

Pengaruh Variasi Waktu Perendaman Alkali (NaOH) Terhadap Kekuatan Komposit Serat Nanas (*Ananas Cosmosus*)

[The Effect of Alkali Soaking Time Variations (NaOH) on The Strength of Pineapple Fiber Composite (*Ananas Cosmosus*)]

Ricky Kurniawan¹⁾, Edi Widodo *,²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: ediwido@umsida.ac.id

Abstract. *Pineapple leaves contain high levels of fiber and can be used as a composite reinforcing material. The aim of this research was to determine the effect of 5% alkali treatment with variations of 2, 4, 8, 16 and 24 hours of immersion on the mechanical properties of composites reinforced with pineapple leaf fiber using a volume fraction of 30% with straight fiber orientation. For tensile test specimens refer to ASTM D638 and ASTM D790 bending tests. The results of the tensile test on the effect of alkaline immersion showed that the largest stress was 44.82 N/mm² in 24 hour immersion, the largest strain was 0.1080% in 24 hour treatment and the largest modulus of elasticity was 422.41 N/mm² in 8 hour treatment. Meanwhile, the results of the bending test showed that the largest bending stress was 122 N/mm² in 16 hours of treatment and the largest modulus of elasticity was 14616 Mpa. From these results it is clear that the length of alkali treatment time greatly influences the mechanical strength of the composite.*

Keywords - *Natural Fiber; Pineapple leaves; Alkaline Treatment*

Abstrak. *Struktur daun nanas memiliki kandungan serat yang tinggi dan bisa dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan alkali 5% dengan variasi perendaman 2, 4, 8, 16 dan 24 jam terhadap sifat mekanik dari komposit yang diperkuat serat daun nanas. Pembuatan komposit menggunakan fraksi volume 30% dengan orientasi serat lurus. Untuk spesimen uji tarik mengacu pada ASTM D638 dan uji bending ASTM D790. Hasil dari uji tarik pengaruh perendaman alkali didapat tegangan terbesar 44,82 N/mm² pada perendaman 24 jam, regangan terbesar 0,1080% dengan perlakuan selama 24 jam dan modulus elastisitas terbesar 422,41 N/mm² perlakuan 8 jam. Sedangkan hasil dari uji bending didapat tegangan lengkung terbesar 122 N/mm² pada perlakuan 16 jam dan modulus elastisitas terbesar 14616 Mpa. Dari hasil tersebut bahwa lamanya waktu perlakuan alkali sangat berpengaruh pada kekuatan mekanik komposit.*

Kata Kunci – *Serat Alam; Daun nanas; Perlakuan Alkali*

I. PENDAHULUAN

Teknologi di jaman sekarang perkembangannya sangat pesat khususnya dibidang material tidak hanya material komposit sintesis tetapi juga komposit alam. Komposit dengan serat alam memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan serat sintesis karena jumlahnya yang banyak, mudah diproses, lebih ramah lingkungan, dan harganya yang terjangkau dibandingkan serat sintesis. Sedangkan serat sintesis dapat menghasilkan gas yang tidak baik untuk kesehatan.[1] Komposit yang berpenguat serat alam merupakan komposit yang paling banyak dikembangkan. Komposit adalah gabungan dari dua bahan atau lebih memiliki sifat mekanik lebih kuat dari material dasarnya. Pada umumnya bahan pembuatan komposit ada dua unsur dimana serat sebagai bahan pengisi sedangkan matrix sebagai pengikat serat.[2] Peran utama komposit adalah untuk memindahkan tegangan antara serat memberikan kekuatan dan menjaga permukaan serat dari sifat mekanik. Pemanfaatan komposit serat alam sangat diunggulkan karena memiliki nilai kekuatan dan kekakuan yang standart sesuai dengan ikatan antara serat dan matriks. Material dari bahan penguat serat alam (*Natural Fiber Composite*) terus di teliti dan dikembangkan menjadi material alternatif pengganti logam dan komposit sintesis.[3]

Salah satu bahan penguat komposit serat alam adalah nanas nama ilmiahnya (*Ananas Cosmosus*).[4] Nanas merupakan tanaman yang bisa menghasilkan serat pada daunnya yang bisa dimanfaatkan sebagai alternatif material komposit serat alam.[5] Pohon nanas terdiri dari beberapa bagian seperti akar, batang, daun, dan buah. Bagian daun buah nanas mengandung serat yang tinggi dan bisa dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit.[6] Adanya senyawa karbon seperti selulosa dan lignin yang terdapat pada daun nanas.[7] Serat alam memiliki kekakuan dan kekuatan pada tumbuhan utamanya sesuai dengan kadar selulosanya. Selulosa pada tanaman merupakan kunci utama pada tumbuhan untuk meningkatkan daya serap pada serat.[8] Adanya selulosa pada daun nanas sehingga perlu proses pemisahan lignin dengan perlakuan perendaman NaOH (Natrium Hidroksida) 5%. Serat yang mengalami perlakuan perendaman NaOH memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkn dengan serat yang tidak ada perlakuan perendaman NaOH.[9] Matriks pada komposit menggunakan resin polyester yang tergolong dalam resin cair diubah menjadi padat dan keras sehingga terbentuk oleh ikatan silang kimia yang membentuk ikatan rantai polimer yang

diperkuat serat nanas.[10] Serat ini saling berkaitan dengan penggabungan dengan matriks polyester harus kompatibel dengan selulosa yang terkandung dalam serat tersebut.[11]

Pada penelitian pembuatan komposit serat daun nanas menggunakan metode cetak tekan dengan perlakuan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6 dan 8 jam dengan fraksi volume 30% sampai 60%. Pada uji tarik tersebut komposit yang diberi perlakuan NaOH selama 4 jam memiliki tegangan tarik tertinggi disusul dengan perlakuan NaOH 2 jam. Untuk tegangan tertinggi pada komposit dimiliki serat dengan perlakuan NaOH 6 jam dan disusul perlakuan NaOH 8 jam sedangkan nilai modulus elastisitas tertinggi pada serat dengan perlakuan NaOH selama 4 dan 2 jam pada fraksi volume 38%.[12] Pada uji bending yang diperkuat serat daun nanas metode cetak tekan dengan perlakuan alkali selama 0, 2, 4, 6 dan 8 jam dengan fraksi volume 20% sampai 50%. Kekuatan bending optimal terjadi pada perlakuan alkali selama 6 jam. Modulus bending kekuatan optimal terjadi pada perlakuan 4 jam.[13]

Pada komposit serat rami uji tarik yang diberi perlakuan alkali 5% dengan variasi waktu perendaman 0, 2, 4, 6 jam. Menggunakan metode cetak tekan dengan fraksi volume 35% dimana semua spesimen dilakukan *post cure* pada suhu 62 °C selama 4 jam. Komposit yang diperkuat dengan serat rami memiliki kekuatan tarik yang paling baik serat yang diberi perlakuan alkali selama 2 jam untuk tegangan dan regangan, sedangkan modulus elastisitas yang paling tinggi terjadi pada perlakuan alkali selama 6 jam.[14] Pada komposit serat kulit jagung uji bending yang diberi perlakuan perendaman NaOH 2 dan 4 jam dengan konsentrasi 5% memiliki hasil yang baik pada komposit serat daun kulit jagung yang diberi perlakuan perendaman NaOH selama 2 jam.[15] Waktu variasi waktu perendaman alkali sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik. Jadi pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu lamanya waktu perendaman 2, 4, 8, 16 dan 24 jam terhadap kekuatan mekanik pada komposit yang diperkuat dengan serat nanas.

