

Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Serat Buah Lontar

Supryadi Umbu Mila Meha¹, Kristomus Boimau^{2*}, Jefri S. Bale³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: boimau_mesinunc@yahoo.com

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Perlakuan kimia tertentu perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas serat alam sebagai penguat dalam komposit. Modifikasi kimia berpengaruh secara langsung terhadap struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat, mengurangi kecenderungan penyerapan kelembaban oleh serat, sehingga akan memberikan ikatan antara serat dengan matriks yang lebih baik, hal ini akan menghasilkan sifat mekanik dan termal komposit yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan Konsentrasi larutan alkali (NaOH dan KOH) mempengaruhi kekuatan tarik serat lontar. Perlakuan NaOH 5% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 606,567 MPa, sedangkan KOH 10% sebesar 587,292 MPa. Serat yang diberi perlakuan air laut memiliki kekuatan tarik terendah sebesar 146 MPa. Hasil SEM menunjukkan permukaan serat yang diberi alkali lebih bersih.

ABSTRACT

Along with the rapid development of technology, it has encouraged the discovery of several alternative technologies as a way to meet the needs of the community. Especially in material materials, the materials needed are quality materials and have high mechanical properties. Certain chemical treatments need to be carried out on natural fibers to improve the compatibility of natural fibers as reinforcements in composites. Chemical modification directly affects the fiber structure and changes the chemical composition of the fiber, reducing the tendency for moisture absorption by the fiber, so that it will provide a better bond between the fiber and the matrix, this will produce better mechanical and thermal properties of the composite. The results showed that the concentration of alkali solution (NaOH and KOH) affected the tensile strength of lontar fiber. 5% NaOH treatment produced the highest tensile strength of 606.567 MPa, while 10% KOH was 587.292 MPa. Fibers treated with seawater had the lowest tensile strength of 146 MPa. SEM results showed that the surface of the fiber treated with alkali was cleaner.

Keywords: Lontar Fiber; Alkali Treatment; Tensile Test; SEM Photo

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong banyaknya penemuan beberapa teknologi alternatif sebagai cara dalam memenuhi kebutuhan masyarakat. Khususnya pada bahan material, bahan material yang dibutuhkan adalah bahan material yang berkualitas dan memiliki sifat mekanik yang tinggi. Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Contoh serat yang paling sering dijumpai adalah serat pada kain. Manusia menggunakan serat dalam banyak hal untuk membuat tali, kain, atau kertas. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintesis (serat buatan manusia). Secara umum serat yang sering digunakan sebagai filler adalah serat buatan seperti serat gelas, karbon, dan grafit.

Serat buatan ini memiliki keunggulan tetapi mahal. Buah lontar adalah hasil alam yang sering dijumpai di kawasan Indonesia timur yang meliputi Nusa Tenggara Timur (NTT). Buah lontar adalah bagian dari pohon lontar, mempunyai banyak serat hampir 30% -40% dari bijinya (Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, 2018). Kandungan serat yang dimiliki oleh buah lontar dapat dimanfaatkan dalam suatu komposit non logam.

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Perlakuan kimia tertentu perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas serat alam sebagai penguat dalam komposit. Modifikasi kimia berpengaruh secara langsung terhadap struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat, mengurangi kecenderungan penyerapan kelembaban oleh serat, sehingga akan memberikan ikatan antara serat dengan matriks yang lebih baik, hal ini akan menghasilkan sifat mekanik dan termal komposit yang lebih baik. Kekuatan dan kekakuan dari serat tanaman terutama tergantung pada kandungan selulosanya, peningkatan kandungan selulosa adalah faktor kunci untuk meningkatkan sifat serat (Mawardi dan Azwar, 2017). Perlakuan alkali (NaOH) dari serat alami adalah salah satu perlakuan kimia yang telah dikenal untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan hemiselulosa dan lignin.

