cetakan spesimen komposit.
4. Campurkan resin epoxy, katalis hardener 2:1 dengan serbuk serat daun nanas aduk hingga tercampur merata sesuaikan dengan volume spesimen cetakan.
5. Tuang campuran bahan komposit ke dalam cetakan, kemudian tutup cetakan dengan cara ditekan dengan alat bantu seperti penjepit.
6. Biarkan mengering selama 1 – 3 jam atau sampai bahan komposit tersebut benar – benar kering merata.
7. Setelah kering keluarkan material komposit dari cetakannya menggunakan pisau.

8. Material komposit siap menjadi bahan uji pada pengujian bending.

3.5.3 Pengujian Bending Material Komposit

Pengujian material komposit berpenguat serbuk serat daun nanas sebagai berikut.

1. Pastikan mesin uji telah dikalibrasi dengan benar sesuai dengan prosedur.
2. Sesuaikan mesin dengan pengujian yang akan dilakukan yaitu pengujian bending seperti, pilih sel pengujian yang sesuai dengan ukuran dan bentuk spesimen serta mengatur parameter pengujian pada mesin uji.
3. Kemudian letakkan spesimen di antara plat penjepit sel pengujian, pastikan spesimen terjepit dengan kuat dan sejajar dengan arah pembebanan.
4. Atur posisi zero pada mesin uji sebelum memulai pengujian.
5. Jalankan mesin uji untuk memberikan beban tekan secara bertahap pada spesimen.
6. Pantau proses pengujian melalui layar monitor.
7. Hentikan pengujian ketika spesimen mengalami kerusakan atau mencapai batas beban maksimum yang telah ditentukan.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang terkait dengan pengujian kekuatan bending material komposit berpenguat serbuk serat daun nanas adalah sebagai berikut:

1. *Independent variable* ialah variabel yang menjadi penyebab adanya perubahan pada variabel yang lainnya. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel *indepdent* adalah variasi waktu perendaman 1,3,5,7, dan 9 jam pada perlakuan kimia Natrium Hidroksida (NaOH).
2. *Dependent variable* variabel yang dipengaruhi oleh adanya perubahan variabel *indepdent*. Pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel *dependent* adalah kekuatan bending.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Spesimen Hasil Pengujian Bending

Berikut ini adalah gambar kondisi spesimen uji bending baik sebelum maupun sesudah dilakukan pengujian mekanik. Spesimen ini merupakan material komposit yang terdiri atas 40% serbuk serat daun nanas dan 60% resin epoxy sebagai matriks. Sebelum proses pencetakan, serat telah mengalami perlakuan alkalisasi dengan merendamnya dalam larutan NaOH 5% yang dicampur dalam air murni 100% selama variasi waktu perendaman yakni 1,3,5,7, dan 9 jam. Proses ini bertujuan untuk memodifikasi struktur permukaan serat guna meningkatkan ikatan antara serat dan matriks resin. Selain variasi waktu perendaman larutan alkali, spesimen juga dibuat dengan tanpa serat (TS), dan serat tanpa perlakuan alkali (TP).

1. Spesimen Tanpa Serat (TS)



Gambar 4.1 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi spesimen tanpa serat (TS)

2. Spesimen Tanpa Perlakuan Larutan Alkali (TP)



Gambar 4.2 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi tanpa perlakuan larutan alkali (TP)

3. Spesimen yang telah dilakukan perlakuan alkali 1 jam perendaman



Gambar 4.3 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi perlakuan alkali 1 jam perendaman.

4. Spesimen yang telah dilakukan perlakuan alkali 3 jam perendaman



Gambar 4.4 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi perlakuan alkali 3 jam perendaman

5. Spesimen yang telah dilakukan perlakuan alkali 5 jam perendaman



Gambar 4.5 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi perlakuan alkali 5 jam perendaman

6. Spesimen yang telah dilakukan perlakuan alkali 7 jam perendaman



Gambar 4.6 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi perlakuan alkali 7 jam perendaman

7. Spesimen yang telah dilakukan perlakuan alkali 9 jam perendaman



Gambar 4.7 Spesimen sebelum dan sesudah pengujian bending variasi perlakuan alkali 9 jam perendaman

4.2 Hasil Pengujian Bending Material Komposit

Telah didapat hasil dari pengujian bending material komposit berpenguat serbuk serat daun nanas yang dilakukan di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan.

