

PENGARUH VARIASI WAKTU PERENDAMAN DENGAN NATRIUM HIDROKSIDA TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT DAUN NANAS

Muhammad Ilham Mul'alim¹, Priyagung Hartono², Unung Lesmanah³

^{1*)} Universitas Islam Malang

email: Juventus03jv@gmail.com

²⁾ Universitas Islam Malang

email: priyagung@unisma.ac.id

³⁾ Universitas Islam Malang

email: ununglesmanah@unisma.ac.id

ABSTRACT

Composites, especially from natural fiber materials, have often received research and development ranging from simple equipment to the industrial sector. The application of natural fiber composite materials has the advantages of being easy to print, having effective strength, having a light mass compared to metal and also being recyclable. An example of the natural fiber chosen is pineapple leaf fiber because pineapple leaf fiber has a cellulose content of 70-80% which can provide quite increased modulus and effect properties. Apart from reinforcing materials, another thing you need to pay attention to is the use of the matrix. The matrix used is epoxy resin. This research added pineapple fiber to composites with variations in unidirectional and random fiber orientation, NaOH alkalization and NaOH concentration. The method used is a real experiment using one of several composite methods, namely the hand lay-up method. This research created 36 samples which were divided into 3 samples of each variation, then tested. using ASTM D638-01 standards. This research obtained the highest tensile test results at a concentration of 5% with variations in fiber direction and immersion time of 2 hours, a stress value of 100.372 MPa, and a NaOH concentration of 7% with variations in fiber direction in one direction obtained the highest stress value of 103.476 MPa. Meanwhile, soaking for 2 hours, the concentration of 7% NaOH was 29,989 MPa and the difference in 5% NaOH concentration was not very significant, namely 100,372 MPa. This research proves that the strength of natural fiber composites, especially in the tensile test, is influenced by 2 hours of immersion and fiber orientation.

Keywords: Composite; Pineapple Leaf Fiber; Epoxy Resin; Tensile Test

ABSTRAK

Komposit khususnya dari material serat alam (*natural fiber*) sudah sering terdapat penelitian dan pengembangan dari alat sederhana hingga sektor industry. Pengaplikasian bahan komposit serat alam dengan mengandung keunggulan dari gampang dicetak, punya kuatan efektif, mempunyai massa yang ringan dibandingkan dengan logam dan juga bisa didaur ulang kembali. Contoh serat alam yang di pilih yaitu serat daun nanas dikarenakan serat daun nanas memiliki 70-80% kadar selulosa dapat memberikan sifat modulus juga efek dengan cukup meningkat. Selain bahan penguat hal yang perlu di perhatikan yaitu penggunaan matriks. Matriks yang digunakan adalah resin *epoxy*. Penelitian ini menambahkan serat nanas nanasan pada komposit dengan variasi orientasi serat searah dan acak, alkalisasi NaOH dan konsentrasi NaOH. Metode yang digunakan yaitu eksperimental nyata dengan memakai salah satu metode dari beberapa metode komposit yaitu metode *hand lay-up*. Penelitian ini membuat 36 sampel terbagi menjadi 3 sampel pada masing-masing variasi, lalu diuji. menggunakan standart ASTM D638-01. Penelitian ini memperoleh hasil uji tarik tertinggi pada Konsentrasi 5% dengan variasi serat searah dan lama perendaman 2 jam nilai tegangan sebesar 100,372 MPa dan konsentrasi NaOH 7% pada variasi arah serat searah memperoleh nilai tegangan paling tinggi sebesar 103,476 MPa. Sedangkan perendaman 2 jam dan konsentrasi NaOH 7% sebesar 29,989 MPa dan Konsentrasi NaOH 5% selisihnya tidak terlalu signifikan yang sebesar 100,372 MPa.

Penelitian ini membuktikan bahwa kekuatan komposit serat alam khususnya pada uji tarik berpengaruh dengan perndaman 2 jam dan orientasi serat.