Dari latar belakang diatas dengan memanfaatkan buah lontar sebagai serat alam digunakan perlakuan alkali terhadap serat tersebut, untuk mengetahui besar kekuatan tarik sehingga peneliti ingin mengambil penelitian yang berjudul “Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Serat Buah Lontar”

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama tiga bulan 3 bulan. Proses perlakuan alkali di Laboratorium Kimia, FST Undana, pembuatan specimen uji tarik dan pengujian tarik dilakukan di laboratorium Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana Kupang.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini,

1. Timbangan digital
2. Pisau/cutter dan gunting
3. Jangka sorong digital
4. Gelas ukur
5. Scanning Electron Microscopy (SEM)
6. Alat uji tarik
7. Mikroskop optic
8. Hotplate / Stirer

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini,

1. NaOH
2. KOH
3. Aquades
4. Kertas karton
5. Lem Lilin
6. Serat Buah Lontar

2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu suatu metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan terhadap objek penelitian serta adanya kontrol, dimana mempunyai tujuan untuk menganalisa pengaruh serat buah lontar yang diberi perlakuan kimia.

2.4 Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Spesimen Serat Buah Lontar
2. Serat lontar dipisahkan dari bakal buah, kemudian dicuci dan dikeringkan selama 3 hari, kemudian dilakukan persiapan specimen untuk perlakuan alkali (serat dipotong menjadi 9 cm).
3. Serat direndam dalam larutan NaOH, KOH dan Air Laut dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15%, serta direndam air laut selama 1 jam.
4. Serat yang telah diberi perlakuan NaOH kemudian dicuci dengan air, hingga PH-nya netral.
5. Pembuatan specimen uji tarik serat tunggal (spesimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM D3379). Bahan specimen uji tarik terbuat dari kertas karton.
6. Diameter serat diamati pada beberapa bagian dengan menggunakan mikroskop optic digital, kemudian diambil nilai rata-ratanya.
7. Pengujian tarik single fiber dengan menggunakan mesin uji tarik serat.

2.5 Variabel Pengujian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

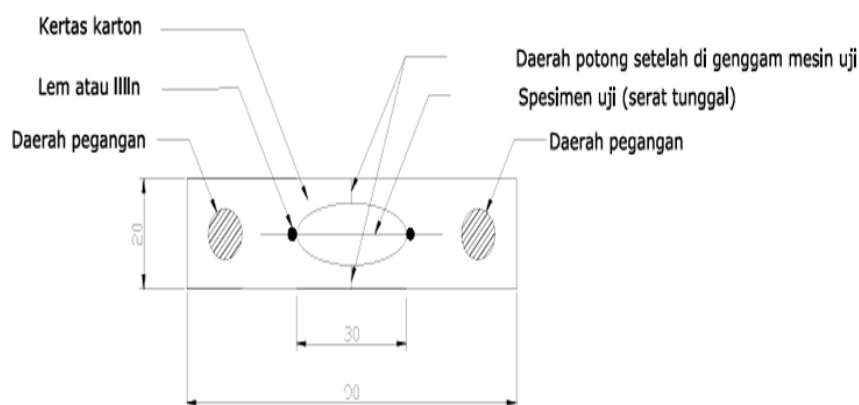
1. Variabel bebas (*independent variable*)

Variabel bebas atau independent variabel adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab timbulnya variabel dependent. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah konsentrasi larutan NaOH dan waktu perlakuan.

