

Efek Panjang Serat Terhadap Sifat Tarik Komposit Poliester Berpenguat Serat Buah Lontar Yang Diberi Perlakuan Alkali

Kristomus Boimau^{1*}, Ardy Seran², Wenseslaus Bunganaen³, Rima N. Selan⁴

^{1,2,3,4}. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

e-mail: kristomus.boimau@staf.undana.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengobservasi dampak dari penggunaan panjang serat dan perlakuan NaOH terhadap sifat tarik material komposit berbahan serat buah lontar dan matrik poliester. Penelitian ini menggunakan bahan serat dari buah lontar, Wax Mirror Glass, Poliester dan Alkali (NaOH). Perlakuan NaOH dilakukan dengan cara merendam serat dalam larutan NaOH 15% selama 2 jam. Ukuran panjang serat pada penelitian ini adalah serat pendek (<1cm) dan serat panjang (>8 cm). Komposisi jumlah serat dan matrik dalam penelitian ini, dihitung berdasarkan fraksi volume serat dan fraksi volume matrik. Spesimen uji dibuat sesuai standar uji tarik ASTM D-3039. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit berpenguat serat pendek dengan perlakuan NaOH 15% selama 2 jam memiliki nilai tegangan tarik tertinggi dengan nilai rata-rata 5,896 Mpa, sedangkan yang terendah terdapat pada komposit dengan penguatan serat panjang non perlakuan alkali dengan nilai rata-rata 1,625 Mpa. Hasil foto makro menggambarkan adanya *fiber pull out* pada komposit dengan penguatan serat panjang tanpa perlakuan, sedangkan komposit berpenguat serat pendek dengan perlakuan alkali memiliki bentuk patah getas tanpa *fiber pull out*.

Kata kunci: komposit, serat lontar, panjang serat, kekuatan tarik, patahan

Abstrac

This study aims to observe the impact of the fiber lengths and NaOH treatment on the tensile properties of composite materials made from borassus fiber and polyester matrix. This study used fibers from borassus fruit, Wax Mirror Glass, Polyester and Alkali (NaOH). The NaOH treatment was carried out by soaking the fiber in a 15% NaOH solution for 2 hours. The length of the fiber in this study were short fiber (<1cm) and long fiber (>8 cm). The composition of the number of fibers and matrix in this study was calculated based on the volume fraction of the fiber and the volume fraction of the matrix. The test spesimens were made according to the tensile test standard ASTM D-3039. The results showed that short fiber reinforced composites treated with 15% NaOH for 2 hours had the highest tensile stress value with an average value of 5.896 MPa, while the lowest was found in composites with long fiber reinforcement without alkali treatment with an average value of 1.625 MPa. The results of the macro photo describe the shape of fiber pull out in the composite with long fiber reinforcement without treatment, while the short fiber reinforced composite with alkali treatment has a brittle fracture without fiber pull out.

Keywords: composite, borassus fiber, fiber length, tensile strength, fracture

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi material, maka para peneliti dituntut untuk dapat menemukan material yang ringan, kuat, murah dan ramah terhadap lingkungan. Material dengan karakter seperti di atas menjadi idaman para ahli rekayasa karena memberikan banyak sekali keuntungan, terutama dari sisi biaya. Material komposit berpenguat serat alam telah banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain di bidang otomotif sebagai panel pintu mobil, dashboard, desain interior rumah hunian, dan geladak kapal pesiar [1, 2].

Tersedia banyak tanaman yang memiliki serat dan berpotensi untuk digunakan dalam industri sebagai bahan baku penguat komposit polimer, seperti: nanas, kenaf, sabut, abaca, sisal, kapas, goni, bambu, pisang, lontar, talipot, rami, dan flex [3,4]. Selain serat alam tersebut, wilayah pulau Timor juga memiliki tanaman yang berpotensi menghasilkan serat yakni serat buah lontar dari pohon lontar, serat daun gewang dari pohon gewang dan serat widuri dari tanaman widuri.