1. Hasil Beban Tekan yang Diperoleh

Adapun hasil pengujian yang dilakukan terhadap berbagai jenis spesimen komposit serbuk serat daun nanas dengan perlakuan perendaman alkali NaOH pada variasi waktu yang berbeda, serta dibandingkan dengan spesimen tanpa serat dan tanpa perlakuan. Hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1

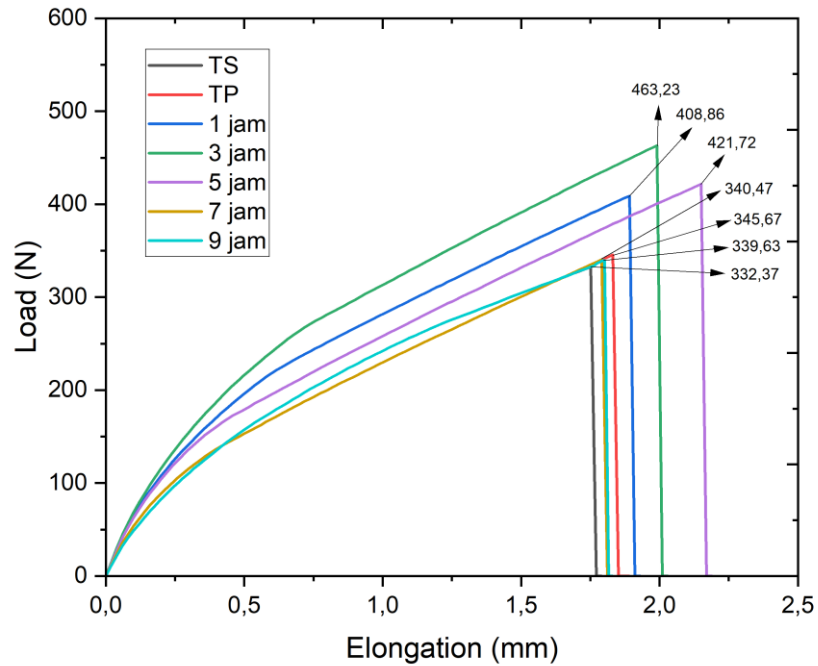
Tabel 4.1 Hasil beban tekan

Spesimen	Beban Tekan (N)	Elongation (mm)
Tanpa serat (TS)	332,37	1,7916
Tanpa perlakuan (TP)	345,67	1,8911
1 jam	408,86	1,931
3 jam	463,23	2,0305
5 jam	421,72	2,1898
7 jam	340,47	1,8314
9 jam	339,63	1,8315

Dari tabel 4.1 menunjukkan adanya peningkatan kekuatan bending dari spesimen tanpa serat ke spesimen tanpa perlakuan NaOH yaitu dari 332,37 N ke 345,67 N hal ini naik 13,3 N atau sebesar 4% dari spesimen tanpa serat. Perlakuan alkali NaOH dalam durasi 3 jam cukup menghilangkan hemiselulosa dan lignin di permukaan serat daun nanas tanpa merusak struktur selulosa utama. Hal ini mengakibatkan terjadinya ikatan antarmuka serat matriks meningkat, sehingga distribusi beban lebih baik dan kekuatan meningkat. Hal ini juga membuka fibril serat dan meningkatkan kekasaran permukaan, yang membuat adhesi mekanis menjadi lebih kuat. Sedangkan waktu perendaman yang lebih lama larutan NaOH justru mulai merusak struktur selulosa yang menyebabkan penurunan kekuatan.

Secara umum, hasil ini mengindikasikan bahwa perendaman alkali pada waktu tertentu mampu meningkatkan kekuatan tekan material, namun perlakuan

yang terlalu lama justru menurunkan kualitas kekuatan komposit akibat kemungkinan degradasi struktur serat.



Gambar 4.8 Grafik beban tekan

2. *Flexural strength*

Merupakan kemampuan suatu material untuk menahan kerusakan akibat beban yang diberikan secara membengkokkan atau melenturkan sebelum akhirnya patah. Nilai *flexural strength* didapat dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2}$$

Dimana:

σ_f = *Flexural strength* (Mpa)

F = Beban yang diberikan (N)

L = *Support span* (mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

a) Spesimen tanpa serat (TS)

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 332,37 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{89.739,9}{320} = 280,437 \text{ Mpa}$$

b) Spesimen tanpa perlakuan (TP)

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 345,67 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{93.330,9}{320} = 291,659 \text{ Mpa}$$

c) Spesimen perendaman 1 jam

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 408,86 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{110.392,2}{320} = 344,976 \text{ Mpa}$$

d) Spesimen perendaman 3 jam

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 463,23 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{125.072,1}{320} = 390,85 \text{ Mpa}$$