2. Variabel terikat (*dependent variable*)

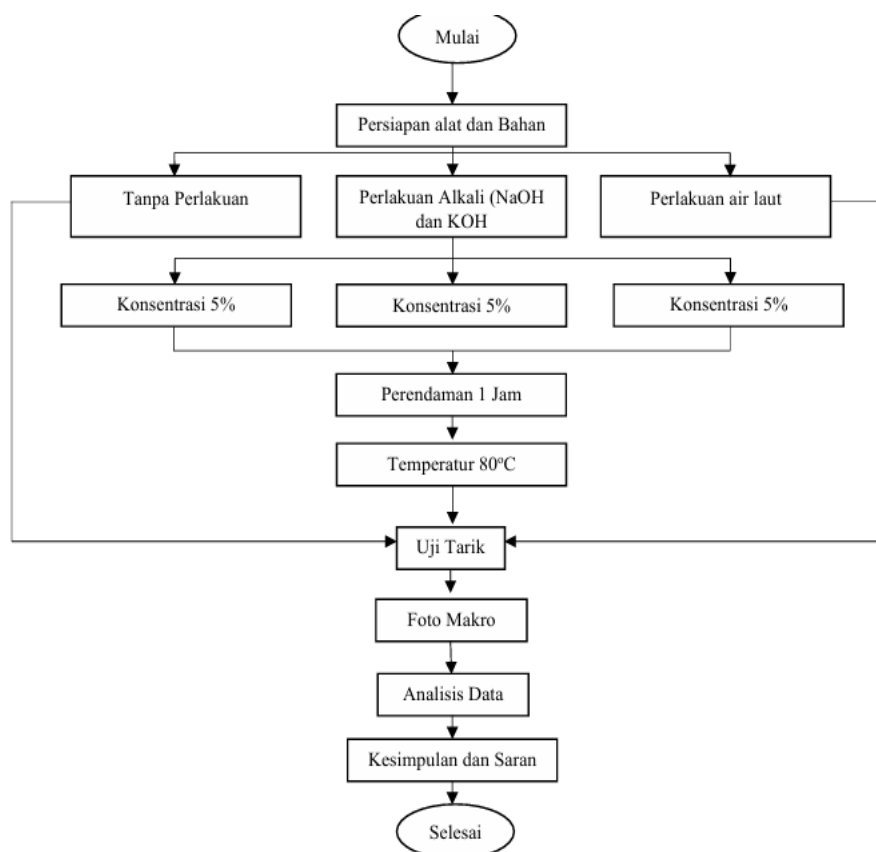
Variabel terikat atau variabel dependent adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel independen. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel terikat adalah kekuatan tarik single fiber atau serat tunggal, jenis patahan serat, topografi perubahan serat.

2.6 Spesimen Uji Tarik



Gambar 1. Bentuk Spesimen Uji Tarik

2.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

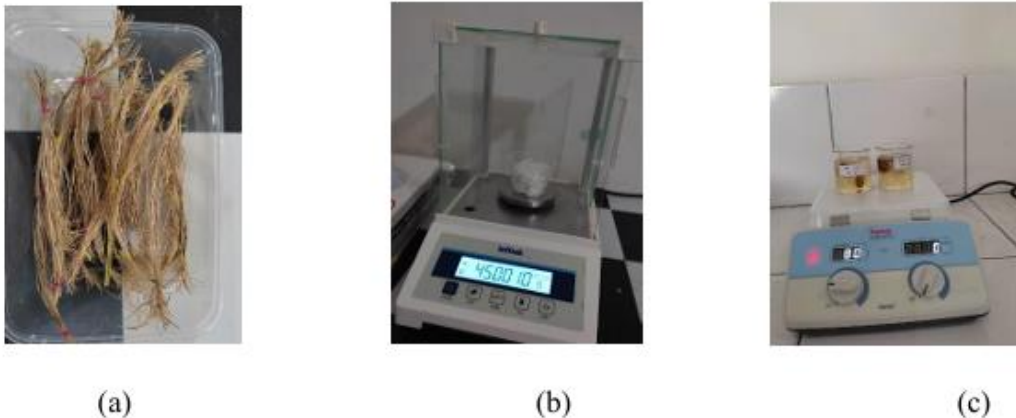
Pada tahap awal, proses dimulai dengan mencari dan memanen buah lontar yang telah matang dan siap digunakan. Buah tersebut kemudian dibersihkan dan dipisahkan dari kulit serta bijinya. Setelah itu, dilakukan pencucian dan pembersihan lebih lanjut sebelum masuk ke tahap pengeringan, yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari selama beberapa jam hingga benar-benar kering. Tujuannya adalah untuk memperoleh serat lontar yang berkualitas dan layak digunakan.