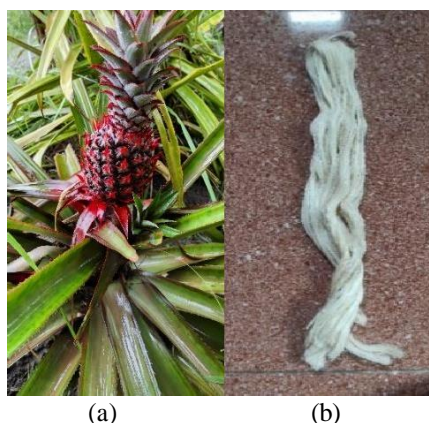
II. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen (*Experimental Research*) yaitu komposit menggunakan serat nanas (*Ananas Cosmosus*) dengan perlakuan Alkali (NaOH) sebesar 5% dengan variasi waktu perendaman 2, 4, 8, 16, dan 24 jam. Menggunakan fraksi volume 30% dengan orientasi serat lurus matriks yang digunakan polyester bening tipe 801 dan katalis mepoxe. Pembuatan spesimen dengan metode hand lay up dengan tujuan untuk mengetahui nilai optimal pada uji tarik dan bending.

A. Persiapan Bahan

1. Serat Daun Nanas

Pemanfaatan serat daun nanas (*Ananas Cosmosus*) sebagai penguat material komposit merupakan salah satu alternatif untuk pengolahan komposit yang diperkuat serat daun nanas.[5] Serat daun nanas merupakan serat alami yang diperoleh dari tanaman nanas. Serat daun nanas memiliki banyak kelebihan diantaranya ramah lingkungan, fleksibel dan dapat diperbarui. Karakteristik pada serat daun nanas memiliki kekuatan tarik yang hampir lebih tinggi dua kali lipat dibandingkan dengan fiber glass, yaitu 42,33 kg/mm² pada serat daun nanas dan 21,65 kg/mm² pada fiber glass.[16]



Gambar 1. (a) Tumbuhan Nanas (*Ananas Cosmosus*) (b) Serat Daun Nanas

2. NaOH

Natrium Hidrosida (NaOH) adalah senyawa kimia anorganik basa yang kuat berbentuk padatan putih berbentuk kristal seperti gula bersifat higroskopis dan larut dalam air. NaOH menghasilkan larutan yang bersifat basa yang terdiri dari ion natrium dan ion hidroksida memiliki kemampuan untuk meningkatkan pH

secara signifikan. Senyawa ini sering disebut soda kaustik atau alkali kaustik karena sifatnya yang korosif. Penggunaan NaOH tersebut bertujuan untuk menghilangkan kandungan selulosa pada serat daun nanas.[17]



Gambar 2. NaOH

3. Alkali

Perlakuan alkali berguna untuk menghilangkan selulosa pada serat daun nanas, jika selulosa pada serat tidak dihilangkan memiliki sifat mekanik yang kurang baik efeknya cukup signifikan perbandingan serat yang diberi perlakuan alkali dan serat yang tidak diberikan perlakuan alkali.[8] Untuk perlakuan alkali (NaOH) 5% dengan perendaman selama 2, 4, 8, 16 dan 24 jam menggunakan pencampuran aquades 500ml dan NaOH 25gram, Berikut persamaan yang digunakan untuk perlakuan alkali:

$$gr = r \times v \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

r = Perlakuan NaOH (%)
v = Volume Larutan (ml)

4. Matriks

Matriks yang digunakan sebagai bahan pengikat serat pada proses pembuatan komposit menggunakan resin benin polyester tipe 801 yang dapat dilihat pada gambar 3. Resin polyester tersebut merupakan jenis resin polyester tak jenuh yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi salah satu contohnya komposit. Resin tipe ini memiliki sifat kekerasan yang baik, setelah mengeras resin ini memiliki kekuatan mekanis yang cukup tinggi. Resin ini sangat mudah digunakan untuk mencetak bentuk yang rumit cocok untuk pembuatan komposit.[18]

5. Katalis

Katalis yang digunakan pada pembuatan komposit menggunakan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*) dalam bentuk cairan bisa dilihat pada gambar 3. Katalis merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat pengeringan pada resin (*curing*) atau bioresin semakin cepat daripada seharusnya. Proses pengeringan pada pembuatan komposit yang diperkuat dengan matriks resin polyester menjadi suatu tahapan yang membutuhkan waktu cukup lama, sehingga diperlukan upaya untuk mempersingkat tahapan pengeringan tersebut. Pada penggunaan katalis harus sesuai dengan kebutuhan jika penggunaan katalis yang berlebih dapat menyebabkan penurunan densitas dan kekuatan pada komposit tersebut.[19]



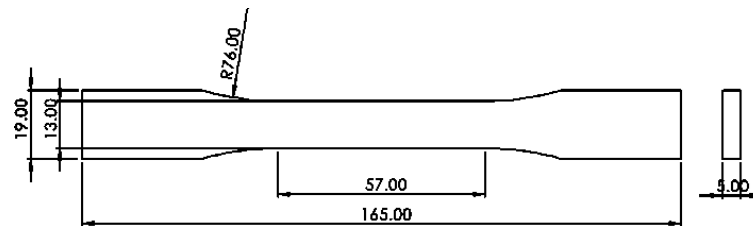
(a)

(b)

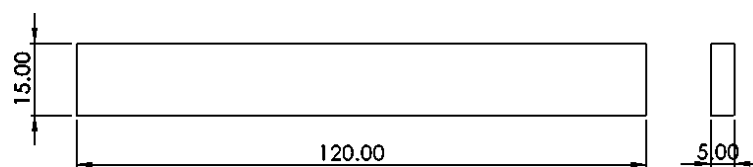
Gambar 3. (a) Resin Polyester Tipe 801 (b) Katalis

6. Metode *Hand Lay Up*

Pada pembuatan komposit serat daun nanas menggunakan metode *Hand Lay Up* adalah teknik pembuatan komposit yang paling sederhana dan sering digunakan karena memiliki kelebihan seperti biaya yang rendah, fleksibilitas tinggi dan tidak membutuhkan peralatan khusus. Metode *Hand Lay Up* metode pembuatan menggunakan jarum merapikan serat dan untuk mengilangkan gelembung pada resin karena jarum memiliki ujung yang lancip sehingga meminimalisir pembentukan gelembung baru saat merapikan serat dan menghilangkan gelembut pada komposit.[10] Orientasi serat lurus dengan panjang sesuai cetakan yang digunakan. Pembuatan spesimen menggunakan cetakan yang terbuat dari silikon tujuan menggunakan cetakan silikon agar spesimen mudah dikupas saat sudah mengeras dan cetakan silikon bisa digunakan kembali. Pengujian tarik menggunakan ASTM D638 dapat dilihat pada Gambar 4 [2]sedangkan untuk pengujian bending menggunakan ASTM D790 dapat dilihat pada Gambar 5.[20]



Gambar 4. Spesimen Uji Tarik ASTM D638



Gambar 5. Spesimen Uji Bending ASTM D790

Salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi karakteristik komposit adalah perbandingan matriks dan penguat serat. Perbandingan ini ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat. Sedangkan untuk fraksi volume serat menggunakan persamaan sebagai berikut:[21]

$$V_f = \frac{w_f / p_f}{w_f / p_f + w_k / p_m} \dots (\%) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- V_f : Fraksi volume serat
- W_f : Massa Berat Serat (gr)
- P_f : Massa jenis serat (gr/mm³)
- W_k : Massa Berat matrik (gr)
- P_m : Massa jenis matrik (gr/mm³)

B. Alat Uji Tarik dan Uji Bending

Mesin yang digunakan untuk melakukan pengujian tarik dan pengujian bending pada material komposit yang diperkuat dengan serat daun nanas menggunakan alat TARNOGROCKI milik Politeknik Negeri Malang yang memiliki kapasitas sebesar 100 KN.