Namun penggunaan serat alam sebagai penguat material komposit polimer terhambat oleh sifat tidak mudah menyatu dengan air (*hydrophobic*) dari polimer dan sifat serat alam yang gampang menyatu dengan air (*hydrophilic*). Kedua perilaku tersebut memberikan efek yang buruk terhadap daya rekat antara serat dan matrik. Oleh karena itu, serat alam mesti diberikan perlakuan alkali untuk mengurangi kadar lignin dan kotoran yang menempel pada permukaan serat [5]. Sifat mekanik komposit polimer berpenguat serat, dipengaruhi oleh banyak faktor. Salah satu diantaranya adalah panjang serat. Penggunaan serat dengan panjang di bawah panjang kritis (*critical length*) tidak akan memberikan penguatan yang optimum [6].

Kajian efek panjang serat terhadap kekuatan mekanik material komposit epoxy dengan penguatan serat pendek jute menunjukkan bahwa panjang serat memberikan pengaruh pada sifat mekanik komposit. Pada penelitian tersebut digunakan serat dengan variasi panjang yang berbeda, yakni 5 mm, 10 mm, 15 mm dan 20 mm. Komposit dicetak dengan metode *hand ly up* dan fraksi berat serat sebesar 30% serta arah orientasi serat acak. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan mekanik komposit tertinggi diperoleh pada komposit dengan panjang serat 15 mm, sedangkan paling rendah diperoleh pada komposit dengan panjang serat 5 mm [7].

Pada penelitian lain juga telah dikaji efek panjang serat terhadap kekuatan tarik dan modulus young komposit epoxy berpenguat serat karbon dosis tinggi (60% fraksi massa). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan serat pendek sangat efektif dalam komposit polimer. Dilaporkan pula bahwa kekuatan komposit dapat meningkat secara drastis walaupun dalam jumlah yang kecil. Namun, untuk volume serat tinggi, penyebaran dan ikatan *interfacial* cukup buruk sehingga nilai kekakuan dan efisiensi kekuatannya lebih rendah. Variasi panjang serat pada penelitian ini tercatat 2 mm, 4 mm dan 6 mm. Hasil pengujian menggambarkan bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang tertinggi diperoleh pada komposit dengan panjang serat 4 mm, diikuti dengan panjang serat 6 mm dan yang paling rendah adalah 2 mm [8]. Pada penelitian ini akan dikaji dampak penggunaan serat pendek (<1 cm) dan serat panjang (>8 cm) serta perlakuan alkali dengan konsentrasi 15% pada serat buah lontar terhadap kekuatan tarik komposit polyester.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan beberapa bahan dan alat seperti tertera di bawah ini.

a. Bahan Penelitian:

- 1) Resin poliester sebagai matrik dan katalis
- 2) NaOH digunakan untuk proses perlakuan kimia pada serat dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran dan lignin yang menempel pada serat. Konsentrasi NaOH yang digunakan sebesar 15% dan waktu perlakuan selama 2 jam.
- 3) Wax Mirror Glass digunakan sebagai pelapis pada cetakan agar hasil cetakan tidak lengket dengan cetakan sehingga memudahkan hasil cetakan dilepaskan.
- 4) Serat Buah Lontar diperoleh dari buah lontar yang sudah matang dan jatuh, dipisahkan antara kulit buah dan bijinya dengan cara dipotong. Selanjutnya dicuci dan dikeringkan di bawah terik matahari selama 2 hari hingga kering.



a.



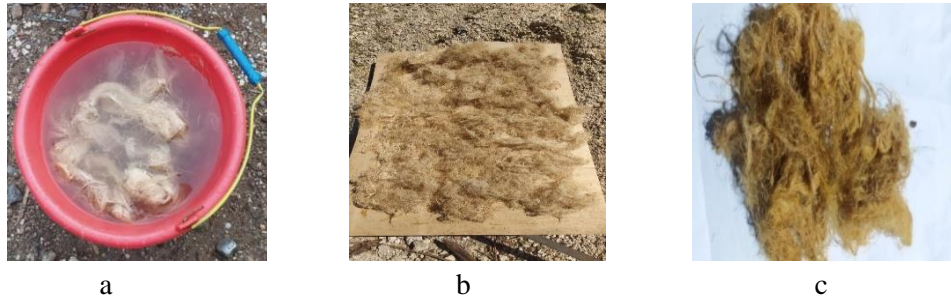
b.



c.