Kata Kunci: Komposit; Serat Daun Nanas; Resin *Epoxy*; Uji Tarik

PENDAHULUAN

Dengan kemajuan waktu, penelitian dan pengembangan dalam pemanfaatan teknologi mengaplikasikan bahan komposit, terutama dari serat alam, sudah dilakukan secara luas. Ini mencakup berbagai bidang, diawali akan alat dasar hingga industri. Pengaplikasian bahan komposit serat alam dengan keunggulan dari gampang dicetak, punya kuatan sempurna, mempunyai massa yang ringan dibandingkan dengan logam dan juga bisa di daur ulang kembali [1]. Material komposit pada dasarnya tercipta akan gabungan beberapa elemen pembentuknya melalui campuran akan penempel alami atau sintetis. Dari proses penggabungan tersebut, tercipta material komposit yang memiliki karakteristik berbeda dari bahan pembentuk asalnya [2].

Komposit serat yang diperkuat dapat dibagi menjadi dua, yakni *short fiber composite* juga *long fiber composite*. Pemasangan serat panjang lebih efisien, meskipun pemasangan serat pendek lebih mudah dibandingkan dengan serat panjang. Dilihat dari perspektif definisinya, serat panjang mampu mentransmisikan tekanan tegangan serat lain [3]. Karakteristik serat alam tergantung pada kandungan selulosanya, semakin tinggi selulosanya semakin meningkat sifat seratnya. Meskipun, pada permukaan serat, terdapat bagian dengan bentuk mirip lilin mengandung lemak serta kotoran lainnya, yang dapat menghambat nilai kelekatan pada serat tersebut. Banyak serat alam seperti serat kelapa, sisal, rami juga daun nanas banyak dikaji di berbagai negara [4].

Beberapa serat alam dengan pengembangan komposit adalah *pineapple-leaf fibers*. Yang mana didapati akan daun pohon nanas, juga memiliki kandungan selulosa senilai 70-80%, menghasilkan karakteristik modulus juga tekanan dengan pencapaian tingkat atas. [5]. Pemanfaatan unsur ini guna menjadi komposit yakni beberapa alternatif akan proses penciptaan komposit dengan ilmiah. Keandalan kekuatannya telah terbukti, di mana komposit yang menggunakan serat alam ini menunjukkan peningkatan kekuatan mekanis secara linier seiring dengan peningkatan persentase berat serat. Peningkatan tersebut mencakup kekuatan tarik, kekuatan lentur, serta kekuatan impact [6].

Proses perlakuan untuk meningkatkan sifat serat diperlukan perlakuan permukaan secara kimiawi untuk membersihkan permukaan serat sehingga akan meningkatnya kadar selulosa seiring dengan berkurangnya kandungan lignin dan hemiselulosa. Salah satu perlakuan yang sering di pergunakan yaitu proses alkali karena proses tersebut efektif untuk pembersihan juga pemodifikasian dasae serat, dengan demikian, tekanan permukaannya akan lebih rendah, dan hal ini meningkatkan ikatan adhesi akan serat alam juga matriks [7]. Pengaplikasian alkali dengan dilakukan menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH)

dengan konsentrasi 5% NaOH [8]. Selain materi penguat, harus dipertimbangkan yakni matriksnya. Epoxy merupakan salah satu bahan matriks yang diaplikasikan guna menghasilkan sifat mekanik juga mikro pada komposit [9]. Resin epoxy punya kandungan struktur epoxy juga oksirene. Dengan berwujud larutan kental dengan diterapkan pada bahan sebelum proses pengerasan. Umumnya, resin epoxy merupakan unsur poliamida yang terbentuk akan beberapa amina.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis ingin mengembangkan serat alam berupa serat daun nanas yang diyakini akan serat daun nanas punya kandungan lebih ketimbang serat alam lainnya [6]. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan uji tarik dengan menggunakan perlakuan NaOH dan perlakuan variasi orientasi serat belum pernah diteliti. Oleh karena itu peneliti ingin mengaplikasikan studi dengan judul “Pengaruh Perlakuan NaOH Pada Serat Daun Nanas Dengan Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Uji Tarik”. Karena perlakuan NaOH bisa meningkatkan kadar selulosa dan variasi orientasi serat bisa menambah daya tarik yang cukup baik.

METODE

Metode penelitian yang kami gunakan adalah eksperimental nyata (*true experimental research*) dengan diuji tarik material komposit dengan variasi orientasi, alkalisasi dan konterasi NaOH. Komposit diproduksi dengan menggunakan teknik *hand lay-up*. Variasi yang kami gunakan akan studi ini yakni serat daun nanas juga matriks *epoxy*, masing-masing bahan tersebut memiliki karakteristik sebagai berikut.