Gambar 6. Alat Uji Tarik Dan Uji Bending

C. Pengujian Tarik

Uji tarik adalah salah satu pengujian mekanik yang digunakan untuk mengukur sifat pada suatu material. Pengujian dengan memberikan gaya tarik secara aksial pada material tersebut sampai mengalami deformasi atau patah. Spesimen yang diuji diberikan gaya tarik diletakkan sejajar dengan garis sumbu. [22] Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan dan modulus elastisitas. [23]

Dalam pengujian tarik ini yang nantinya akan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{p}{a} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

σ : Tegangan tarik (N/mm²)

p : Gaya (N)

a : Luas penampang spesimen (mm²)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

ϵ : Regangan %

ΔL : Pertambahan panjang (mm)

L : Panjang spesimen (mm)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

E : Modulus elastisitas (N/mm²)

σ : Tegangan tarik (N/mm²)

ϵ : Regangan

D. Pengujian Bending

Uji bending adalah pengujian dengan memberikan beban pada bagian atas material dan tegangan tarik dibawahnya. Karena kekuatan tekan material lebih besar daripada kekuatan tariknya yang membuat material tersebut akan pecah atau patah. Uji bending merupakan suatu metode untuk menguji material dengan cara menekannya untuk mengukur kekuatan lengkan material. Ada dua jenis uji bending yaitu: tiga titik poin bending dan empat titik poin bending. Jumlah titik poin yang membedakan pengujian tersebut. [24] Pada penelitian ini akan menggunakan uji bending tiga titik yaitu satu titik poin pada bagian atas sebagai penekan dan dua titik poin dibagian bawah sebagai tumpuan. [25] Pada pengujian bending untuk menghitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Three Point Bending

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

σ : Kekuatan bending (N/mm²)

p : Beban maksimum (N)

b : Lebar dari benda uji (mm)

h : Tebal dari benda uji (mm)

L : Jarak antara penyangga (mm)

Modulus elastisitas bending

$$Eb = \frac{L^3 p}{4bd^3} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

Eb : Modulus elastisitas bending (Mpa)

p : Beban (N)

L : Panjang benda (mm)

b : Lebar benda uji (mm)

d : Ketebalan benda uji (mm)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan Spesimen

Proses ekstraksi atau pemisahan serat daun nanas (*Ananas Cosmosus*) dengan daging daun dikerok menggunakan lempengan besi bisa juga menggunakan sendok, setelah serat dan dagingnya terpisah serat dicuci dengan air bersih sampai serat benar benar bersih dan tidak ada kotoran yang menempel. Setelah proses ekstraksi dan pencucian maka tahap akhir adalah proses pengeringan dimana dilakukan dengan penjemuran dibawah sinar matahari selama 1-2 hari sampai kering.



Gambar 7. Perlakuan Alkali (A) 2 Jam, (B) 4 Jam, (C) 8 Jam, (D) 16 Jam dan (E) 24 Jam

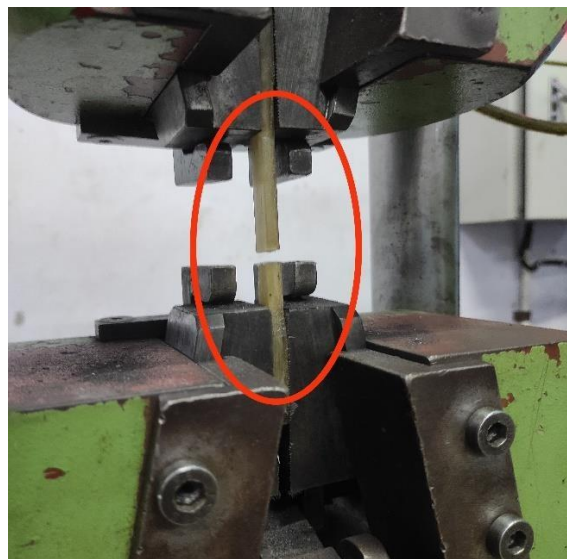
Proses pembuatan spesimen pertama siapkan serat daun nanas (*Ananas Cosmosus*) tersebut diberi perlakuan alkali (NaOH) 5% selama 2, 4, 8, 16 dan 24 jam. Cuci sampai bersih serat menggunakan air bersih, keringkan serat di dalam ruangan sampai kering. Siapkan cetakan dan timbang berat serat 0,95 gram potong serat dengan panjang yang sesuai dengan cetakan, rapikan serat pada cetakan dengan orientasi serat lurus. Campurkan resin dan katalis dengan takaran resin 50 gram dan katalis 1 gram. Tuangkan campuran tersebut pada cetakan yang sudah dipersiapkan serat tersebut. Proses pengerasan terjadi kurang lebih 4 jam hindari proses pengerasan di bawah sinar matahari apabila pengerasan pada spesimen belum benar benar kering dapat dilakukan lebih lama sampai mengeras dengan baik. Setelah spesimen sudah jadi spesimen dirapikan dengan mesin frais jika kurang rapi dan halus bisa diampelas menggunakan kertas amplas.[26] Spesimen uji tarik dibuat mengikuti standar ASTM D638 bisa dilihat pada Gambar 4. sedangkan untuk uji bending mengikuti standart ASTM D790 yang dapat dilihat pada Gambar 5. Serat dipotong sesuai dengan lebar dan panjang cetakan.



Gambar 8. (A) Spesimen Uji Bending (B) Spesimen Uji Tarik

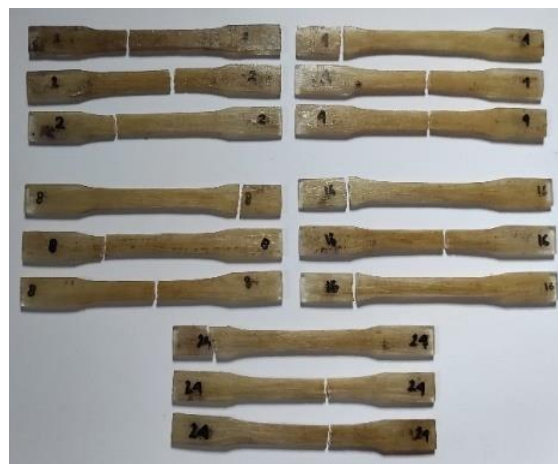
B. Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis pada material komposit. Hasil dari pengujian tarik yang diperkuat serat daun nanas dengan perbedaan waktu perlakuan alkali 2, 4, 8, 16 dan 24 jam dengan konsentrasi 5% telah dilakukan pada setiap spesimen komposit.



Gambar 9. Proses pengujian tarik

Pada Gambar 9. Menunjukkan proses pengujian tarik spesimen komposit serat nanas diaman kedua sisi spesimen dicapit dan diberi beban tarik sampai patah yang seragam kearah vertikal (searah dengan orientasi serat). Hasil dari spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik pada seluruh spesimen secara bertahap bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Spesimen Hasil Uji Tarik

Dari hasil pengujian tarik yang didapat dilakukan pengolahan data untuk mengetahui regangan, tegangan, modulus elastisitas yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Uji Tarik