Gambar 1.a. Pohon Lontar, b. Buah Lontar , c. Serat.Buah Lontar

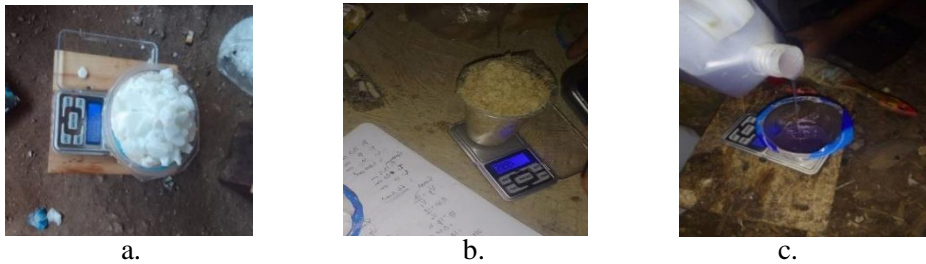
- 5) Serat yang telah dikeringkan diberi perlakuan alkali (NaOH) 15% dengan cara direndam selama 2 jam. Setelah itu, serat dicuci/dibilas dengan air sampai pH air normal. Kemudian serat dikeringkan dan dipotong dengan ukuran panjang <1 cm dan >8 cm. Serat hasil perlakuan inilah yang dipakai sebagai penguat komposit polyester.



Gambar 2.a. Perlakuan NaOH, b. Serat dijemur, c. Serat setelah di jemur

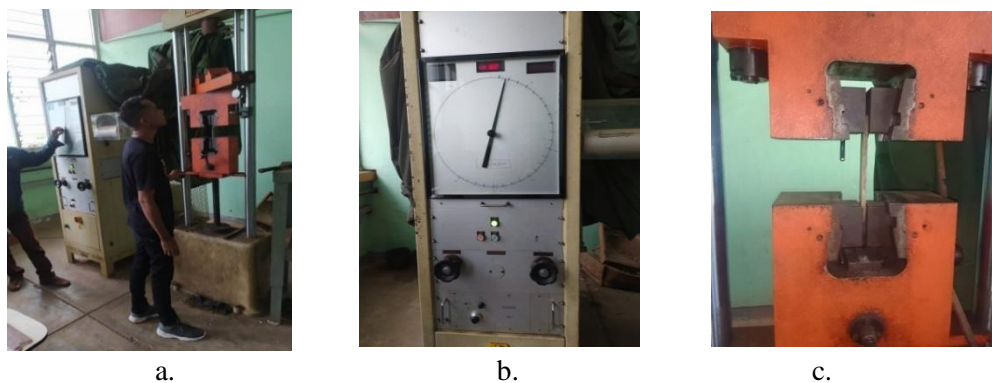
b. Alat yang digunakan:

- 1) Timbangan Digital, digunakan untuk menimbang berat NaOH, massa matriks dan massa serat.



Gambar 3.a. Penimbangan NaOH, b. Penimbangan Serat, c. Penimbangan Resin

- 2) Gelas ukur, digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan untuk perlakuan NaOH.
- 3) Jangka sorong digital, digunakan untuk mengukur tebal dan lebar spesimen uji.
- 4) Alat Uji Tarik, digunakan untuk menguji spesimen uji tarik komposit.



Gambar 4.a. Alat uji Tarik, b. Jarum Penunjuk Beban Uji, c. Cekaman Spesimen Uji

c. Tahapan pembuatan komposit polimer dan spesimen uji tarik.

Material komposit polimer, merupakan gabungan antara matrik (resin) dan serat sebagai penguat. Komposisi jumlah serat dan matrik dalam penelitian ini, dihitung berdasarkan fraksi volume serat dan fraksi volume matrik.

Fraksi volume serat yang digunakan sebesar 30%, sedangkan fraksi volume matrik sebesar 70%. Proses perhitungan fraksi volume serat menggunakan persamaan berikut [9]:

$$V_f = \frac{V_{\text{serat}}}{V_c} \dots\dots\dots(1)$$

dimana; V_f = Fraksi volume serat (%).
 V_{serat} = Volume serat (cm³)
 V_c = Volume komposit (cm³).