Gambar 3. Buah lontar dan serat lontar (Sumber dokumentasi pribadi)

Proses Perendaman Serat Dengan Larutan Alkali (NaOH dan KOH)

Pada tahap ini, serat yang telah dijemur dan dikeringkan diambil untuk memastikan bahwa kondisinya sudah siap digunakan dalam proses selanjutnya. Setelah itu, disiapkan larutan alkali dengan berbagai konsentrasi untuk keperluan perendaman serat lontar. Untuk membuat larutan dengan konsentrasi 5%, digunakan 5 gram alkali yang dilarutkan dalam 300 ml aquades. Sedangkan untuk larutan berkonsentrasi 10%, digunakan 30 gram alkali dalam 300 ml aquades, dan untuk konsentrasi 15%, sebanyak 45 gram alkali dilarutkan dalam 300 ml aquades.



Gambar 4. (a). Serat lontar (b). Penimbangan Alkali (c). Pemanasan serat dengan suhu 80oC (Sumber dokumentasi pribadi)

Perlakuan serat lontar dilakukan dengan cara dipanaskan dalam larutan NaOH dan KOH selama 1 jam pada temperatur 80oC. Setelah proses pemanasan selesai, serat dicuci dengan air bersih sampai pH air netral. Selanjutnya dibuat specimen uji Tarik single fiber. Sebelum pengujian Tarik, diameter setiap spesimen serat lontar diukur pada tiga titik berbeda untuk mengetahui diameter serat. Hasil pengukuran diameter spesimen dapat dilihat pada Tabel 1, yang menyajikan data tentang diameter setiap spesimen uji Tarik serat lontar.

Tabel 1. Data diameter Serat Lontar terhadap Temperatur 80OC dan konsentrasi larutan Alkali, Air laut dan Tanpa perlakuan.

No	NaOH			KOH			Air laut	Tanpa perlakuan
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	0,25	0,19
1	0,08	0,15	0,08	0,10	0,12	0,20	0,25	0,14
2	0,10	0,12	0,07	0,08	0,11	0,14	0,22	0,16
3	0,12	0,17	0,13	0,099	0,13	0,17	0,24	0,24
4	0,07	0,13	0,10	0,11	0,10	0,20	0,18	0,17
5	0,09	0,08	0,10	0,08	0,11	0,14	0,19	0,19
6	0,10	0,10	0,21	0,11	0,08	0,12	0,22	0,19
7	0,17	0,09	0,22	0,08	0,13	0,13	0,24	0,24
8	0,09	0,16	0,17	0,12	0,11	0,19	0,21	0,26
9	0,15	0,09	0,19	0,08	0,10	0,16	0,18	0,17
10	0,11	0,18	0,21	0,07	0,08	0,17	0,20	0,20
11	0,10	0,14	0,14	0,08	0,12	0,13	0,21	0,18
12	0,10	0,12	0,12	0,07	0,08	0,07	0,22	0,15
13	0,15	0,10	0,15	0,16	0,10	0,10	0,22	0,18
14	0,10	0,11	0,08	0,11	0,07	0,16	0,25	0,24
15	0,19	0,17	0,12	0,13	0,10	0,21	0,22	0,20
Rata-Rata	0,12	0,13	0,14	0,10	0,11	0,16	0,25	0,19

Proses Pembuatan Spesimen Uji

Langkah pertama dalam tahap ini adalah penyediaan alat potong (gunting), jangka sorong digital, kertas karton, dan serat yang siap diuji. Kemudian serat diambil lalu ditempelkan pada kertas karton yang dipotong dengan ukuran panjang kertas 90 mm dan lebar kertas 20 mm sesuai standar ASTM D-3379 sebanyak 15 serat uji dengan menggunakan lem lilin.