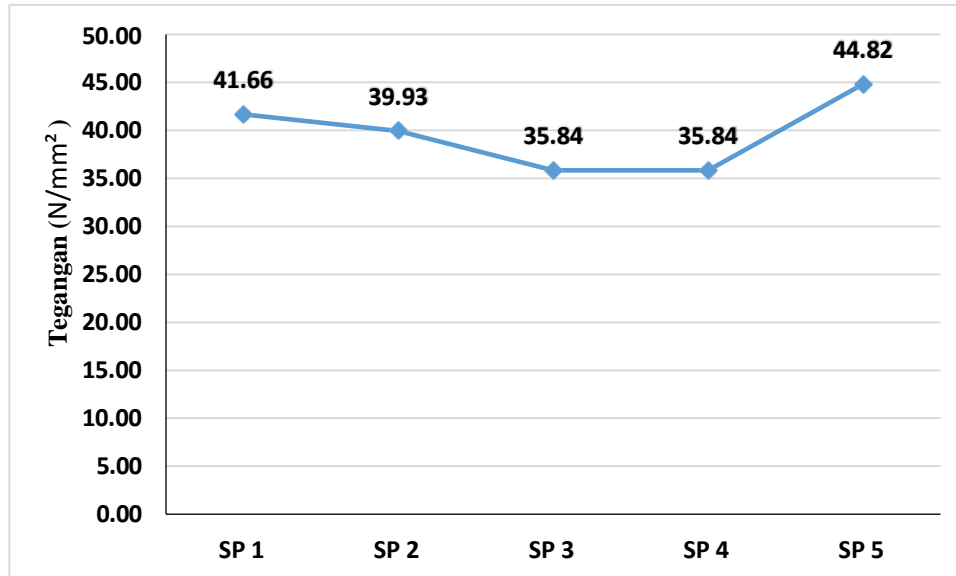
| Spesimen | Variasi (jam) | Beban (N) | Perpanjangan (mm) | Tegangan (N/mm ²) | Regangan % | Modulus Elastisitas (N/mm ²) |
|----------|---------------|-----------|-------------------|-------------------------------|------------|--|
| A1 | 2 | 2493,70 | 5,94 | 38,36 | 0,1042 | 368,15 |
| A2 | 2 | 2319,08 | 5,40 | 35,68 | 0,0947 | 376,60 |
| A3 | 2 | 3311,86 | 6,34 | 50,95 | 0,1112 | 458,08 |
| B1 | 4 | 2205,29 | 4,15 | 33,93 | 0,0728 | 465,99 |
| B2 | 4 | 2827,24 | 5,84 | 43,50 | 0,1025 | 424,53 |
| B3 | 4 | 2754,65 | 5,49 | 42,38 | 0,0963 | 440,00 |
| C1 | 8 | 2046,37 | 4,73 | 31,48 | 0,0830 | 379,39 |
| C2 | 8 | 2487,82 | 4,77 | 38,27 | 0,0837 | 457,36 |
| C3 | 8 | 2454,46 | 5,00 | 37,76 | 0,0877 | 430,47 |
| D1 | 16 | 1300,81 | 3,84 | 20,01 | 0,0674 | 297,06 |
| D2 | 16 | 3025,40 | 5,98 | 46,54 | 0,1049 | 443,65 |
| D3 | 16 | 2662,43 | 5,00 | 40,96 | 0,0877 | 466,95 |
| E1 | 24 | 3137,24 | 6,33 | 48,27 | 0,1111 | 434,62 |
| E2 | 24 | 2937,11 | 6,51 | 45,19 | 0,1142 | 395,64 |
| E3 | 24 | 2666,36 | 5,62 | 41,02 | 0,0986 | 416,05 |

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu perlakuan alkali 2, 4, 8, 16 dan 24 jam sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit tersebut. Hal ini disebabkan oleh hilangnya lapisan pelindung pada serat yang menyerupai lilin dipermukaan serat akibat dari perlakuan NaOH.[27] Untuk mengetahui rata rata hasil pengujian tarik bisa dilihat pada Tabel 3 dimana SP1 adalah rata rata dari spesimen A1, A2,A2 dengan perendaman Naoh 2 jam, SP2 adalah rata rata dari Spesimen B1, B2, B3 perendaman 4 jam, SP3 adalah rata rata dari spesimen C1, C2, C3 perendaman 8 jam, SP4 adalah rata rata dari spesimen D1, D2, D3 perendaman 16 jam dan SP5 adalah rata rata dari spesimen E1, E2, E3 perendaman 24 jam.

Tabel 2. Rata Rata Pengujian Tarik

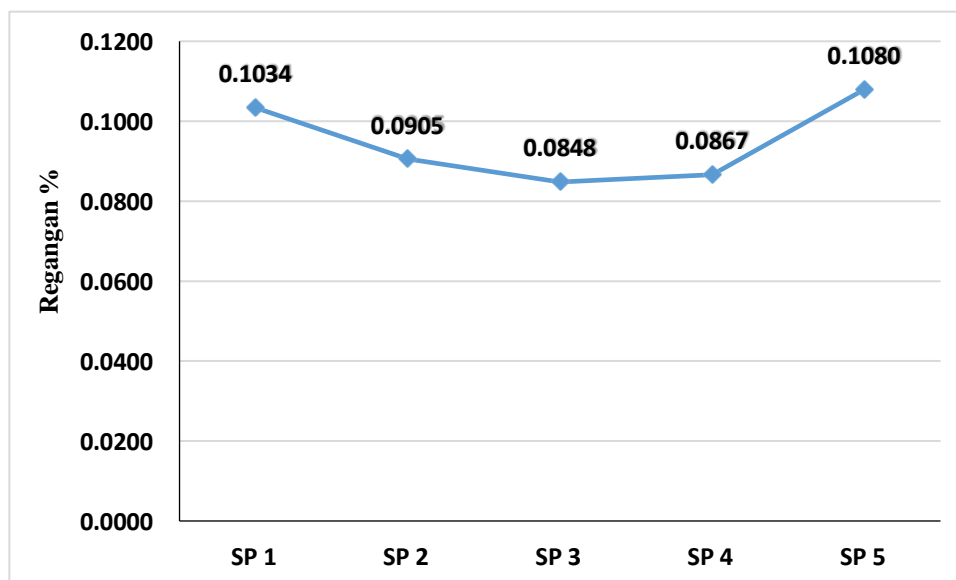
| Spesimen | Jam | Tegangan (N/mm ²) | Regangan % | Modulus (N/mm ²) |
|----------|-----|-------------------------------|------------|------------------------------|
| SP1 | 2 | 41,66 | 0,1034 | 400,94 |
| SP2 | 4 | 39,93 | 0,0905 | 420,98 |
| SP3 | 8 | 35,84 | 0,0848 | 422,41 |
| SP4 | 16 | 35,84 | 0,0867 | 413,53 |
| SP5 | 24 | 44,82 | 0,1080 | 415,43 |

Pada Tabel 2 bisa dilihat hasil dari rata rata tegangan, regangan dan modulus elastisitas dari pengujian tarik. Untuk mempermudah mengetahui kenaikan dan penurunan nilai kekuatan pada komposit maka dibuatlah grafik tegangan, regangan dan modulus elastisitas, dapat dilihat pada Gambar 11 untuk tegangan, Gambar 12 grafik regangan dan Gambar 13 grafik modulus elastisitas.



Gambar 11. Grafik Rata Rata Tegangan

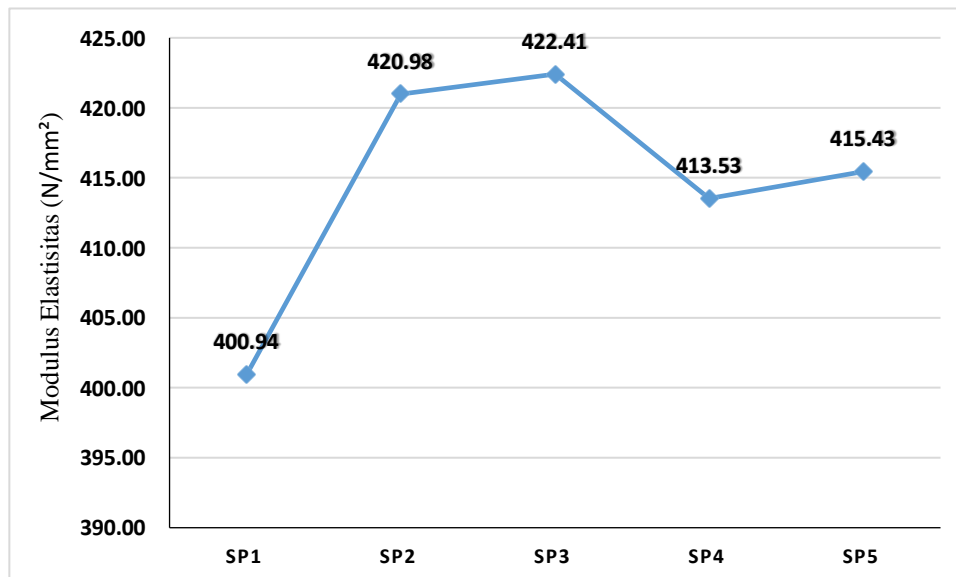
Dari Gambar 11 terlihat bahwa kurva menunjukkan penurunan nilai kekuatan tegangan dari waktu perlakuan NaOH 2 jam SP1 sampai perlakuan 8 jam SP3 dan mengalami kenaikan pada perlakuan NaOH 16 jam SP4 sampai 24 jam SP5. Maka nilai kekuatan tegangan tertinggi dimiliki komposit dengan perlakuan NaOH selama 24 jam SP5 dengan nilai tegangan 44.82 N/mm², sedangkan untuk nilai terendah pada komposit yang diberi perlakuan NaOH selama 8 SP3 dan 16 jam SP4 dengan nilai tegangan 35.84 N/mm². Tegangan mengalami penurunan dan lebih stabil pada nilai terendah yang terjadi pada spesimen dengan perlakuan NaOH 8 jam SP3 dan 16 jam SP4. Penurunan ini menunjukkan bahwa matrik lebih dominan dalam menahan beban karena deformasi serat, pada spesimen tersebut menunjukkan melemahnya ikatan antara serat dan matrik. Pada spesimen perendaman 24 jam SP5 tegangan mengalami peningkatan secara signifikan dan menjadi nilai tertinggi hal ini mengindikasikan bahwa pada kondisi ini ikatan serat dan matrik kembali menguat sehingga mampu menahan beban lebih besar.[28]