Sedangkan untuk volume fraksi matriksnya dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_m = \frac{V_m}{V_c} \dots\dots\dots(2)$$

dimana: V_m = Fraksi volume matriks (%).
 v_m = Volume matriks (cm³).
 V_c = Volume komposit (cm³)

Berdasarkan persamaan di atas, maka dihitunglah volume serat dan volume matrik yang akan digunakan.

- 1) Serat dan matrik ditimbang dengan timbangan digital untuk diketahui massanya sesuai dengan hasil perhitungan fraksi volume serat dan fraksi volume matrik.
- 2) Cetakan kayu diolesi *wax mirror glass* pada bagian dalamnya, dilanjutkan dengan menuang resin ke dalam cetakan dan diikuti dengan memasukan serat. Langkah ini diulangi beberapa kali sampai habisnya serat dan resin. Setelah itu cetakan ditutup dan ditekan selama ± 24 jam, kemudian hasil cetakan dikeluarkan dari cetakan.



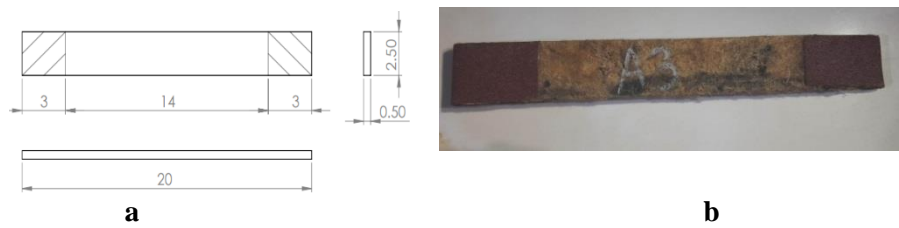
a.



b.

Gambar 5.a. Proses Penekanan Cetakan, b. Komposit Hasil Cetakan

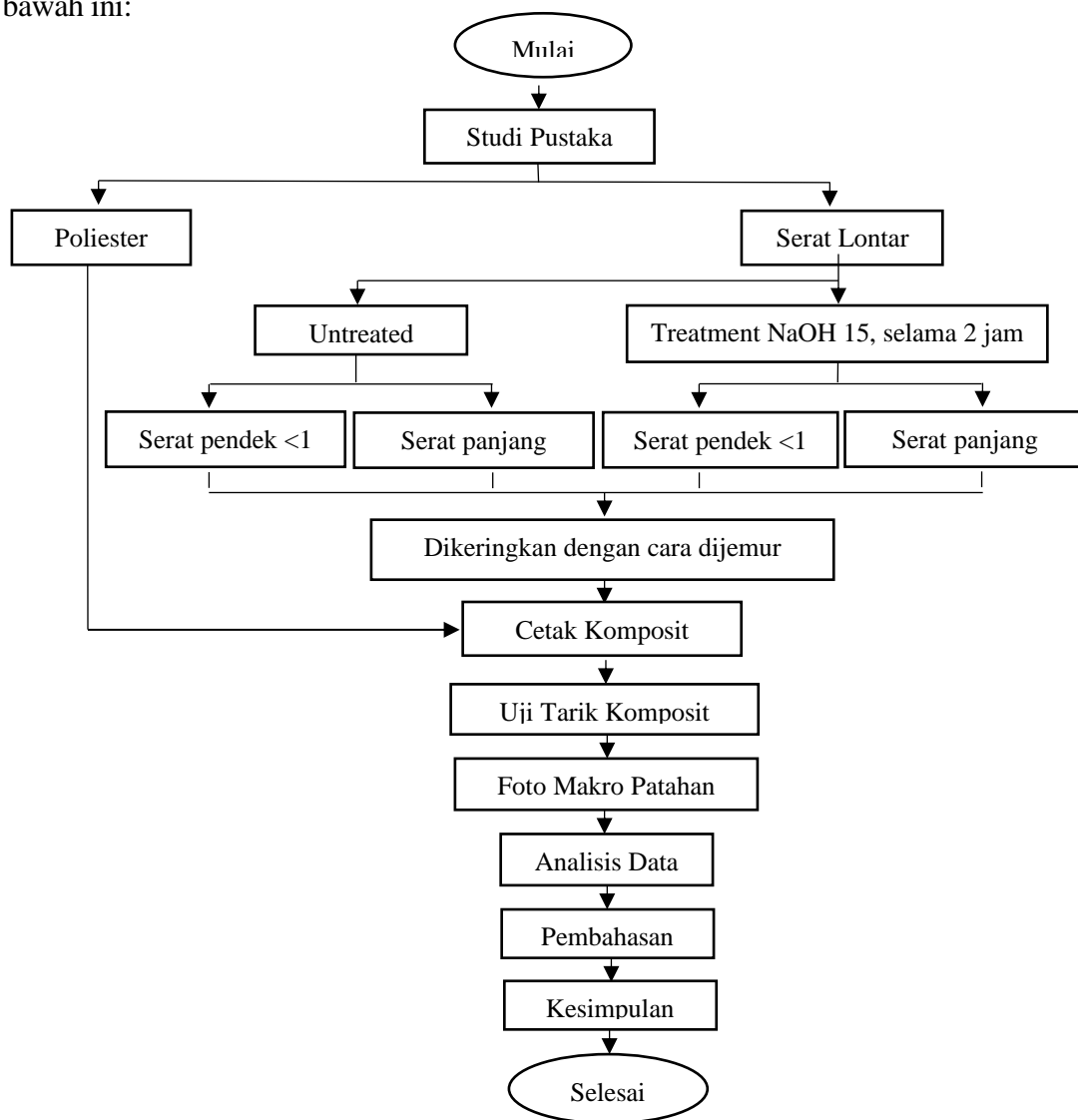
- 3) Setelah diperoleh hasil cetakan komposit, kemudian dipotong menjadi spesimen uji tarik sesuai standar ASTM D3039.