e) Spesimen perendaman 5 jam

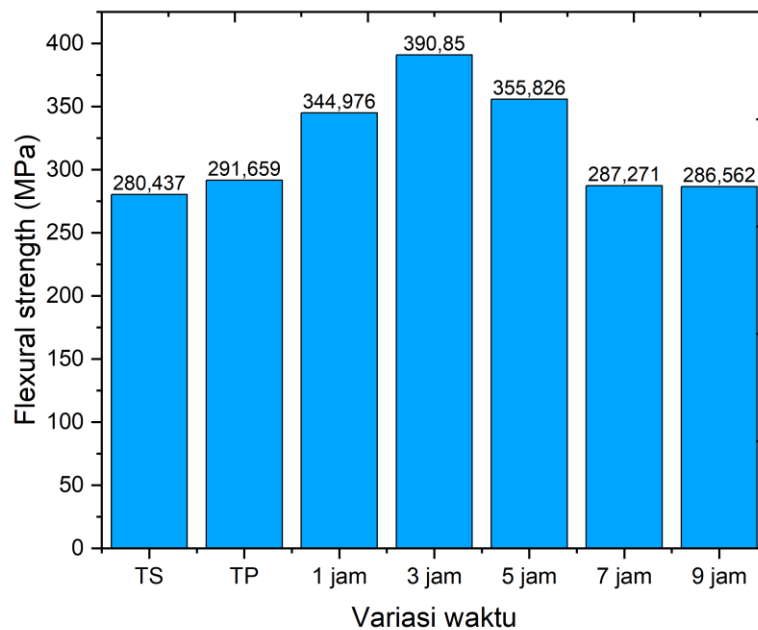
$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 421,72 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{113.864,4}{320} = 355,826 \text{ Mpa}$$

f) Spesimen perendaman 7 jam

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 340,47 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{91.926,9}{320} = 287,271 \text{ Mpa}$$

g) Spesimen perendaman 9 jam

$$\sigma_f = \frac{3 FL}{2bd^2} = \frac{3 \times 339,63 \times 90}{2 \times 10 \times 4^2} = \frac{91.700,1}{320} = 286,562 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.9 Grafik *flexural strength*

Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai *flexural strength* meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman NaOH hingga mencapai puncaknya pada durasi 3 jam, dengan nilai tertinggi sebesar 390,85 MPa. Perlakuan alkali NaOH merupakan teknik *mercerization* yang efektif menghilangkan lapisan seperti lignin, hemiselulosa serta kotoran organik dari permukaan serat. Pada durasi 3 jam mengikis lapisan tersebut, memperbesar permukaan dan mengekspos selulosa murni. Dengan demikian, interaksi mekanik antara serat dan matriks resin meningkat yang signifikan. (Ismail dkk., 2021). Hal ini berbalik jika perlakuan alkali berlangsung lebih lama, penurunan *flexural strength* bisa terjadi karena over treatment yang berpotensi mengikis terlalu banyak unsur struktural selulosa sehingga melemahkan serat secara internal. Komposit yang dihasilkan pun menunjukkan penurunan performa meski adhesi awal mungkin masih kuat. (Bandhu dkk., 2024)

3. *Flexural modulus*

Menunjukkan seberapa besar gaya yang dibutuhkan untuk membengkokkan suatu material sebelum material tersebut mengalami deformasi permanen. Nilai *flexural modulus* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

Dimana:

Ef = *Flexural modulus* (Mpa)

L = *Support span* (mm)

m = Kemiringan kurva, gradien (N/mm)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

Karena nilai m belum diketahui maka dalam pengujian lentur tiga titik (*three point bending*) hubungan antara gaya yang diberikan terhadap spesimen dengan besar daya defleksi yang dihasilkan direkam dalam bentuk kurva beban-defleksi. Pada tahap awal pengujian, spesimen berperilaku elastis, dimana hubungan antara beban (N) dan defleksi (mm) bersifat linier. Kemiringan dari bagian linier inilah yang disebut sebagai gradien (m). Untuk memperoleh nilai gradien yang merupakan kemiringan dari kurva linier tersebut digunakan

pendekatan regresi linier pada data awal kurva yang masih dalam rentang elastis, sebelum terjadi deformasi plastis atau kerusakan material.

Gradien ini dapat dihitung dari persamaan berikut:

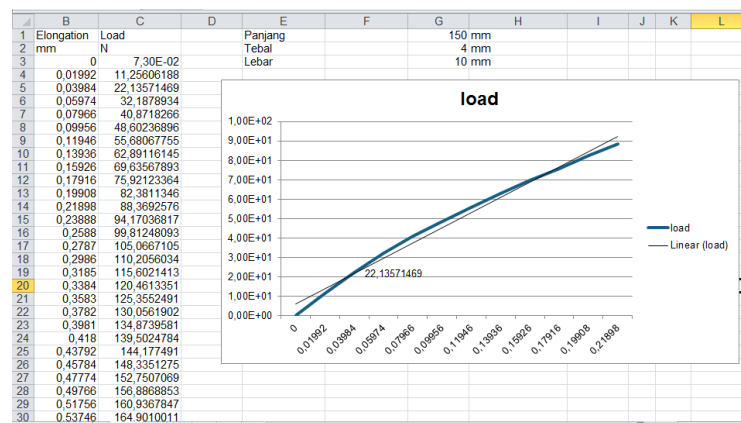
$$m = \frac{N}{D}$$

Dimana: m = Kemiringan kurva (N/mm)

N = Perubahan gaya (N)

D = Perubahan defleksi (mm)

a) Spesimen tanpa serat (TS)