Gambar 12. Grafik Rata Rata Regangan

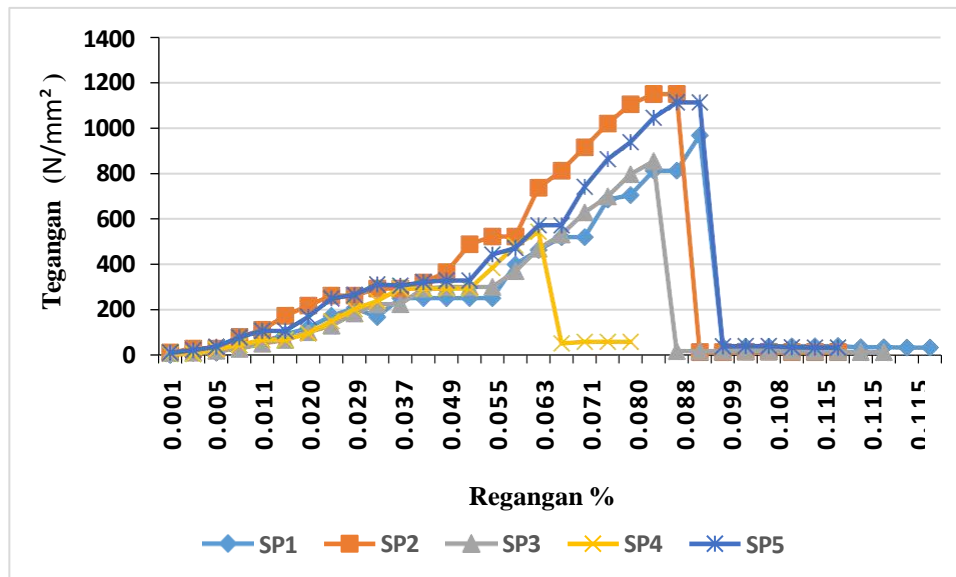
Dari Gambar 12 terlihat bahwa kurva menunjukkan penurunan nilai kekuatan regangan dari waktu perlakuan NaOH 2 jam pada SP1 sampai perlakuan 8 jam SP3 dan mengalami kenaikan pada perlakuan NaOH selama 16 jam SP4 sampai 24 jam SP5. Maka kekuatan tegangan tertinggi dimiliki komposit dengan perlakuan NaOH selama 24 jam SP5 dengan nilai regangan 0.1080%, dan disusul oleh komposit yang diberi perlakuan NaOH selama 2 jam SP1 dengan nilai regangan 0.1034%. Hasil terendah terjadi pada komposit dengan perlakuan NaOH selama 8 jam SP3 dengan nilai

regangan 0.0848% yang mengindikasikan bahwa deformasi lebih lanjut terjadi pada serat atau ikatan serat dan matrik semakin melemah. Penurunan kekuatan regangan karena ikatan serat dan matriks kurang baik yang menyebabkan serat atau tidak bisa meregang atau patah dahulu. Regangan kembali mencapai nilai tertinggi pada spesimen perendaman 24 jam SP 5 menunjukkan bahwa adanya perbaikan ikatan serat dan matrik. Maka semakin lama perlakuan NaOH maka regangan pada komposit akan semakin tinggi, hal ini terjadi karena ikatan antara serat dan matriks yang baik sehingga serat dapat meregang lebih panjang.[29]



Gambar 13. Grafik Rata Rata Modulus Elastisitas

Perlakuan NaOH pada serat juga mampu meningkatkan modulus elastisitas pada komposit yang diperkuat dengan serat daun nanas. Dari Gambar 13 kurva menunjukkan perlakuan 2 jam SP1 sampai 4 jam SP2 mengalami kenaikan nilai kekuatan yang signifikan. Pada waktu 8 jam SP3 sampai 16 jam SP4 mengalami penurunan dan mengalami kenaikan pada waktu perlakuan 24 jam SP5. Modulus elastisitas tertinggi pada komposit dengan perlakuan NaOH selama 8 jam SP3 dengan nilai 422.41 N/mm² disusul dengan komposit yang diberi perlakuan NaOH selama 4 jam SP2 dengan nilai 420.98 N/mm², sedangkan untuk modulus elastisitas terendah pada komposit perlakuan NaOH selama 2 jam SP1 dengan nilai 400.94 N/mm² dan 16 jam SP4 dengan nilai 413.53 N/mm². Kenaikan nilai kekuatan modulus elastisitas dari waktu perlakuan NaOH 2 jam SP1 sampai perlakuan 8 jam SP3 menunjukkan spesimen lebih ulet yang dapat meningkatkan modulus elastisitas. Penurunan modulus elastisitas yang terjadi pada spesimen perlakuan 16 jam SP4 menunjukkan spesimen memiliki sifat getas karena belum bisa menghilangkan sifat tersebut sehingga nilai modulus elastisitasnya rendah. Perlakuan NaOH pada serat yang lebih lama juga dapat menurunkan modulus elastisitas serat bahkan lamanya perlakuan tersebut tidak hanya menghilangkan selulosa tetapi juga bisa membuat serat menjadi rapuh.[30]



Gambar 14. Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik

Dari hasil pengujian tarik didapat grafik tegangan dan regangan yang dapat dilihat dari Gambar 14 spesimen komposit serat daun nanas yang diberi perlakuan NaOH 4 jam SP2 menunjukkan bahwa spesimen memiliki kekuatan yang tinggi disusul dengan spesimen dengan perlakuan NaOH 24 jam SP5. Kekuatan terendah ditunjukkan pada spesimen dengan perlakuan NaOH 16 jam SP4. Spesimen mengalami kenaikan kekuatan drastis pada perlakuan NaOH 24 jam SP5. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa mengalami penurunan pada perlakuan 8 jam SP3 sampai 16 jam SP4 karena spesimen memiliki ikatan antara serat dan matrik yang buruk sehingga menurunkan kekuatan tegangan dan regangan.[31]

C. Hasil Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis pada material komposit. Hasil dari pengujian bending yang diperkuat serat daun nanas dengan perbedaan waktu perlakuan alkali konsentrasi 5% telah dilakukan pada setiap spesimen komposit.



