

Pengaruh Variasi Suhu terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun Pandan Duri (*Pandanus tectorius*) dengan Poliester sebagai Matriks

Irma Yulianti^{(1,a)*}, Posman Manurung⁽¹⁾, Iqbal Firdaus⁽¹⁾ dan Syafriadi⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Fisika, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia, 35141
Email : ^(a*)irmaylntii@gmail.com

Diterima (18 Maret 2025), Direvisi (08 April 2025)

Abstract. Composites of pandan duri leaf fibre (*pandanus tectorius*) with polyester as the matrix using the immersion method have been made. This study aims to determine the effect of temperature variation on tensile strength, morphology and microstructure as well as fibre distribution of duri pandanus leaf fibre composite. In this study, the temperature variations used were 35, 40, 45 and without heating. The highest tensile strength occurs in composites with a heating temperature variation of 35 at 32.92 MPa, followed by a heating temperature variation of 40 at 21.84 MPa, then in the variation without heating temperature at 20.009 MPa, and in the variation of heating temperature 45 at 2.45 MPa. Analysis of the morphology and microstructure of the fibre composites using optical microscopy and Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the distribution of fibres was fairly well distributed in the polyester matrix but tended to be concentrated in certain areas and there were some voids and cracks around the fibres that could affect the mechanical strength of the material. Based on SEM-EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) analysis, the most dominant elements in the fibre composites are carbon (C) and oxygen (O), but there are several other elements present such as aluminium (Al), silica (Si), calcium (Ca), sodium (Na) and magnesium (Mg) which can come from the natural fibre content or impurities. A heating temperature of 35 is considered the best condition to produce composites with good mechanical strength. Scientifically, these findings provide a basis for selecting optimal fiber heating conditions to improve fiber-matrix bonding quality and minimize microdefects (voids/cracks) in natural fiber composites, making them relevant as a reference for the development of environmentally friendly composites with more stable mechanical performance.

Keywords: composite, pandan duri leaf fibre, polyester, tensile test, SEM-EDS

Abstrak. Telah dibuat komposit serat daun pandan duri (*pandanus tectorius*) dengan poliester sebagai matriks menggunakan metode perendaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap kekuatan tarik, morfologi dan mikrostruktur serta distribusi serat komposit serat daun pandan duri. Dalam penelitian ini variasi suhu yang digunakan yaitu 35, 40, 45 °C serta tanpa pemanasan. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa suhu pemanasan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik komposit serat. Kekuatan tarik tertinggi terjadi pada komposit dengan variasi suhu pemanasan 35 °C sebesar 32.92 MPa, diikuti oleh variasi suhu pemanasan 40 °C sebesar 21.84 MPa, lalu pada variasi tanpa suhu pemanasan sebesar 20 MPa, serta pada variasi suhu pemanasan 45 °C sebesar 2.45 MPa. Analisis morfologi dan mikrostruktur komposit serat menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa distribusi serat cukup merata dengan baik di dalam matriks poliester namun cenderung terkonsentrasi pada area tertentu serta terdapat beberapa void dan retakan di sekitar serat yang dapat mempengaruhi kekuatan mekanik material. Berdasarkan analisis *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDS) menunjukkan bahwa elemen yang paling dominan pada komposit serat adalah karbon (C) dan juga oksigen (O). namun terdapat beberapa elemen lain yang seperti alumunium (Al), silika (Si), kalsium (Ca), natrium (Na) dan juga magnesium (Mg) yang bisa berasal dari kandungan alami serat ataupun pengotor. Suhu pemanasan 35 °C dianggap sebagai kondisi terbaik untuk menghasilkan komposit dengan kekuatan mekanik yang baik. Secara ilmiah, temuan ini memberikan dasar pemilihan kondisi pemanasan serat yang optimal untuk meningkatkan kualitas ikatan serat–matriks dan meminimalkan cacat mikro (void/retakan) pada komposit serat alam, sehingga relevan sebagai rujukan pengembangan komposit ramah lingkungan dengan performa mekanik yang lebih stabil.

Kata kunci: komposit serat alam, resin poliester, uji tarik, analisis mikrostruktur.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah salah satunya berupa tanaman penghasil serat. Serat yang berasal dari tumbuhan dikenal dengan nama serat nabati seperti kapas, rami, sisal, serabut kelapa, daun nanas, daun pandan duri, dan lain sebagainya, sedangkan serat yang dihasilkan oleh hewan dikenal dengan nama serat hewani seperti sutra, wol, dan serat kolagen. Serat alam memiliki beberapa keunggulan seperti dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Selain dimanfaatkan dalam bidang industri, serat alam juga memiliki potensi besar untuk terus dikembangkan di masa mendatang [1].

Serat alam memiliki banyak kelebihan sehingga saat ini mulai digunakan sebagai bahan campuran dalam berbagai bidang. Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan dari serat alam digunakan sebagai bahan penguat dan diharapkan dapat menghasilkan bahan campuran yang memiliki beberapa keunggulan seperti memiliki kekuatan yang baik namun ringan, ramah lingkungan, serta ekonomis [2].