Gambar 6.a. Dimensi Spesimen uji D3039 dan b. Spesimen uji komposisi

d. Diagram alir penelitian.

Proses penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada diagram alir penelitian di bawah ini:



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Uji Tarik

Data mentah yang diperoleh pada uji tarik berupa nilai beban dalam satuan Newton (N), seperti tampak pada tabel uji berikut.

Tabel 1 Data Hasil pengujian tarik

No	Tipe Komposit	Kode Spesiemen	Tebal [mm]	Lebar [mm]	Luas Penampang [mm ²]	Beban Tarik [N]
1	Serat Panjang Perlakuan	A1	8.43	25.5	214.965	600
		A2	8.42	25.2	212.184	900
		A3	8.37	26	217.62	750
2	Serat Pendek Perlakuan	B1	6.69	30.1	201.369	1300
		B2	6.92	26.2	181.304	750
		B3	5.42	24.7	133.874	950
3	Serat Panjang Non Perlakuan	C1	10.3	24.3	250.29	350
		C2	10.7	26.1	279.27	500
		C3	9.2	25.8	237.36	400
4	Serat Pendek Non Perlakuan	D1	7.5	27	202.5	750
		D2	8.6	25.6	220.16	1150
		D3	9	25.8	232.2	550

b. Tegangan Tarik.

Selanjutnya data hasil pengujian tersebut digunakan untuk menghitung tegangan tarik dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

σ = tegangan (MPa)

F = gaya tarikan (N)

A_0 = luas penampang (mm^2) = Lebar x Tebal

Sebagai contoh perhitungan diambil data spesimen uji A1, dengan data sebagai berikut:

Lebar (L) = 25,5 mm

Tebal(T) = 8,43 mm

Beban (F) = 600 N

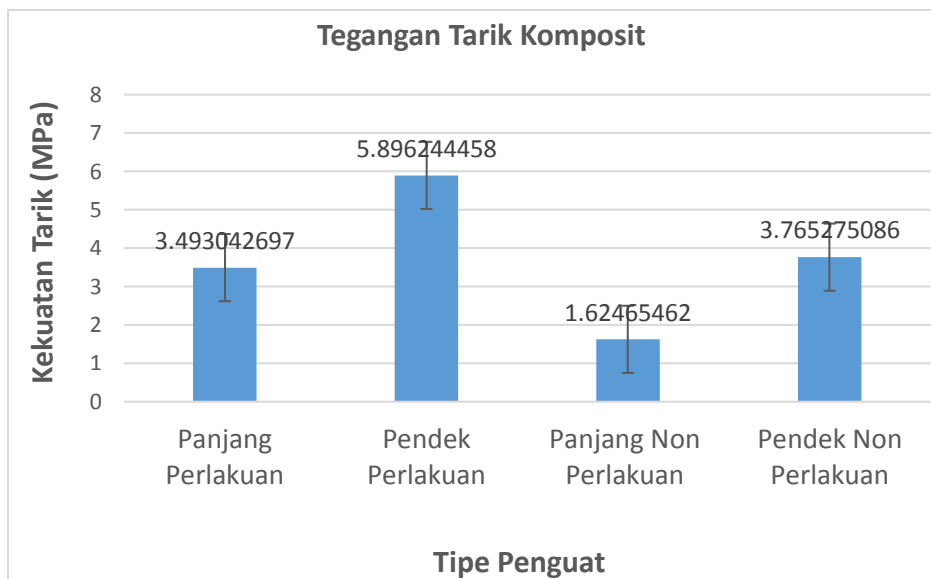
$$A_0 = 25,5 \times 8,43 = 214,965mm^2$$

Sesuai persamaan 1, maka nilai tegangan tarik adalah:

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

$$\sigma = \frac{600}{214.965} = 2,79 \text{ Mpa}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan tegangan tarik dengan menggunakan data hasil pengujian tarik pada tabel di atas dan hasilnya menunjukkan bahwa komposit berpenguat serat panjang tanpa perlakuan alkali memiliki nilai kekuatan tarik terendah.



Gambar 8. Tegangan Tarik Komposit

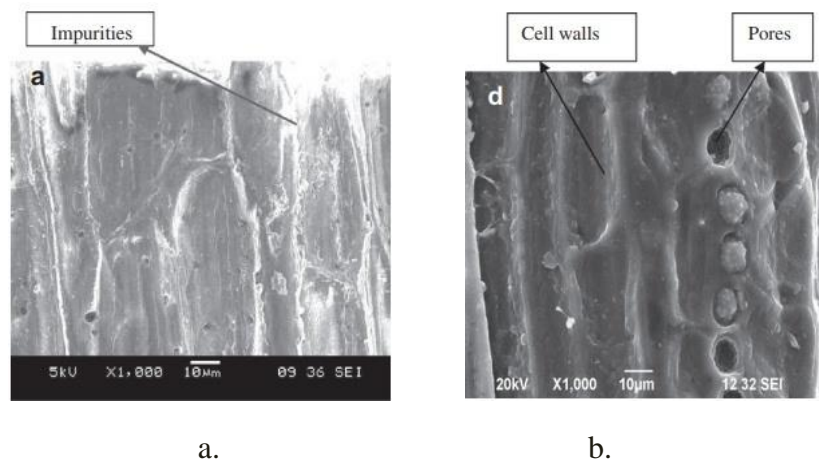
Dari gambar 8 juga terlihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada komposit berpenguat serat pendek dengan perlakuan alkali. Tingginya nilai kekuatan tarik tersebut disebabkan oleh penyebaran serat yang lebih merata dalam cetakan sehingga kecil kemungkinan adanya ruang kosong pada komposit yang bisa membuat cacat pada komposit yang dicetak.

Selain itu, faktor penyebab tingginya nilai kekuatan tarik komposit serat pendek disebabkan oleh matrik (resin) dapat membasahi serat secara keseluruhan sehingga serat dapat berikatan dengan matrik secara baik. Hal ini tentu berdampak pada naiknya kekuatan tarik komposit. Selain itu, cacat pada serat pendek juga lebih sedikit dibandingkan dengan serat panjang (>8 cm) sehingga berdampak pada kekuatan tarik komposit. Faktor lain yang menyebabkan rendahnya kekuatan tarik komposit serat panjang adalah karena matrik tidak membasahi serat dengan baik, bahkan serat tidak dibasahi oleh resin. Fenomena ini memperburuk daya rekat

interfacial yang terjadi pada serat dan matrik bahkan tidak terjadi ikatan sama sekali.