Gambar 15. Proses Pengujian Bending

Gambar 15. Menunjukkan proses pengujian bending spesimen komposit serat nanas diaman spesimen diberi jarak tumpuan 30 mm di kedua sisi spesimen dan diberi beban dengan satu tumpuan di bagian tengah spesimen sampai patah atau melengkung. Hasil dari spesimen yang telah dilakukan pengujian bending pada seluruh spesimen secara bertahap bisa dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. (a) Hasil Pengujian Bending (b) Hasil Pengujian bending Dari Samping

Dari pengamatan bentuk bentuk patahan yang dihasilkan setelah pengujian bending pada Gambar 17 terlihat bahwa serat yang diberi perlakuan alkali memiliki ikatan serat dan matriks yang baik. Patahan pada spesimen tersebut memiliki retakan sebelum mengalami patah, retakan tersebut menunjukkan bahwa resin mengalami pengerasan yang baik dan merata.[32]

Dari hasil pengujian bending didapatkan data beban maksimal, data yang diperoleh dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai kekuatan bending. Dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Uji Bending

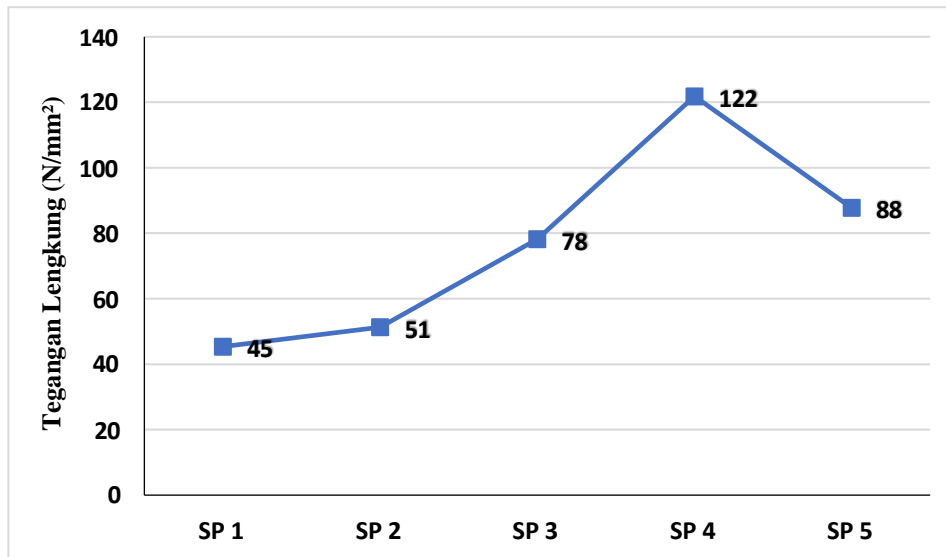
| Spesimen | Variasi (jam) | Beban (N) | Perpanjangan (mm) | σ (N/mm ²) | Eb (Mpa) |
|----------|---------------|-----------|-------------------|-------------------------------|----------|
| A1 | 2 | 253,10 | 2.28 | 61 | 7289 |
| A2 | 2 | 151,07 | 4.59 | 36 | 4351 |
| A3 | 2 | 162,85 | 3.34 | 39 | 4690 |
| B1 | 4 | 192,28 | 2.77 | 46 | 5538 |
| B2 | 4 | 160,88 | 2.68 | 39 | 4633 |
| B3 | 4 | 288,41 | 2.49 | 69 | 8306 |
| C1 | 8 | 272,72 | 2.95 | 65 | 7854 |
| C2 | 8 | 306,07 | 3.15 | 73 | 8815 |
| C3 | 8 | 398,29 | 4.55 | 96 | 11471 |
| D1 | 16 | 464,99 | 4.96 | 112 | 13392 |
| D2 | 16 | 525,82 | 4.37 | 126 | 15144 |
| D3 | 16 | 531,70 | 4.54 | 128 | 15313 |
| E1 | 24 | 341,39 | 5.27 | 82 | 9832 |
| E2 | 24 | 374,74 | 5.58 | 90 | 10793 |
| E3 | 24 | 380,63 | 5.31 | 91 | 10962 |

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa waktu perlakuan alkali 2, 4, 8, 16 dan 24 jam sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit tersebut. Untuk mengetahui rata rata hasil pengujian bending dapat dilihat pada Tabel 4 dimana SP1 adalah rata rata dari spesimen A1, A2, A3 dengan perendaman NaOH 2 jam, SP2 adalah rata rata dari spesimen B1, B2, B3 perendaman 4 jam, SP3 adalah rata rata dari spesimen C1, C2, C3 perendaman 8 jam, SP4 adalah rata rata dari spesimen D1, D2, D3 perendaman 16 jam dan SP5 adalah rata rata dari spesimen E1,E2,E3 perendaman 24 jam.

Tabel 4. Rata Rata Pengujian Bending

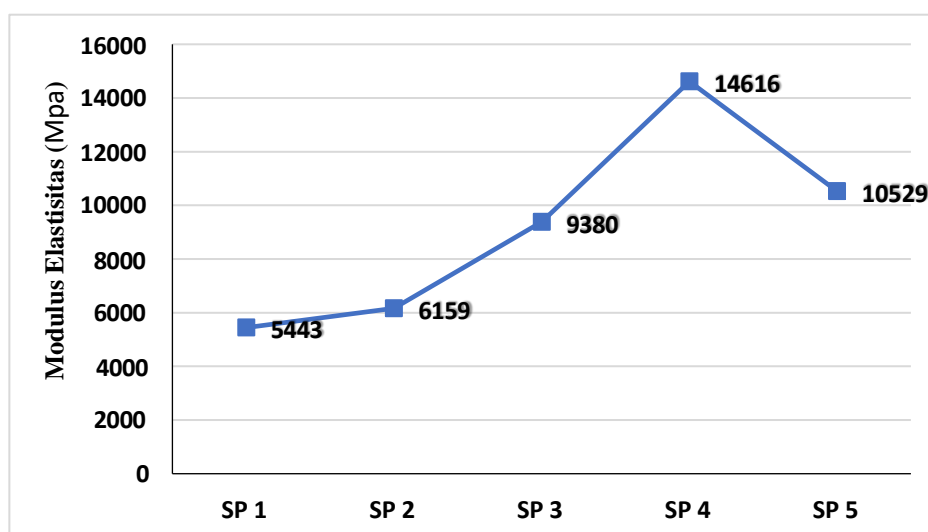
| Spesimen | Jam | σ (N/mm ²) | Eb (Mpa) |
|----------|-----|-------------------------------|----------|
| SP1 | 2 | 45 | 5443 |
| SP2 | 4 | 51 | 6159 |
| SP3 | 8 | 78 | 9380 |
| SP4 | 16 | 122 | 14616 |
| SP5 | 24 | 88 | 10529 |

Pada Tabel 4 bisa dilihat hasil dari rata rata tegangan lengkung dan modulus elastisitas dari pengujian bending. Untuk mempermudah mengetahui kenaikan dan penurunan nilai kekuatan pada material komposit maka dibuatlah grafik tegangan lengkung dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 17 untuk tegangan lengkung dan Gambar 18 untuk modulus elastisitas.



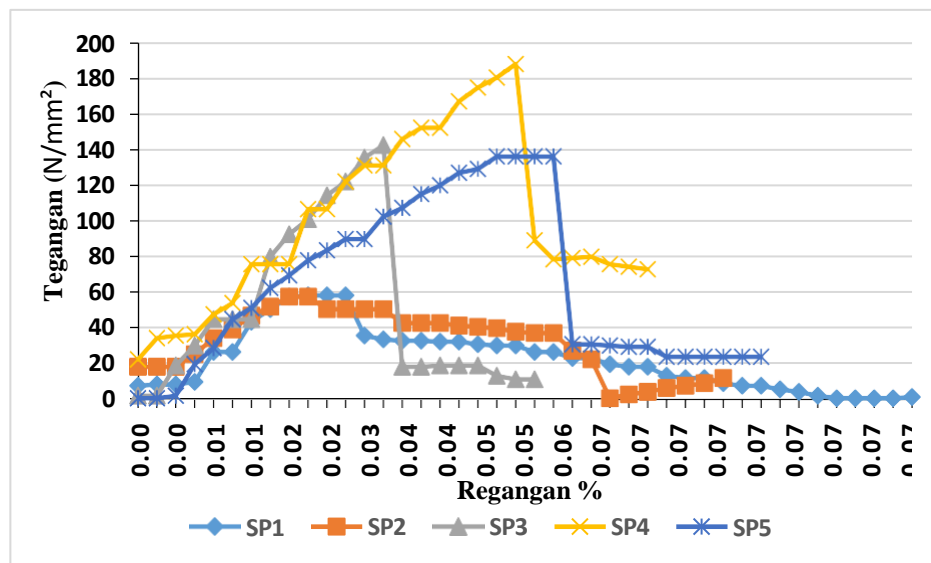
Gambar 17. Grafik Rata Rata Tegangan Lengkung