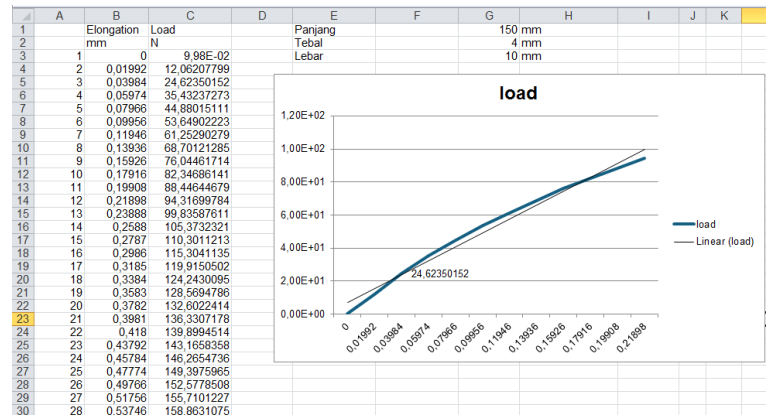
Gambar 4.10 Titik daerah linier spesimen tanpa serat (TS)

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 22,13 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{22,13 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 556 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 556 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

b) Spesimen tanpa perlakuan (TP)



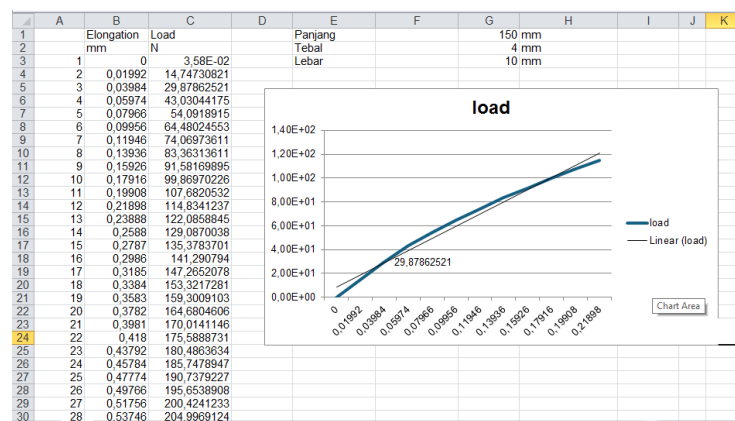
Gambar 4.11 Titik daerah linier spesimen tanpa perlakuan (TP)

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 24,62 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{24,62 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 618,5 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 618,5 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

c) Spesimen 1 jam perendaman



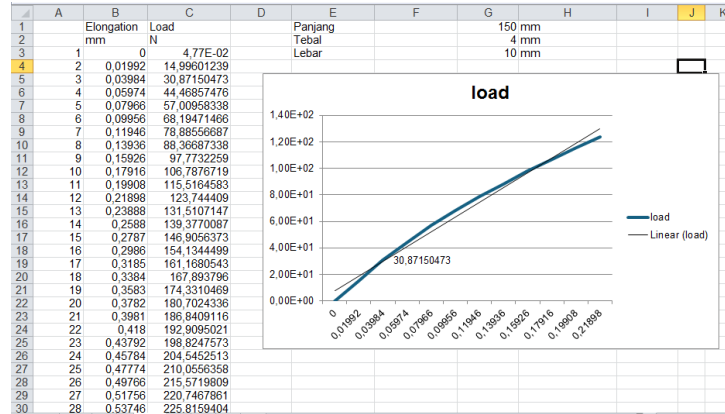
Gambar 4.12 Titik daerah linier spesimen 1 jam perendaman

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 29,87 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{29,87 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 750,5 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 750,5 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

d) Spesimen 3 jam perendaman



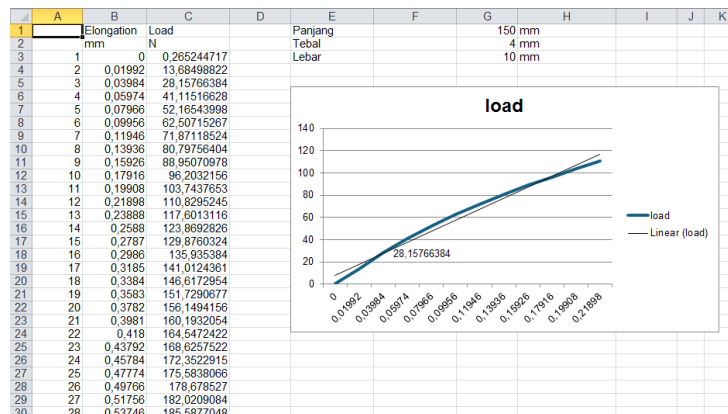
Gambar 4.13 Titik daerah linier spesimen 3 jam perendaman