(a)



(b)

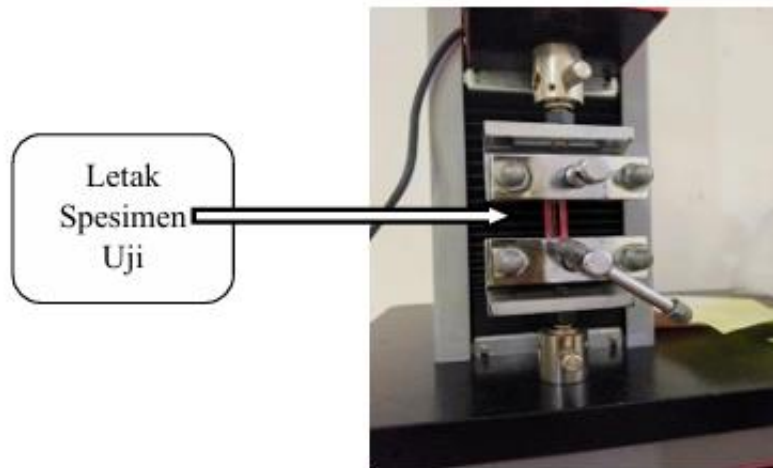


(c)

Gambar 5. (a) Serat yang sudah direkatkan pada kertas (b) Lem lilin (c) Serat tunggal (Sumber dokumentasi pribadi)

Proses Pengujian Tarik Spesimen

Pada Proses pengujian tarik dilakukan dengan alat uji tarik single fiber, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 6. Alat Uji Tarik Serat Tunggal dan Letak Spesimen Uji (Sumber dokumentasi pribadi)

3.2 Hasil Pengujian Tarik

Data yang didapat pada pengujian tarik adalah data beban dalam satuan Newton (N). Sebagai contoh, pada berikut ini ditampilkan data hasil pengujian serat.

Tabel 2. Data hasil perhitungan uji tarik serat tunggal menggunakan NaOH 5%.

No	Kode Spesimen	$\varnothing$ (mm)	A (mm ²)	F (N)
1	A1	0.08	0.007	5.4
2	A2	0.10	0.005	4.8
3	A3	0.12	0.008	3.1
4	A4	0.07	0.011	5.4
5	A5	0.09	0.004	5.6
6	A6	0.10	0.007	5
7	A7	0.17	0.022	3.8
8	A8	0.09	0.006	3
9	A9	0.15	0.018	4.4
10	A10	0.11	0.010	5.3
11	A11	0.10	0.007	7.5
12	A12	0.10	0.007	7.4
13	A13	0.15	0.029	5
14	A14	0.10	0.007	5.8
15	A15	0.19	0.030	7
Rata-rata		0.11	0.014	5.23

3.3 Analisis Uji Tarik

Tegangan (stress) merupakan perbandingan antara gaya (F) tarik atau tekan yang bekerja terhadap luas penampang (A_0) serat. Sebagai contoh perhitungan tegangan tarik digunakan data rata-rata dari spesimen serat lontar dengan konsentrasi larutan NaOH 5% dengan temperatur 80°C, dan konsentrasi larutan KOH 10% dengan temperatur 80°C dan pada Tabel 1 analisis perhitungan adalah sebagai berikut.

Perhitungan kekuatan tarik pada alkali NaOH 5% Temperatur 80°C

1. Luas Penampang Serat (A_0)

$$A_0 = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Diketahui,

A_0 = luas Penampang Serat (mm)

θ = diameter Serat 0,11 mm

Sehingga,

$$A_0 = \frac{1}{4} \pi (0,11)^2$$

$$A_0 = 0,012 \text{ mm}$$

2. Tegangan Tarik (MPa)

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Diketahui,

σ = Tegangan Tarik (MPa)

F = Beban 5,23 Newton

A_0 = Luas Penampang 0,012 mm

Sehingga,

$$\sigma = \frac{5,33 \text{ N}}{0,012 \text{ mm}}$$

$$\sigma = 606,57 \text{ mPa}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan, besar tegangan tarik yang diperoleh untuk setiap campuran larutan alkali (NaOH dan KOH). dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel tersebut menyajikan hasil tegangan tarik dari setiap perlakuan terhadap serat lontar, yang menunjukkan pengaruh perbedaan perlakuan terhadap sifat mekanik serat.