Tabel 1 Sifat-Sifat Utama Dari Berbagai Matriks
(Sumber : [11])

Tipe Matriks	Sifat Matriks
Polyester	Batas suhu rendah. Sifat mekanik sedang/rendah. Biaya rendah
Epoxy	Batas suhu rendah. Harga tinggi. Sifat mekanik yang tinggi.
Matriks Logam	Batas suhu tinggi. Biaya menengah. Sifat mekanik sedang.
Matriks Keramik	Batas suhu tinggi. Biaya rendah. Sifat mekanik sedang

Sebelum pengambilan data, proses pertama yang dilakukan adalah pencampuran NaOH dengan air bersih untuk perendaman serat daun nanas pada cairan NaOH dengan durasi 4 jam. Selanjutnya, hilangkan residu larutan NaOH dari serat dengan mencuci menggunakan air mengalir, lalu keringkan serat di bawah sinar matahari. Campurkan resin dan hardener ke dalam gelas ukur

campurkan hingga merata. Tuang kombinasi resin juga serat ke wadah. Tutup cetakan menggunakan plastik dan rekatkan *vakum sealant tape*, lalu pasang *vacuum compressor* dan resin trapnya.



Gambar 1. Instalasi penelitian

Proses pengambilan data penelitian disesuaikan dengan prosedur, pemasangan komponen yang akan diuji dipasang pada gagang (pegangan) menaikkan atau menurunkan gagang bawah mesin uji tarik dapat disesuaikan untuk menempatkan objek uji dalam posisi pegangan yang tepat dan sejajar, baik di bagian atas maupun bawah mesin uji tarik.



Gambar 2 Alat uji tarik

Kemudian mengatur angka beban ke posisi nol, lalu mengatur kecepatan pengujian (5 mm/menit) dan tombol mulai ditekan 2x kemudian ingat untuk menekan tombol bawah.

Densitas serat = 1,072 (gr/cm³)

Densitas *Epoxy* = 1,16 (gr/cm³)

Densitas *Hardner* = 0,97 (gr/cm³)

- a. Rumusan yang digunakan dalam mengetahui volume cetakan.

$$V_c = P \times L \times t$$

Keterangan:

V_c = Volume cetakan (cm³)

P = Panjang (cm)

L = Lebar (cm)

t = Tinggi (cm)

$$V_c = P \times L \times t$$

$$V_c = 16,5 \times 1,9 \times 0,5$$

$$V_c = 15,675 \text{ (cm}^3\text{)}$$

- b. Rumusan yang digunakan untuk mengetahui serat yang digunakan

$$\begin{aligned} \text{Volume serat} &= \frac{50}{100} \times 15,675 \text{ (cm}^3\text{)} \\ &= 7,837 \text{ (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serat} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\ &= 7,837 \text{ (cm}^3\text{)} \times 1,072 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \\ &= 8,401 \text{ gr} \end{aligned}$$

- c. Rumusan yang digunakan untuk mengetahui resin yang digunakan

$$\begin{aligned} \text{Volume Epoxy} &= \frac{33,333}{100} \times 15,675 \text{ (cm}^3\text{)} \\ &= 5,223 \text{ (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Epoxy} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\ &= 5,223 \text{ (cm}^3\text{)} \times 1,16 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \\ &= 6,06 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Hardener} &= \frac{16,666}{100} \times 15,675 \text{ (cm}^3\text{)} \\ &= 2,612 \text{ (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Hardener} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\ &= 2,612 \text{ (cm}^3\text{)} \times 0,97 \text{ (gr/cm}^3\text{)} \\ &= 2,533 \text{ gr} \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memperoleh hasil yang dilampirkan pada tabel berikut.

1. Hasil Data Pengujian Tarik

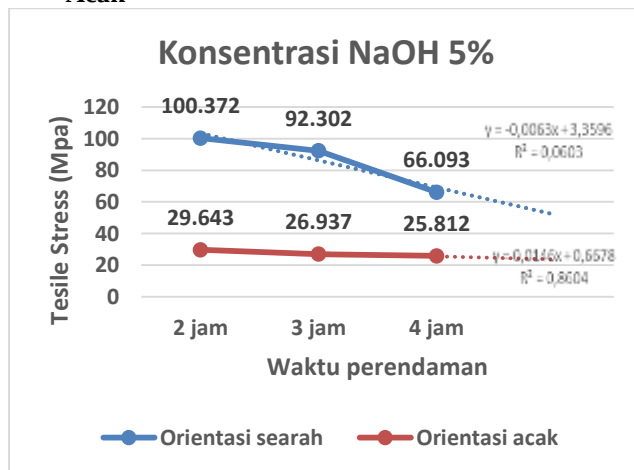
Tabel 2 Hasil Pengujian Konsentrasi NaOH 5%