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 30,87 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{30,87 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 775,6 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 775,6 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

e) Spesimen 5 jam perendaman



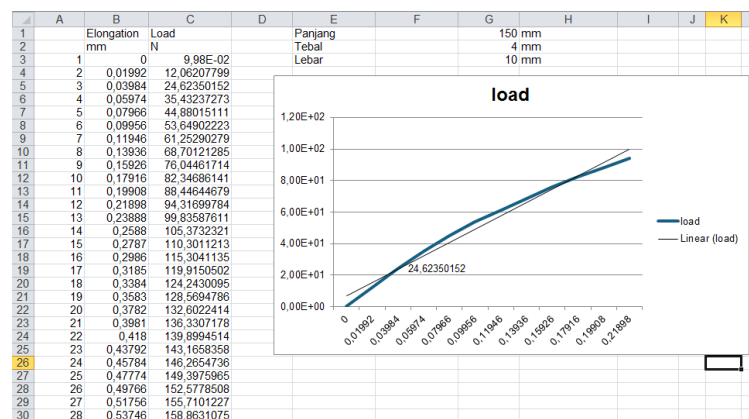
Gambar 4.14 Titik daerah linier spesimen 5 jam perendaman

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 28,15 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{28,15 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 707,2 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 707,2 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

f) Spesimen 7 jam perendaman



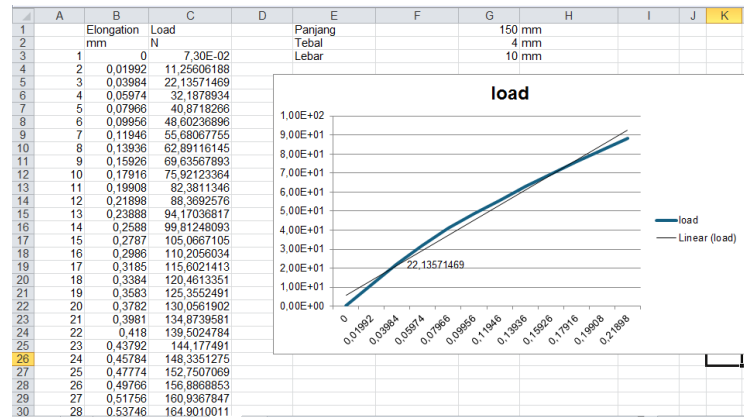
Gambar 4.15 Titik daerah linier spesimen 7 jam perendaman

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 24,62 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{24,62 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 618,5 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 618,5 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

g) Spesimen 9 jam perendaman



Gambar 4.16 Titik daerah linier spesimen 9 jam perendaman

Dari grafik dan data yang diperoleh, diketahui salah satu titik pada daerah linier memiliki beban 22,13 N dan perubahan defleksi 0,0398 mm, maka nilai gradien dapat dihitung sebagai berikut:

$$m = \frac{N}{D} = \frac{22,13 \text{ N}}{0,0398 \text{ mm}} = 556 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, nilai gradien m dari titik tersebut adalah 556 N/mm. Nilai ini mencerminkan laju pertambahan beban terhadap perubahan panjang dalam rentang elastis material.

Dari data diatas telah didapat nilai m dari setiap spesimen material komposit, maka untuk mencari nilai *flexural modulus* dapat dihitung sebagai berikut:

a) Spesimen tanpa serat (TS)

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 556}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{405.324.000}{2.560} = 158.329,6 \text{ Mpa}$$

b) Spesimen tanpa perlakuan (TP)

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 618,5}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{450.886.500}{2.560} = 176.127,5 \text{ Mpa}$$

c) Spesimen 1 jam perendaman

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 750,5}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{547.114.500}{2.560} = 213.716,6 \text{ Mpa}$$

d) Spesimen 3 jam perendaman

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 775,6}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{565.412.400}{2.560} = 220.864,2 \text{ Mpa}$$

e) Spesimen 5 jam perendaman

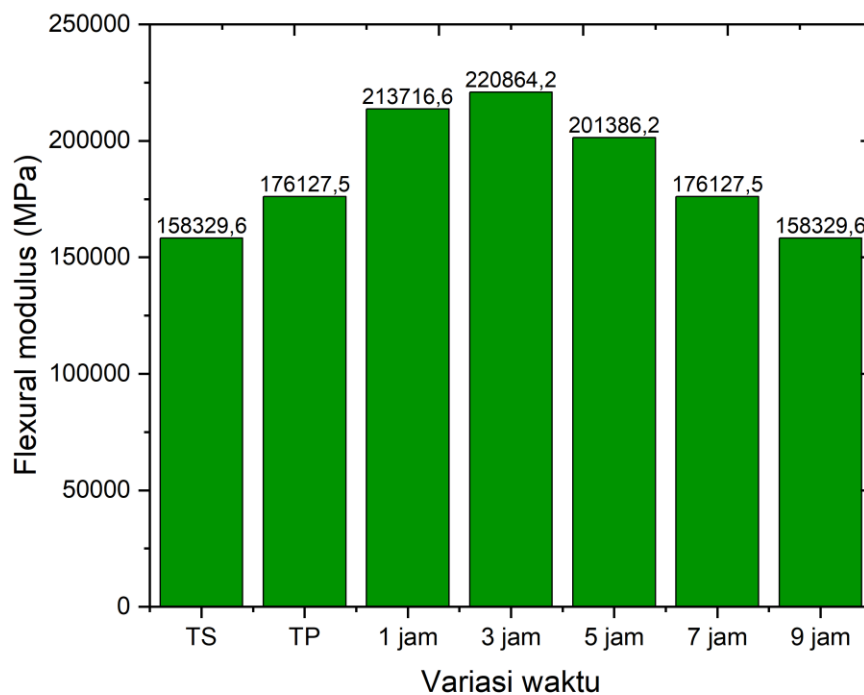
$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 707,2}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{515.548.800}{2.560} = 201.386,2 \text{ Mpa}$$