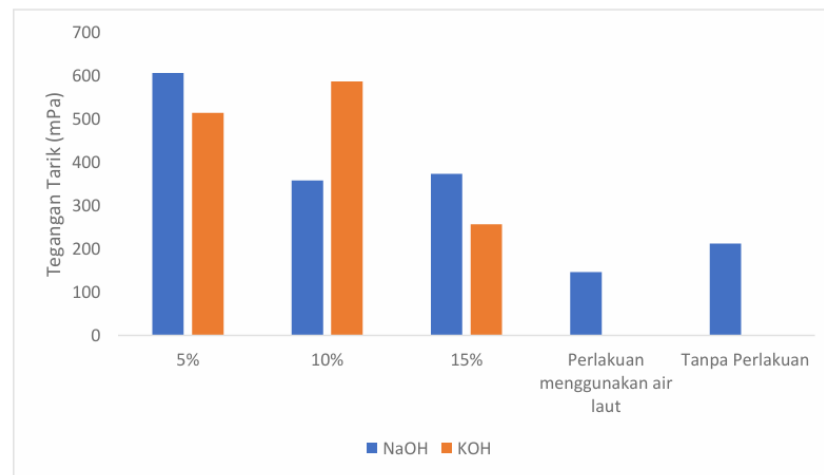
Tabel 3. Tegangan Tarik rata-rata perlakuan dan Tanpa Perlakuan Serat Lontar

No	Kode Spesimen	Perlakuan Alkali	Konsentrasi Larutan (%)	Temperatur (°C)	Tegangan Tarik (mPa)
1	A	NaOH	5	80	606,567
2	B	NaOH	10	80	358,225
3	C	NaOH	15	80	373,484
4	D	KOH	5	80	514,507
5	E	KOH	10	80	587,292
6	F	KOH	15	80	256,672
7	G	Air Laut	-	-	146,002
8	H	Tanpa Perlakuan	-	-	212,161

3.4 Pembahasan

Tegangan Tarik pada Perlakuan Serat Lontar Konsentrasi Alkali, Air Laut Dan tanpa perlakuan

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa serat yang diberi perlakuan Alkali mengalami peningkatan kekuatan tarik terhadap pada jenis alkali yang digunakan seperti terlihat pada gambar 7 di bawah ini.



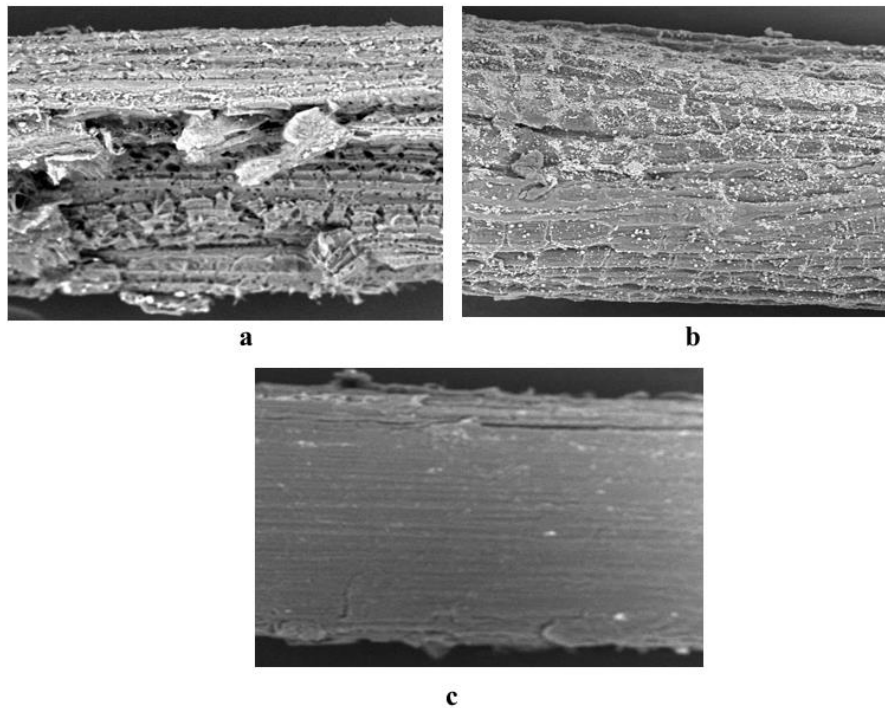
Gambar 7. Perlakuan NaOH serat lontar terhadap Tegangan Tarik (mPa)