Alkalisasi Orientasi	2 jam	3 jam	4 jam
Acak	30,494	27,634	26,885
	34,242	28,207	22,785
	24,195	24,972	27,768
Total	88,931	80,813	77,438
Rata-rata	29,64367	26,93767	25,81267
Searah	90,324	96,069	58,538
	102,516	88,811	59,363
	108,276	92,027	80,378
Total	301,116	276,907	198,279
Rata-rata	100,372	92,302	66,093

Tabel 3 Hasil Pengujian Konsentrasi NaOH 7%

Alkalisasi Orientasi	2 jam	3 jam	4 jam
Acak	33,812	27,036	21,218
	23,231	35,414	32,469
	32,925	18,283	22,845
Total	89,968	80,733	76,532
Rata -rata	29,989	26,911	25,51
Searah	86,635	54,723	66,922
	103,029	87,641	56,361
	120,764	91,955	75,971
Total	310,428	234,319	199,254
Rata -rata	103,476	78,106	66,418

2. Grafik Tegangan Orientasi Serat Sejajar Dan Acak

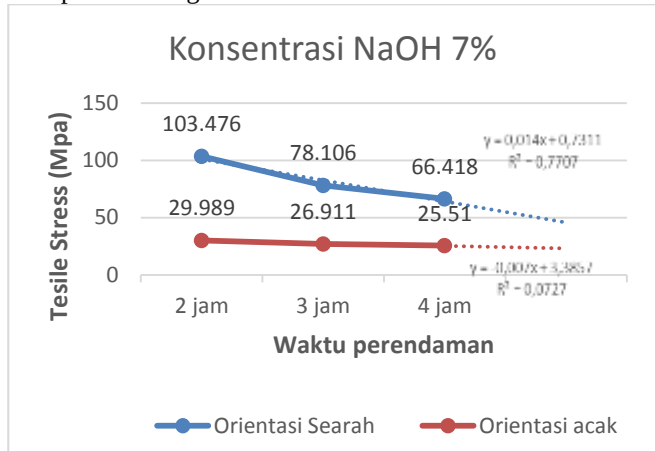


Gambar 3. Grafik tegangan orientasi serat sejajar dan acak

Gambar 3 menunjukkan bahwa fraksi serat dengan variasi waktu perendaman 2 jam pada variasi arah serat searah memperoleh nilai tegangan paling tinggi sebesar 100,372 MPa, dikarenakan arah serat searah dapat menangani beban tarikan dengan lebih baik dengan serat acak, serat-serat dapat berbagi beban secara efisien dan saling memperkuat satu sama lain, sehingga meningkatkan kekuatan material secara keseluruhan. Hal ini membuatnya lebih tahan terhadap deformasi dan retakan saat dikenai beban tarikan.

Komposit dengan arah serat acak memperoleh nilai tertinggi variasi waktu perendaman 2 jam sebesar 29,643 MPa. Jika dibandingkan dengan arah serat sejajar nilai

ini jauh lebih rendah dikarenakan dalam serat acak, serat-serat tidak diatur dengan baik dan tidak memiliki orientasi khusus. Hasilnya ketika beban diterapkan distribusi beban menjadi tidak merata dan serat tidak dapat saling memperkuat dengan efisien.



Gambar 4 Grafik tegangan orientasi serat sejajar dan acak

Gambar 4 menunjukkan bahwa fraksi serat dengan variasi waktu perendaman 2 jam pada variasi arah serat searah memperoleh nilai tegangan paling tinggi sebesar 103,476 MPa, dikarenakan arah serat sejajar dapat menangani beban tarikan dengan lebih baik dengan serat sejajar, serat-serat dapat berbagi beban secara efisien dan saling memperkuat satu sama lain, sehingga meningkatkan kekuatan material secara keseluruhan. Hal ini membuatnya lebih tahan terhadap deformasi dan retakan saat dikenai beban tarikan.