Gambar 8 juga menunjukkan bahwa perlakuan alkali memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kekuatan tarik komposit. Hal ini terlihat dari rendahnya nilai kekuatan tarik komposit dengan penguatan serat lontar tanpa perlakuan alkali. Penyebab rendahnya kekuatan tarik komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali juga dipicu oleh kondisi permukaan serat yang kotor dan masih dipenuhi oleh lignin sehingga daya lengket yang serat-matrik juga tidak maksimal.

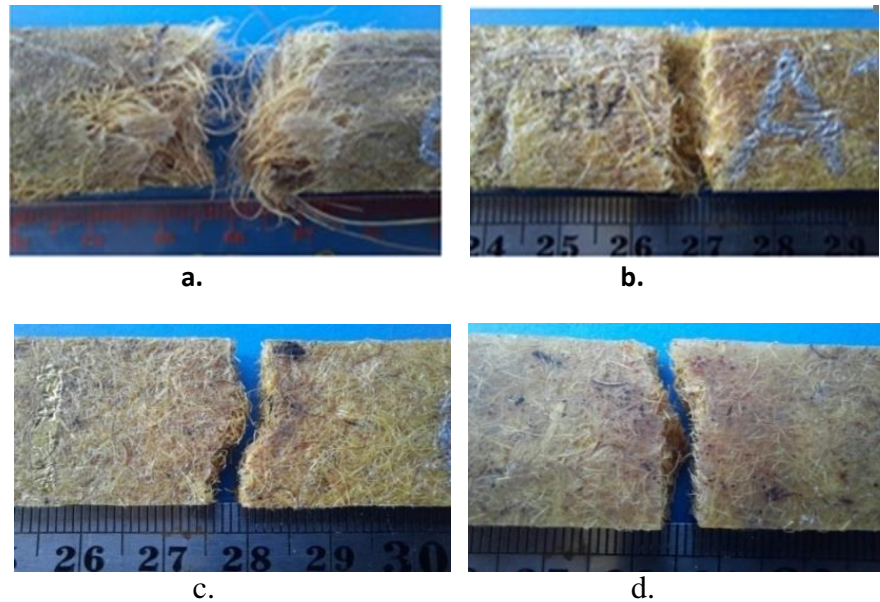
Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap serat lontar yang diberikan perlakuan alkali 5%,10% dan 15% selama 0,5 jam menunjukkan bahwa perlakuan alkali dengan konsentrasi larutan 15% memberikan dampak yang signifikan terhadap kondisi kebersihan dan kekasaran permukaan serat buah lontar seperti pada gambar 9 di bawah ini [10].



Gambar 9. Foto SEM Serat Buah Lontar (a) Tanpa Perlakuan (b) Perlakuan NaOH 15% Selama 0,5 jam [7]

c. Analisis Kerusakan/Patahan Spesimen Uji

Proses pengujian tarik pada spesimen uji menyebabkan spesimen patah, karena spesimen tidak mampu menahan beban yang diberikan. Namun bentuk patahan yang dihasilkan berbeda antara tipe penguatan atau serat yang digunakan, seperti tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Foto Makro Patahan. a). Serat Panjang tanpa perlakuan, b). Serat Panjang Perlakuan NaOH, c). Serat Pendek Tanpa Perlakuan, d). Serat Pendek Perlakuan NaOH