f) Spesimen 7 jam perendaman

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 618,5}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{450.886.500}{2.560} = 176.127,5 \text{ Mpa}$$

g) Spesimen 9 jam perendaman

$$Ef = \frac{L^3 m}{4bd^3} = \frac{90^3 \times 556}{4 \times 10 \times 4^3} = \frac{405.324.000}{2.560} = 158.329,6 \text{ Mpa}$$



Gambar 4.17 Grafik *flexural modulus*

Peningkatan nilai *flexural modulus* hingga durasi 3 jam menunjukkan bahwa perlakuan alkali mampu meningkatkan kekakuan material, yang mengindikasikan terjadinya ikatan antar muka yang lebih baik antara serat dan matriks. Hal ini berkaitan dengan penghilangan *lignin* dan *hemiselulosa* dari permukaan serat, yang memungkinkan resin menyerap dan menempel lebih baik.

Namun, perendaman lebih dari 5 jam diduga menyebabkan kerusakan struktur selulosa serat akibat paparan larutan NaOH yang terlalu lama, sehingga

justeru mengurangi efisiensi transfer beban antar komponen. Hal ini menyebabkan kekakuan material menurun kembali.

4.3 Investigasi Potensi Pengembangan Material Alternatif

Berdasarkan hasil pengujian, nilai *flexural strength* dan *flexural modulus*, serbuk serat daun nanas menunjukkan potensi yang signifikan sebagai material komposit alternatif. Perlakuan alkali selama 3 jam menghasilkan performa terbaik, dengan kekuatan lentur mencapai 390,85 MPa dan modulus lentur 220.864,2 MPa, jauh lebih tinggi dibandingkan spesimen tanpa serat dan tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan peningkatan ikatan antar serat dan matriks serta peningkatan kekakuan material. Penurunan performa setelah 3 jam menunjukkan adanya degradasi serat akibat perendaman berlebih. Selain itu, penggunaan serbuk serat daun nanas juga berkontribusi pada upaya berkelanjutan karena memanfaatkan limbah agroindustri. Dengan demikian, serbuk serat daun nanas layak dikembangkan sebagai bahan penguat komposit yang kompetitif dan ramah lingkungan dan berpeluang diaplikasikan pada produk-produk non struktural hingga semi struktural yang membutuhkan kekuatan bending menengah.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan serbuk serat daun nanas terbukti mampu meningkatkan kekuatan bending pada material komposit dibandingkan dengan spesimen tanpa serat. Terbukti dari beban tekan yang diterima naik 4% dari spesimen tanpa serat. Hal ini juga diikuti dengan peningkatan nilai *flexural strengt* dan *flexural modulus*.
2. Variasi waktu perendaman NaOH berpengaruh signifikan terhadap kekuatan bending. Hasil menunjukkan adanya titik optimum, yaitu pada waktu perendaman tertentu (3 jam), yang menghasilkan nilai *flexural strength* sebesar 344,976 MPa dan *flexural modulus* sebesar 220864,2 Mpa. Perendaman terlalu singkat kurang efektif, sedangkan perendaman terlalu lama (>5 jam) menurunkan sifat mekanik akibat degradasi serat.
3. Perlakuan NaOH secara tepat dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriks, sehingga memperkuat sifat mekanik komposit. Oleh karena itu, serbuk serat daun nanas berpotensi dikembangkan sebagai bahan penguat alami dalam material komposit ramah lingkungan