Komposit dengan arah serat acak memperoleh nilai tertinggi variasi waktu perendaman 2 jam sebesar 29,989 MPa. Jika dibandingkan dengan arah serat sejajar nilai ini jauh lebih rendah dikarenakan dalam serat acak, serat-serat tidak diatur dengan baik dan tidak memiliki orientasi khusus. Hasilnya ketika beban diterapkan distribusi beban menjadi tidak merata dan serat tidak dapat saling memperkuat dengan efisien.

3. Foto Hasil Pengujian



Gambar 5 Foto hasil uji tarik serat searah

Arah serat searah dapat menangani beban tarikan

dengan lebih baik dengan serat acak, serat-serat dapat berbagi beban secara efisien dan saling memperkuat satu sama lain, sehingga meningkatkan kekuatan material secara keseluruhan. Hal ini membuatnya lebih tahan terhadap deformasi dan retakan saat dikenai beban tarikan.



Gambar 6 Foto hasil uji tarik serat serah

Jika dibandingkan dengan arah serat sejajar nilai ini jauh lebih rendah dikarenakan dalam serat acak, serat-serat tidak diatur dengan baik dan tidak memiliki orientasi khusus. Hasilnya ketika beban diterapkan distribusi beban menjadi tidak merata dan serat tidak dapat saling memperkuat dengan efisien.



Gambar 7 Analisis Patahan hasil uji tarik

Berdasarkan gambar diatas hasil patahan terlihat patah getas (*brittle failure*) karena gaya geser dapat ditahan oleh matriks dan diteruskan ke serat sekitar dan terlihat void atau gelembung berukuran kecil yang terjebak di dalam sehingga mempengaruhi kekuatan mekanik komposit.



Gambar 8 Analisis Patahan hasil uji tarik

Jika dilihat pada foto hasil patahan terlihat patahan (*fiber pull out*) yaitu terjadi ketika serat keluar dari matriks tanpa patahan atau pecahan serat yang signifikan. Ini bisa mengindikasikan bahwa ikatan antara serat dan matriks kurang kuat.

4. Hasil Perhitungan Statistik Uji Tarik

Tabel 4 Hasil perhitungan statistik

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel
Rata-rata Baris	15553,78	1	15553,78	325,976	4,747
Rata-rata Kolom	1157,82	2	578,91	12,132	3,885
Interaksi	792,53	2	396,26	8,305	3,885
Error	572,57	12	47,714		
Total	18076,71	17			

Kesimpulan:

- $F_{hitung} = 325,976 > F_{0,05} 4,727$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi alkalisasi NaOH terhadap kekuatan tarik pada komposit
- $F_{hitung} = 12,132 > F_{0,05} 3,885$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi orientasi serat terhadap kekuatan tarik pada komposit
- $F_{hitung} = 8,305 > F_{0,05} 3,885$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat interaksi antara variasi orientasi serat dan variasi alkalisasi NaOH terhadap kekuatan tarik pada komposit.

Tabel 5 Hasil perhitungan statistik

Sumber Varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-Rata Kuadrat	F Hitung	F Tabel
Rata-rata Baris	13709,91	1	13709,91	86,842	4,747
Rata-rata Kolom	1352,94	2	676,474	4,285	3,885
Interaksi	832,07	2	416,039	2,635	3,885
Error	1894,44	12	157,87		
Total	17789,38	17			

Kesimpulan:

- $F_{hitung} = 86,842 > F_{0,05} 4,727$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi alkalisasi NaOH terhadap kekuatan tarik pada komposit
- $F_{hitung} = 4,285 > F_{0,05} 3,885$ artinya H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi orientasi serat terhadap kekuatan tarik pada komposit
- $F_{hitung} = 2,635 > F_{0,05} 3,885$ artinya H_0 diterima. Oleh karena itu, tak ada interaksi antara perubahan orientasi serat juga perubahan alkalisasi NaOH kepada penguatan tarik pada komposit.