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa serat lontar yang diberi perlakuan alkali KOH 15% dengan temperatur 80°C memiliki nilai kekuatan tarik yang paling rendah, yaitu sebesar 256,673 mPa. Sebaliknya, nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada serat lontar yang diberi perlakuan Alkali NaOH 5% dengan temperatur 80°C, yaitu sebesar 606,567 MPa. Rendahnya nilai kekuatan tarik pada serat lontar yang diberi perlakuan alkali dapat disebabkan oleh degradasi serat yang terjadi akibat konsentrasi larutan alkali yang terlalu tinggi. Degradasi serat ini dapat menyebabkan perubahan struktur serat, membuatnya menjadi lebih rapuh dan kurang kuat, sehingga berdampak pada rendahnya nilai kekuatan tarik.

Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi larutan Alkali dan temperatur perlakuan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik serat lontar. Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa serat yang diberi perlakuan Air laut dan tanpa perlakuan mengalami peningkatan kekuatan tarik paling besar pada serat tanpa perlakuan dibandingkan dengan serat menggunakan rendaman air laut seperti terlihat pada gambar 7. Berdasarkan hasil analisis pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa serat lontar yang diberi perlakuan air laut memiliki nilai kekuatan tarik yang paling rendah, yaitu sebesar 146,002 MPa. Sebaliknya, nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada serat lontar tanpa perlakuan, yaitu sebesar 212,161 MPa. Rendahnya nilai kekuatan tarik pada serat lontar dengan perendaman air laut disebabkan oleh beberapa faktor seperti pengaruh garam dan mineral air laut karena dapat menyebabkan korosi sehingga mengurangi kekuatannya, pengaruh penetrasi air laut kedalam serat karena air laut dapat menembus kedalam struktur serat lontar. Hal ini dapat mengurangi tegangan tarik pada serat lontar.

Foto SEM Serat

Hasil foto SEM menunjukkan bahwa serat yang diberi perlakuan alkali memiliki permukaan yang lebih bersih dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan seperti tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Foto SEM permukaan serat, a). Tanpa Perlakuan, b). 5% NaOH, c) 15% KOH

Gambar foto SEM (Scanning Electron Microscope) serat buah lontar di atas memberikan beberapa informasi sebagai berikut:

1. Serat tanpa perlakuan (raw fiber)

Ciri visual yang bisa diamati adalah permukaan terlihat sangat kasar, terdapat banyak kotoran, lapisan lilin (wax), pektin, dan struktur dinding sel yang masih tertutup.

2. Serat setelah perlakuan NaOH 5%

Ciri visual yang teramati adalah permukaan lebih bersih dari gambar a, namun masih terdapat partikel-partikel kecil menempel (kemungkinan residu NaOH atau pengotor yang belum terangkat sempurna).