Hasil pengujian komposit yang diperkuat dengan serat daun nanas menunjukkan bahwa semakin lama perlakuan NaOH kekuatan bending cenderung meningkat. Hilangnya lapisan lignin pada serat dan kotoran yang menghalangi sehingga ikatan serat dan matriks semakin kuat. Dilihat pada gambar 17 kurva menunjukkan kenaikan nilai kekuatan tegangan lengkung dari waktu perlakuan NaOH 2 jam SP1 dengan nilai 45 N/mm² sampai 16 jam SP4 dengan nilai 122 N/mm² dan mengalami penurunan pada waktu perlakuan NaOH 24 jam SP5 dengan nilai 88 N/mm². Maka nilai kekuatan tegangan lengkung tertinggi pada komposit dengan perlakuan NaOH 16 jam SP4 dengan nilai 122 N/mm² dan nilai terendah terjadi pada komposit dengan waktu perlakuan NaOH 2 jam SP1 dengan nilai 45 N/mm². hal ini mungkin terjadi karena lapisan lignin pada serat daun nanas masih ada lapisan yang melindungi serat tersebut sehingga ikatan serat dan matriks kurang optimal. Lamanya waktu perlakuan NaOH juga bisa menurunkan kekuatan mekanik pada komposit yang diperkuat serat daun nanas. Penurunan kekuatan tersebut karena serat yang terlalu lama diberi Perlakuan NaOH akan menjadi rapuh.[33] Pada SP3 perlakuan 8 jam spesimen tersebut menunjukkan sedikit atau bahkan tidak ada deformasi plastis sebelum patah. Material getas cenderung patah secara tiba-tiba tanpa mengalami perubahan bentuk yang signifikan.



Gambar 18. Grafik Rata Rata Modulus Elastisitas Bending

Modulus elastisitas bending pada komposit yang diperkuat serat daun nanas memiliki nilai optimal pada lama waktu perlakuan NaOH 16 jam SP4. Pada gambar 18 kurva menunjukkan kenaikan nilai kekuatan Modulus Elastisitas Bending pada material komposit dengan waktu perlakuan NaOH 2 jam SP1 dengan nilai 5443 Mpa sampai waktu perlakuan 16 jam SP4 dengan nilai 14616 Mpa dan mengalami penurunan pada komposit dengan waktu perlakuan NaOH 24 jam SP5 dengan nilai 10529 Mpa. Maka nilai Modulus Elastisitas Bending tertinggi pada komposit perlakuan NaOH 16 jam SP4 dengan nilai 14616 Mpa dan nilai terendah terjadi pada komposit waktu perlakuan NaOH 2 jam SP1 dengan nilai 5443 Mpa. Waktu perlakuan alkali (NaOH) juga bisa menaikkan sifat mekanik pada komposit sebaliknya penurunan modulus elastisitas bending terjadi karena lamanya waktu perlakuan NaOH. Lamanya waktu perlakuan juga bisa merusak serat, sehingga serat menjadi rapuh dan mudah patah yang dapat menurunkan kekuatan mekanik pada serat tersebut.[34]



Gambar 19. Grafik Tegangan Regangan Uji Bending

Kenaikan kekuatan Tegangan Regangan pada spesimen perlakuan NaOH 8 jam SP3 sampai 16 jam SP4 dan mengalami penurunan Kekuatan pada perlakuan NaOH 24 jam SP5. Lamanya perlakuan NaOH tersebut dapat menaikkan kekuatan tegangan regangan, semakin lama perlakuan kekuatan mengalami penurunan yang terjadi pada perlakuan 24 jam SP5. Pada spesimen perlakuan NaOH 16 jam SP4 adalah tegangan dan regangan tertinggi dikarenakan pada perendaman tersebut spesimen memiliki kekuatan optimal juga memiliki ikatan yang baik antara serat dan matrik sehingga dapat menopang beban yang lebih tinggi dibandingkan pada perendaman yang lain.[31]

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pada penelitian ini komposit yang diperkuat dengan serat daun nanas (*Ananas Cosmosus*) yang diberi perlakuan alkali 5% dengan waktu perendaman 2, 4, 8, 16 dan 24 jam. disimpulkan bahwa lamanya waktu perlakuan alkali sangat berpengaruh pada kekuatan mekanik komposit. Jadi kesimpulannya lamanya perlakuan alkali dapat meningkatkan kekuatan komposit tetapi juga bisa menurunkan karena bisa merusak serat yang akhirnya serat tersebut menjadi rapuh dan mudah patah.

Hasil pengujian Tarik didapatkan nilai sifat mekanik komposit yang diperkuat serat daun nanas dengan Tegangan Rata-rata komposit memiliki nilai tertinggi pada komposit dengan perlakuan alkali 24 jam Sp5 yaitu 44.82 N/mm² dan nilai terendah pada komposit dengan perlakuan 8 jam SP3 dan 16 jam SP4 dengan nilai rata rata sama yaitu 35.84 N/mm². Regangan Rata-rata komposit memiliki nilai tertinggi pada perlakuan alkali 24 jam Sp5 yaitu 0.1080% dan kekuatan terendah pada komposit dengan perlakuan 8 jam SP 3 dengan nilai regangan 0.0848%. Rata-rata Modulus Elastisitas tertinggi pada komposit dengan perlakuan alkali 8 jam SP3 yaitu 420.98 N/mm² dan kekuatan terendah pada komposit perlakuan 2 jam SP1 yaitu 400.94 N/mm². Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa spesimen uji tarik memiliki karakteristik yang ulet. Material ulet mampu menyerap lebih banyak energi selama proses deformasi, yang terlihat dari area yang luas di bawah kurva tegangan-regangan. Ini menunjukkan ketahanan terhadap beban tarik dalam jangka waktu yang lebih lama.

Hasil dari pengujian Bnedingdidapatkan rata-rata Tegangan lengkung tertinggi pada komposit dengan perlakuan alkali 16 jam SP 4 yaitu 122 N/mm² dan yang terendah pada komposit dengan perlakuan 2 jam SP1 dengan nilai 45 N/mm². sedangkan rata-rata Modulus Elastisitas tertinggi pada komposit perlakuan 16 jam SP4 yaitu 14616 Mpa dan Modulus elastisitas terendah pada komposit perlakuan 2 jam SP1 yaitu 5443 Mpa. Pada spesimen perendaman 8 jam SP3 memiliki karaktersiti getas kuat terhadap tekanan tetapi mudah pecah saat diberi beban. Spesimen tersebut menunjukkan sedikit atau bahkan tidak ada deformasi plastis sebelum patah. Material getas cenderung patah secara tiba-tiba tanpa mengalami perubahan bentuk yang signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada orang tua dan teman-teman yang selalu memberi dukungan dan semangat, kesabaran dan serta doa dan tidak lupa juga kepada dosen pembimbing yang memberi dukungan dan bimbingannya sampai penelitian selesai. Terimakasih kepada Teknik Mesin UMSIDA yang telah memberikan tempat dan fasilitas penelitian di laboratoriumnya sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.