Pada gambar 10, terlihat patahan komposit berpenguat serat panjang tanpa perlakuan (gambar a) didominasi oleh serat yang tercabut. Hal ini disebabkan karena resin tidak membasahi serat dengan sempurna sehingga pada bagian tertentu tidak terjadi ikatan antara serat dan matrik sehingga berakibat pada rendahnya nilai kekuatan tarik. Penampakan patahan yang mirip juga terjadi pada komposit serat panjang yang diberi perlakuan NaOH (gambar b). Pada gambar terlihat masih ada serat yang ikut tercabut, namun tidak sebanyak serat tanpa perlakuan. Hal ini juga didalangi oleh resin yang tidak sempat membasahi serat secara keseluruhan saat proses penuangan resin ke dalam cetakan karena penempatan serat panjang dalam cetakan bersifat *non unidirectional* atau acak. Hal ini menyebabkan arah serat tidak beraturan dan terjadi penumpukan. Patahan berbeda terlihat pada komposit dengan penguatan serat pendek, dimana bentuk patahan tidak didominasi oleh serat yang tercabut (*fiber pull out*). Hal ini disebabkan oleh tingginya persentase matrik yang mampu membasahi serat sehingga mempengaruhi kuatnya ikatan *interfacial* antara serat dan matrik. Hasil foto makro juga menggambarkan bahwa komposit yang diperkuat oleh serat yang mendapat perlakuan alkali (NaOH) memiliki daya rekat yang lebih baik dibandingkan komposit berpenguat serat yang tidak diberi *treatment* NaOH. Kondisi ini ditandai dengan minimnya serat yang tercabut pada area patahan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kekuatan tarik komposit yang diperkuat oleh serat yang diberi perlakuan alkali lebih tinggi daripada komposit yang diperkuat oleh serat tanpa perlakuan alkali.
- b. Komposit serat pendek memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit berpenguat serat panjang.

5. SARAN

- a. Perlu dikaji kekuatan tarik *single fiber* serat buah lontar dengan variabel waktu perlakuan dan konsentrasi NaOH, sehingga dapat dijadikan rujukan perlakuan NaOH pada serat buah lontar.
- b. Perlu dikaji lebih lanjut waktu perlakuan NaOH pada serat buah lontar terhadap kekuatan mekanik komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Przemyslaw D. Pastuszak, Aleksander Muc, "Application of Composite Materials in Modern Constructions". *Key Engineering Materials*, February 2013, pp 119-129.
- [2] Pradeep Kumar Uddandapu: "Impact analysis on car Bumper by varying speeds using materials ABS plastic and poly Ether Imide by Finite Element Analysis software Solid Works", *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, Vol.3, Jan-Feb 2013,pp. 391-395.
- [3] M.Sakthivel and S.Ramesh: "Mechanical properties of natural fibre (banana, coir, sisal) polymer composites", *Science Park* ISSN: 2321-8045, Vol-1, July 2013.
- [4] Mohammad Asim, Mohammad Jawaid, Khalina Abdan, Mohamad Ridzwan Ishak, "Effect of Alkali and Silane Treatments on Mechanical and Fibre-matrix Bond Strength of Kenaf and Pineapple Leaf Fibres", *Journal of Bionic Engineering* vol. 13, 2016, p426-435.
- [5] D. Puglia, M. Monti, C. Santulli, F. Sarasini, I. M. De Rosa, and J. M. Kenny, "Effect of Alkali And Silane Treatments On Mechanical And Thermal Behavior of Phormium Tenax Fibers," *Fibers Polym.*, vol. 14, no. 3, pp. 423-427, 2013.

-
- [6] Ronald F. Gibson, "Principles of Composite Material Mechanics", Fourth Edition, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, Book page (264 -265), 2015.
- [7] Himanshu Bisaria, M.K.Gupta, P.Shandilya, R.K.Srivastava, "Effect of fibre length on mechanical properties of randomly oriented short jute fibre reinforced epoxy composite" *Materials Today: Proceedings 2 4th International Conference on Materials Processing and Characterization* (2015) p1193 – 1199
- [8] C. Capela, S. E. Oliveira, J. Pestana, J.A.M. Ferreira, "Effect of fiber length on the mechanical properties of high dosage carbon reinforced", *Procedia Structural Integrity 5*, 2nd International Conference on Structural Integrity, ICSI 2017, 4-7 September 2017, Funchal, Madeira, Portugal, p539–546
- [9] Autar K. Kaw, "Mechanics Of Composite Materials" Second Edition, *CRC Press, Taylor & Francis Group*, Book page 205, 2006.
- [10] L. Boopathi, P.S. Sampath, K. Mylsamy, "Investigation of Physical, Chemical And Mechanical Properties Of Raw And Alkali Treated Borassus Fruit Fiber", *Composites: Part B*, Vol. 43, 2012, p3044–3052