5.2 Saran

1. Mengingat hasil mekanik yang cukup baik, komposit dengan penguat serbuk serat daun nanas dapat diuji lebih lanjut untuk aplikasi struktural ringan seperti bahan panel interior, furnitur, atau komponen otomotif non-struktural. Hal ini dapat memperkuat argumen penggunaan limbah pertanian sebagai sumber daya bahan komposit yang berkelanjutan.
2. Untuk mendukung data mekanik, disarankan untuk melakukan analisis mikrostruktur seperti SEM (*Scanning Electron Microscopy*) agar dapat melihat interaksi antar serat dan matriks secara visual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeni, Q., Aini, S. R., & Pratama, I. S. (2022). Kajian pustaka toksisitas tanaman nanas (*Ananas comosus* [L.] Merr). *Sasambo Journal of Pharmacy*, 3(1), 49–62. <https://doi.org/10.29303/sjp.v3i1.164>
- Ali, M. Y. (2022). Analisis Kekuatan Uji Impak Komposit Serat Alam (Serat Batang Pisang). *Analisis Kekuatan Uji Impak Komposit Serat Alam (Serat Batang Pisang)*, 23(1), 35–38.
- Argüello-bastos, J. D., Ruiz-florián, C. A., & Pertuz-comas, O. A. G. A. D. (2018). *Jurnal Fisika : Seri Konferensi Uji kompresi yang dilakukan pada komposit matriks kaku bertulang dengan memvariasikan material penguatnya Uji kompresi yang dilakukan pada komposit matriks kaku bertulang dengan memvariasikan material penguatnya*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1126/1/012007>
- Arif, Z., Husaini, Ali, N., & Mulyati, S. (2018). Pengaruh Percedaan Tekan Terhadap Kekuatan Material Komosit Diperlukan Serat Ampas Tebu. *Jurnal Umum Teknik Terapan*, 5(01), 1–8.
- Azhari, K. (2021). Klasifikasi Jenis-Jenis Bauh Nanas Menggunakan Learning Vector Quantization (LVQ). *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(2), 357–368. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v1i2.4261>
- Badrussalam, A., & Nurussyifa, V. R. (2024). *UJI IMPAK KOMPOSIT SERAT ALAM ECENG GONDOK DAERAH INDRAMAYU DENGAN Matriks POLYESTER YUKALAC C-108*. 26(2), 12–17.
- Bandhu, D., Saxena, A., & Shukhratovich, S. (2024). Flexural and impact response of bamboo and pineapple leaf fiber reinforced composites using experimental and numerical techniques. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 18(5), 3383–3395. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01564-6>
- Beliu, H. N., Pellle, Y. M., & Jarson, J. U. (2016). Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester. *Jurnal Teknik Mesin UNDANA - Lontar*, 03(02), 11–20.

- Darmawan, R. (2023). Outlook komoditas pertanian hortikultura nanas. *Outlook Nanas 2023*, 52.
https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Outlook_Nenas_2023.pdf
- Fiqri, A., Yudo, H., & Budiarto, U. (2017). Analisa teknis komposit berpenguat serat daun nanas (*smooth cayenne*) dan serat ampas tebu (*Saccharum Officinarum* L) sebagai alternatif komponen kapal ditinjau dari kekuatan *bending* dan *impact*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2), 408–420.
- Gaba, E. W., Asimeng, B. O., Kaufmann, E. E., Katu, S. K., Foster, E. J., & Tiburu, E. K. (2021). *Mechanical and Structural Characterization of Pineapple Leaf Fiber*. 1–11.
- Hanyue, X., Thariq, M., Sultan, H., & Najeeb, M. I. (2024). *A short review on the recent progress and properties of pineapple leaf fiber reinforced composite*. 00096.
- Ismail, N. F., Afiqah, N., Radzuan, M., Sulong, A. B., Muhamad, N., Hassan, C., & Haron, C. (2021). *The Effect of Alkali Treatment on Physical , Mechanical and Thermal Properties of Kenaf Fiber and Polymer Epoxy Composites*.
- Malik, H. R., & Rasyid, A. H. (2023). Analisis Pengaruh Suhu Rendaman NaOH dan Waktu Pengeringan Terhadap Kekuatan Impact Komposit Berbahan Daun Nanas dengan Metode Pembuatan Vacuum Infussion. *Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi, Dan Otomotif*, 2(1), 8–14.
- Mulyo, B. T., & Yudiono, H. (2018). Analisis Kekuatan Impak Pada Komposit Serat Daun Nanas Untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(2), 1–8.
- Nanas, P. (n.d.). *No Title*.
- Phiri, M. J., Mofokeng, J. P., Phiri, M. M., Mngomezulu, M., & Tywabi-Ngeva, Z. (2023). Chemical, thermal and morphological properties of polybutylene succinate-waste pineapple leaf fibres composites. *Heliyon*, 9(11), e21238.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21238>
- Profile, S. E. E. (2019). *Structuring the investigation : from objectives to research design CHAPTER 4 : STRUCTURING THE INVESTIGATION : FROM. March*.