KESIMPULAN

Berdasarkan pemaparan studi diatas dengan konsentrasi NaOH 5% dan 7% pada perendaman serat menggunakan variasi orientasi serat dan alkalisasi NaOH maka dapat diambil kesimpulan:

- NaOH adalah zat alkali yang dapat membantu melunakan dan memisahkan serat daun nanas dari komponen seluler lainnya, seperti pektin, lignin, dan hemiselulosa. Hal ini membuat serat lebih mudah untuk diekstraksi dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Perlakuan dengan NaOH dapat meningkatkan kekuatan serat daun nanas. Hal ini membuat serat lebih tahan terhadap tekanan dan tarikan, sehingga serat ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan manufaktur.
- Variasi waktu perendaman dapat mempengaruhi kekuatan serat yang dihasilkan. Secara umum, waktu perendaman yang lebih lama cenderung menghasilkan serat yang lebih kuat karena proses pemisahan yang lebih baik. Namun, perendaman yang terlalu lama dapat menyebabkan kerusakan serat, sehingga perlu mengoptimalkan waktu agar mencapai kekuatan serat yang diinginkan.
- Orientasi serat dapat memengaruhi ketahanan komposit terhadap pukulan dan aus. Komposit

dengan serat yang diorientasikan sejajar dengan arah pukulan atau geser dapat memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap beban-beban tersebut. Sedangkan Komposit dengan orientasi serat acak cenderung memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap beban multidireksional. Ini berarti komposit tersebut dapat menahan beban dari berbagai arah tanpa memerlukan orientasi serat yang spesifik. Hal ini membuatnya cocok untuk aplikasi di mana beban dapat datang dari berbagai arah..

UCAPAN TERIMA KASIH

Untuk keluarga yakni kedua orang tua (bapak Sudarsono juga ibu Siti Rohmah) beserta seluruh anggota keluarganya., serta pembimbing, Bapak Dr. Ir. Priyagung Hartono, M.T. dan Ibu Ir. Hj. Unung Lesmanah, MT., dan Masyarakat HIMAMEN saya ucapkan terimakasih karena telah membantu serta berkontribusi besar dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] B. T. Mulyo dan H.D. Yudiono dalam artikelnya yang berjudul "Analisis Keaktifan Dampak Pada Komposit Serat Daun Nanas Untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNCL," yang diterbitkan di Jurnal Kompetensi Teknik, Volume 1, Nomor 2, halaman 1–8, tahun 2018.
- [2] A. K. R. Pastwetri, W. Hasanah, dan A. Murphy dalam makalah mereka yang berjudul "Studi Karakteristik Komposit Sabut Kelapa dan Serat Daun Nanas sebagai Pengganti Bahan Alam," yang dimuat di Jurnal Teknologi Bahan Alam, Volume 2, Nomor 2, halaman 112–117, tahun 2018.
- [3] D. Sriwita dan Astuti dalam penelitian mereka yang berjudul "Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Poliester Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat," yang diterbitkan di Jurnal Fisika Universitas, Volume 3, Nomor 1, halaman 30–36, tahun 2014.
- [4] H. Hestiawan, D. Ariawan, K. Amri, A. Nuramal, A. Afrizal, dan S. Sudibyo dalam penelitian mereka yang berjudul "Pengaruh Perlakuan Alkali pada Karakteristik Fisik dan Mekanik Serat Lantung (*Artocarpus Elasticus*)," yang diterbitkan di Jurnal Rekayasa Mesin, volume 13, nomor 3, halaman 819–826, tahun 2022, doi: 10.21776/jrm.v13i3.1220.
- [5] H. Fahmi dan N. Arifin dalam referensi mereka yang berjudul "Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy/Serat Glass dan Serat Daun Nanas Terhadap Keketangguhan," yang diterbitkan di Jurnal Teknologi Mesin, Volume 4, Nomor 2, halaman 84–89, tahun 2014.
- [6] J. T. Kim and A. N. Netravali, "Mercerization of sisal fibers: Effect of tension on mechanical properties of sisal fiber and fiber-reinforced

- composites,” *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 41, no. 9, pp. 1245–1252, 2010, doi: 10.1016/j.compositesa.2010.05.007.
- [7] I. N. Pasek Nugraha, “Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Alam Ramie Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tunggal,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 8, no. 2, pp. 89–98, 2011, doi: 10.23887/jptk.v8i2.2855.
- [8] F. M. K. Al-Oqla dan M. S. Salit dalam bagian awal karyanya yang berjudul "Preface" di buku "Materials Selection in Natural Fiber Composites," halaman vii–viii, tahun 2017, doi: 10.1016/b978-0-08-100958-1.09990-4.
- [9] Ya'qub, C. (2023). *Analisis Serat Alam Sabut Kelapa Sebagai Material Komposit*