REFERENSI

- [1] E. Putra, D. Boangmanalu, A. Qadry, F. Taruyun, H. Sinaga, and A. B. Pratama, "uji kekuatan tarik komposit penguat serat sabut kelapa," vol. 05, no. 01, pp. 56–63, 2024.
- [2] Nurfajri and K. Arwizet, "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serabut Kelapa Dan Ijuk Dengan Perlakuan Alkali (NaOH)," *J. Multidisciplinary Res. Dev.*, vol. 1, no. 4, pp. 791–797, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.ranahresearch.com/index.php/R2J/article/view/130>
- [3] M. Syahrul Ramadhan and L. Rislya Prakasa, "Analisis Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Alam Daun Agel Dengan Variasi Matrik Epoxy Dan Polyester," *J. Penelit.*, vol. 6, no. 3, pp. 194–203, 2021, doi: 10.46491/jp.v6i3.567.
- [4] S. Supriyanto, "Karakteristik Kekuatan Komposit Serat Daun Nanas Dengan Variasi Panjang Serat," *J. Mesin Nusant.*, vol. 4, no. 1, pp. 30–39, 2021, doi: 10.29407/jmn.v4i1.16039.
- [5] M. T. Marantika, I. Sujana, and M. Ivanto, "Analisa uji tarik komposit berpenguat serat daun nanas dengan variasi susunan menggunakan perlakuan alkali," *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 62–68, 2022.
- [6] L. Widodo, K. Priyanto, and B. Margono, "Analisis Ketangguhan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Daun Nanas Berdasarkan Jenis Anyaman," *Teknika*, vol. 7, no. 4, pp. 217–227, 2022, doi: 10.52561/teknika.v7i4.207.
- [7] D. K. Sari and M. I. Sari, "Karakteristik Karbon Aktif Dari Limbah Daun Nanas (Ananas comosus) Dengan Aktivator H₃PO₄ 1 M," *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 12, no. 01, pp. 51–56, 2021, doi: 10.52506/jtpa.v12i01.127.
- [8] A. Nasir, et, "Efek Perlakuan Alkali Natrium Hidrosikda Terhadap Karakter Fisis dan Mekanis Komposit Serat Nanas Dengan Penguat Resin Poliester," vol. 9, pp. 356–363, 2023.
- [9] F. Husaini, S. M. B. Respati, and M. Dzulfikar, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Dan Arah Serat Pada Komposit Matrik Resin Polyester Berpenguat Serat Pelepat Lontar (Borassus Flabellifer) Dengan Perlakuan NaOH 5% Terhadap Kekuatan Uji Tarik," *J. Ilm. Momentum*, vol. 16, no. 1, 2020, doi: 10.36499/mim.v16i1.3349.
- [10] E. Widodo and I. Dwiyooga, "Analisis Pengaruh Alkalisasi NaOH Terhadap Serat Daun Nanas Sebagai Penguat Bio Komposit," *Otopro*, vol. 18, no. 1, pp. 1–6, 2022, doi: 10.26740/otopro.v18n1.p1-6.
- [11] A. M. F. H, Tjahjanti P, "Study of Crack Connections in Materials Composite Based on Polymer Study of Crack Connections in Materials Composite Based on Polymer," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/874/1/012026.
- [12] S. H. Nuri, T. Suwanda, and K. Diharjo, "Kajian Komprehensif Pengaruh Alkali Terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (Bromeliaceae)," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 199–207, 2006.
- [13] M. B. N. Rahman, T. Suwanda, and K. Diharjo, "Studi Optimasi Peningkatan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (Bromeliaceae) Kontinu Searah," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 11, no. 2, pp. 207–217, 2008.
- [14] K. Diharjo, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit," *J. Tek. Mesin*, 2008.
- [15] W. Rachmadi and T. H. Ningsih, "Optimasi Perlakuan Konsentrasi Dan Waktu Perendaman NaOH Serta Fraksi Volume Pada Komposit Serat Kulit Jagung Terhadap Pengujian Bending Metode Taguchi," *Jinggo*,

- vol. 2, no. 1, pp. 30–38, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.poliwangi.ac.id/index.php/jinggo/>
- [16] Syahrinal Anggi Daulay, Fachry Wirathama, and Halimatuddahlia, “Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Terhadap Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nanas,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 3, no. 3, pp. 13–17, 2014, doi: 10.32734/jtk.v3i3.1628.
- [17] I. Shah, L. Jing, Z. M. Fei, Y. S. Yuan, M. U. Farooq, and N. Kanjana, “A Review on Chemical Modification by using Sodium Hydroxide (NaOH) to Investigate the Mechanical Properties of Sisal, Coir and Hemp Fiber Reinforced Concrete Composites,” *J. Nat. Fibers*, vol. 19, no. 13, pp. 5133–5151, 2022, doi: 10.1080/15440478.2021.1875359.
- [18] S. D. Babatunde, “Synthesis and Characterisation of Sugarcane Bagasse and Pineapple Leaf Particulate Reinforced Polyester Resin Matrix Composites,” vol. 35, no. 3, pp. 1091–1100, 2022, doi: 10.35378/gujs.787964.
- [19] A. Alamsyah, T. Hidayat, and A. N. Iskandar, “Pengaruh Perbandingan Resin Dan Katalis Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Fiberglass-Polyester Untuk Bahan Pembuatan Kapal,” *Zo. Laut J. Inov. Sains Dan Teknol. Kelaut.*, vol. 2, no. 2, pp. 26–32, 2020, doi: 10.62012/zl.v1i2.10760.
- [20] E. F. Samsara, *Pengaruh Variasi Infill Pattern Terhadap Kuat Tarik dan Kuat Bending Filamen Polyactid Acid Pada Hasil Cetak Mesin Ender-3 Pro*, no. 0. 2016.
- [21] R. Lumintang, F. A. Rauf, and G. D. Soplanit, “Ketahanan Bending Komposit Matriks Poliester Berpenguat Serat Sabut Kelapa,” *J. Tekno Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 88–94, 2019.
- [22] J. T. Mesin, S. Pengajar, and U. M. Sidoarjo, “Pengaruh Model Speciment Uji Tarik Pada Pengelasan Besi Fc-30 Di Lihat Dari Kekuatan Tarik Pengelasan,” vol. 1, no. 2, pp. 29–36, 2016.
- [23] Gugun Gundara, Agung Setia Nurzein, Acep Wagiman, and Asep Romi Ramadhan, “Effect of Alkalized Pineapple Leaf Fiber Direction Variations on Tensile Strength and Bending of Polyester Matrix Composites,” *Formosa J. Sustain. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 87–96, 2023, doi: 10.55927/fjsr.v2i1.2703.
- [24] A. Kadir, A. Aminur, and M. Aminur, “Pengaruh Pola Anyaman Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Berpenguat Serat Bambu,” *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 9–18, 2015, doi: 10.33772/djtm.v6i1.262.
- [25] N. H. Sari and S. Sinarep, “Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguatan Serat Nilon,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, 2011, doi: 10.29303/d.v1i1.130.
- [26] R. Kartini, D. H. and Sudirman, “Polimer Berpenguat Serat Alam,” *J. SainsMateri Indones.*, vol. 3, no. 3, pp. 30–38, 2002.
- [27] A. E. Purkuncoro, “Pengaruh Perlakuan Alkali (Naoh) Serat Ijuk (Arenga Pinata) Terhadap Kekuatan Tarik,” *J. Tek. Mesin Transm.*, vol. 13, no. 2, pp. 167–178, 2017.
- [28] A. Nurdin, S. Hastuti, H. P. D., and R. H., “Pengaruh Alkali dan Fraksi Volume terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Akar Wangi – Epoxy,” *Rotasi*, vol. 21, no. 1, p. 30, 2019, doi: 10.14710/rotasi.21.1.30-35.
- [29] B. Maryanti, A. A. Sonief, and S. Wahyudi, “Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik,” *Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 123–129, 2011.
- [30] J. J. S. Nesimnasi, K. Boimau, and Y. M. Pell, “Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOh) pada Serat Agave Cantula terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester,” *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 29–38, 2015, [Online]. Available: <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- [31] W. A. Prasetyo, D. M. Gunara, and J. T. Penerbangan, “Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° Dan 90° Pada Struktur Komposit Serat Mendong Dengan Menggunakan Epoksi Bakelite Epr 174,” *Infomatek*, vol. 19, no. 02, pp. 57–64, 2017.
- [32] H. Hestiawan and A. Fauzi, “Studi Pengaruh Fraksi Volume dan Susunan Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Resin Berpenguat Serat Rotan (Calamus Trachycoleus),” *J. Mech.*, vol. 5, no. 1, pp. 3–6, 2014.
- [33] J. L. Marpaung, A. Sutrisno, and R. Lumintang, “Penerapan Metode Anova Untuk Analisis Sifat Mekanik Komposit Serabut Kelapa,” *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 151–162, 2017.
- [34] N. P. G. Suardana and N. M. Dwidiani, “Pengaruh Waktu Treatment Serat terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Tapis Kelapa,” *J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 2, pp. 188–192, 2008, doi: 10.22219/jtiumm.vol8.no2.188-192.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.