- Rodiawan, R., Suhdi, S., & Rosa, F. (2017). Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 39–43.
<https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.117>
- Sethupathi, M., Khumalo, M. V., Skosana, S. J., & Muniyasamy, S. (2024). *Recent Developments of Pineapple Leaf Fiber (PALF) Utilization in the Polymer Composites — A Review*.
- Siagian, D. E. N., Hakiem, M., & Putra, S. (2024). Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material. *CIVeng*, 5(1), 55–60.
<http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>
- Sienkiewicz, N., Dominic, M., & Parameswaranpillai, J. (2022). *Natural Fillers as Potential Modifying Agents for Epoxy Composition : A Review*. 1–17.
- Spence, C. (2023). Are pineapples really delicious? The history of the pineapple's taste/flavour and the role of varietal and terroir. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31(November 2022), 100682.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100682>
- Supriyanto, S. (2021). Karakteristik Kekuatan Komposit Serat Daun Nanas Dengan Variasi Panjang Serat. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(1), 30–39.
<https://doi.org/10.29407/jmn.v4i1.16039>
- Sustainability, P., Maritim, D., Hurip, P., Melalui, J., Pengelolaan, P., Rumput, L., Dan, L., Untuk, S., & Ekonomi, P. (2022). *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*. 5(1), 27–30.
- Tanjung, I. (2022). Analisis Morfologi Serat Dan Kekuatan Impak Bahan Komposit Berpenguat Serat Pinang (Areca Catechu) Yang Telah Dilakukan Perbaikan Sifat Fisik. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.38038/vocatech.v4i1.108>
- Teknik, J., Perkapalan, S., & Kelautan, F. T. (2017). *Potensi serat daun nanas sebagai alternatif bahan komposit pengganti fiberglass pada pembuatan lambung kapal*.

yani, M., & Suroso, B. (2019). FT-UMSU 74 Mechanical Properties Komposit Limbah Plastik Mechanical Properties Of Plastic Waste Composite. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(1), 74–83.
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disertakan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pp/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2102/IL3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : EKI ANDRIANSYAH
Npm : 2107230094
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : INVESTIGASI KEKUATAN TEKAN MATERIAL KOMPOSIT
BERPENGUAT SERBUK SERAT DAUN NANAS (ANANAS
COMOSUS)

Pembimbing : IQBAL TANJUNG ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 09 Jumadil Awal 1446 H
11 November 2024 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



MQA
Agensi Kelayakan Malaysia
Malaysia Qualifications Agency



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Investigasi Kekuatan Bending Material Komposit Berpenguat Serbuk Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*)
 Nama : Eki Andriansyah
 NPM : 2107230094
 Dosen Pembimbing : Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Senin 19/08 2025	Perbaiki abstrak	f
2	Senin 19/08 2025	Perbaiki latar belakang	f
3	Senin 19/08 2025	Perbaiki rumusan masalah	f
4	Rabu 20/08 2025	Perbaiki Tujuan Penelitian	f
5	Rabu 20/08 2025	Perbaiki ruang lingkup penelitian	f
6	Rabu 20/08 2025	Tambahkan rujukan penelitian	f
7	Kamis 21/08 2025	Rapikan penulisan laporan	f
8	Kamis 21/08 2025	Perbaiki diagram alir penelitian	f
9	Jum'at 22/08 2025	Perbaiki kesimpulan penelitian	f
10	Jum'at 22/08 2025	Perbaiki daftar isi dan daftar pustaka	f
All ready  22/08/2025			f

Dosen Pembimbing



Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Eki Andriansyah

NPM : 2107230094

Judul Tugas Akhir : Investigasi Kekuatan Tekan Material Komposit Berpenguat Serbuk Serat Daun Nanas (Ananas Comosus)

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Iqbal Tanjung ST.MT	:	
Pembimbing – I	: M.Yani ST.MT	:	
Pembimbing – II	: H. Muhamid M .ST.M.Sc	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230170	DAVIDSYAH RIDHO	
2	2107230014	DERMAWAN MUGA	
3	2107230057	M. Abid Azhan	
4	2007230177	FAIZ ALI BADRAN	
5	2107230126	MHD NUR SARA GIHA	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 22 Safar 1447 H
16 Agustus 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Eki Andriansyah
NPM : 2107230094
Judul Tugas Akhir : Investigasi Kekuatan Tekan Material Komposit Berpenguat
Serbuk Serat Daun Nanas (Ananas Comosus)

Dosen Pembanding – I : M.Yani ST.MT
Dosen Pembanding – II : H. Muhamif M.ST.M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
Wktu pada draft TA bagian yg harus direvisi
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 22 Safar 1447 H
16 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- I



M.Yani ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Eki Andriansyah
NPM : 2107230094
Judul Tugas Akhir : Investigasi Kekuatan Tekan Material Komposit Berpenguat
Serbuk Serat Daun Nanas (Ananas Comosus)

Dosen Pembanding – I : M.Yani ST.MT
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif M .ST.M.Sc
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
trial bench skripsi
.....
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 22 Safar 1447 H
16 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- II



H. Muharnif M .ST.M.Sc

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Eki Andriansyah
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 11 Agustus 2002
Alamat : Jalan Nusa Indah Gg. Melati LK 26 NO. 6
Agama : Islam
E-mail : eki.andriansyah86@gmail.com
No. Handphone : 082176141962

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- | | |
|--|-----------------|
| 1. SD Negeri 067255 | Tahun 2009-2015 |
| 2. SMP Negeri 43 Medan | Tahun 2015-2018 |
| 3. SMK Swasta Al-Fattah 2 Medan | Tahun 2018-2021 |
| 4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | Tahun 2021-2025 |