3. Serat setelah perlakuan KOH 15%

Ciri visual yang teramati adalah permukaan sangat halus dan bersih, struktur fibril terpisah rapi atau tertata, sedikit atau tidak ada kotoran yang menempel.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari uraian yang telah disampaikan, dapat disimpulkan:

1. Konsentrasi larutan alkali (NaOH dan KOH) memberikan pengaruh perbedaan terhadap kekuatan tarik serat lontar, dimana perlakuan NaOH 5% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 606,567 MPa, diikuti oleh serat yang diberi perlakuan KOH 10% yakni sebesar 587,292 MPa. Sedangkan serat yang diberi perlakuan air laut menghasilkan kekuatan tarik terendah yakni sebesar 146 MPa.
2. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa serat yang diberi perlakuan alkali memiliki permukaan yang lebih bersih terhadap selulosa yang merupakan komponen utama dinding serat lontar.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, saran yang dapat diberikan yaitu dilakukan kajian temperatur dengan beberapa variasi temperatur dan waktu pemanasan untuk mengetahui sifat tarik yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Manurung, Septiana Xaveria, Perdinan Sinuhaji, and M. Syukur. (2013). "Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Serat Palem Saray dengan Matriks Poliester." *Jurnal Saintia Fisika* 4.1
- [2]. Fansuri, M. H. (2019). Analisis Uji Tarik Komposit Sandwich yang Digabungkan dengan 3d Printing.
- [3]. Kartini, R., Darmasetiawan, H., Karo, A. K., & Sudirman, S. (2018). Pembuatan dan karakterisasi komposit polimer berpenguat serat alam. *Jurnal sains materi indonesia*, 3(3), 30-38.
- [4]. Gunandar, A. W. (2021). Analis Kekuatan Tarik Dan Impak Bahan Komposit Hybrid Berpenguat Serbuk Kayu Akasia Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. Tugas Akhir. Teknik Mesin, Universitas Islam Riau Pekanbaru, 1-60.
- [5]. Salindeho, R. D., Soukotta, J., & Poeng, R. (2019). Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 2(2).
- [6]. Mawardi, I., Azwar, A., & Rizal, A. (2017). Kajian perlakuan serat sabut kelapa terhadap sifat mekanis komposit epoksi serat sabut kelapa. *Jurnal Polimesin*, 15(1), 22-29.
- [7]. Wijianto, W., & Hami, U. F. (2023). Efek Perlakuan Alkali Natrium Hidroksida Terhadap Karakter Fisis Dan Mekanis Komposit Serat Nanas Dengan Penguat Resin Poliester. *Inisiasi*, 17-24.
- [8]. Naqqiya, A. N. (2024). Skripsi: Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas Dengan Proses Pretreatment Dan Hidrolisis Menggunakan Microwave Irradiation (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung).
- [9]. Ophelia, N., Jandhana, I. P., & Deksin, G. R. (2024). Eksplorasi Penggunaan Bahan Material Komposit dari Serat Alam pada Drone: Jurnal Review. *J Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 9(1), 46-55.
- [10]. Yurista, R. B. (2019). Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman Terhadap Baja API 5L Grade B Dalam Media NaCl 3, 5% Menggunakan Inhibitor Ekstrak Biji Alpukat. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11]. Ramadhan, A. (2023). Efektivitas Kombinasi'serbuk Sabut Kelapa Dan Serbuk Kayu Dalam Meningkatkan Pertumbuhan Dan Produksi Budidaya Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- [12]. Murdiyanto, D. (2017). Potensi serat alam tanaman Indonesia sebagai bahan fiber reinforced composite kedokteran gigi. *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, 6(1), 14-22.
- [13]. Rini, D. S., & Wulandari, F. T. (2019). Pengaruh Ukuran Partikel Dan Perlakuan Pendahuluan Terhadap Sifat Fisika Papan Semen Partikel Pelepah Lontar (*Borassus Flabellifer* Linn). *Jurnal Silva Samalas*, 2(2), 71-74.
- [14]. Widodo, E. (2022). Buku Ajar Mekanika Komposit dan Bio-Komposit. Umsida Press, 1-111.
- [15]. Zulkifli, Z., & Dharmawan, I. B. (2019). Analisa pengaruh perlakuan alkalisasi dan hydrogen peroksida terhadap kekuatan mekanik komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 41-46.
- [16]. Salindeho, R. D., Soukotta, J., & Poeng, R. (2019). Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material. *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, 2(2).