Sudah banyak pengembangan penggunaan berbagai jenis serat alam seperti penambahan serat sabut kelapa terhadap campuran beton sebagai peredam suara [3], aplikasi komposit serat daun gebang sebagai alternatif bahan komponen kapal [4], potensi serat rami sebagai bahan baku industri tekstil dan produk tekstil dan teknik teknik [5], aplikasi serat batang sebagai penguat biokomposit untuk otomotif [6] dan masih banyak lagi.

Dari banyaknya serat alam yang sudah banyak dikembangkan, serat daun pandan duri (*pandanus tectorius*) menjadi salah satu pilihan yang berpotensi untuk digunakan sebagai penguat dalam komposit serat. Serat ini dipilih karena memiliki beberapa keunggulan seperti ketersediaannya yang melimpah di alam

sehingga cukup mudah untuk didapat, murah dan memiliki kuat tarik yang cukup baik [7]. Dengan menggabungkan serat daun pandan duri dan resin poliester sebagai matriks akan menghasilkan komposit alternatif yang bermanfaat di dunia industri [8]. Komposit ini memiliki keunggulan diantaranya ringan, memiliki kekuatan dan ketahanan yang tinggi, tahan korosi dan tahan keausan [9].

Dalam pembuatan komposit serat sangat penting untuk memperhatikan proses ekstraksi karena proses ini sangat mempengaruhi sifat mekanis serat yang akan mempengaruhi sifat komposit yang dihasilkan. Metode perendaman termasuk salah satu metode yang sangat mudah dilakukan [10].

Serat yang akan dijadikan penguat dalam komposit akan dipanaskan terlebih dengan menggunakan variasi suhu 35 °C, 40 °C, dan 45 °C serta tanpa perlakuan panas. Perlakuan panas pada serat dapat menyebabkan peningkatan nilai tegangan tarik pada serat. Hal ini dikarenakan air yang terdapat pada permukaan serat mengalami penguapan sehingga ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih kuat. Kuatnya ikatan antara serat dan dapat menyebabkan kegagalan komposit saat menerima beban tarik sehingga serat akan terputus[11].

Dalam penelitian ini, dilakukan uji tarik untuk mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan dan sejauh mana bahan itu bertambah panjang dan bertahan pada titik putus. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik atau *testing machine* [12]. Selain itu dilakukan pula karakterisasi *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui topografi permukaan, morfologi [13] serta komposisi unsur yang terkandung dalam spesimen [14] dan karakterisasi mikroskop optik untuk mengamati struktur permukaan dan

mendeteksi adanya kerusakan seperti retakan dan void. Namun, studi yang secara spesifik mengkaji pengaruh variasi suhu pemanasan serat terhadap kekuatan tarik komposit berbasis serat daun pandan duri dengan dukungan analisis morfologi atau mikrostruktur (mikroskop optik) serta SEM-EDS masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menghubungkan perubahan sifat mekanik dengan karakteristik mikro (sebaran serat, void, dan retakan) akibat variasi suhu pemanasan serat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi suhu pemanasan serat terhadap kuat tarik, bagaimana distribusi serat pada matriks serta morfologi dan struktur mikro komposit serat. dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menghasilkan komposit berbasis serat alam yang akan menjadi alternatif yang dapat menggantikan komposit serat sintetis [15].

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah SEM merk Axia dari Thermo Scientific (USA), mikroskop optik merk Olympus CX23 asal negara Jepang tahun produksi 2015, dan mesin uji tarik dengan merk MTS Landmark, kapasitas 100 kN tipe U PD tahun produksi 2015. Sementara bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat daun pandan duri (*Pandanus tectorius*) yang diperoleh dari desa Sukanegara, kec. Tanjung Bintang, Kab. Lampung Selatan dan resin poliester dengan merk Showa Highpolymer, tipe resin cair.

Prosedur Penelitian

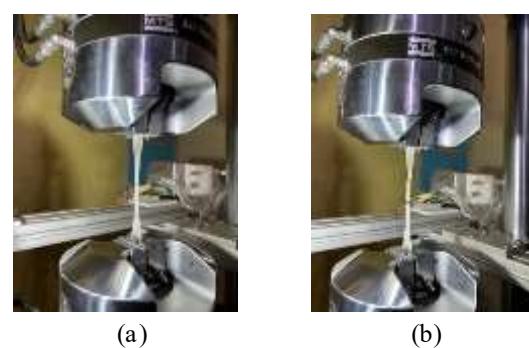
Penelitian dimulai dengan persiapan serat. daun pandan duri dicuci hingga bersih lalu dipotong daun pandan menjadi 2 atau 3 bagian jangan terlalu panjang dan jangan terlalu pendek agar mudah dalam proses

perendaman. Setelah itu daun pandan direndam dengan menggunakan air selama kurang lebih 25-30 hari atau hingga lembek dan busuk.

Selanjutnya yaitu mengikis daun pandan menggunakan sendok atau pisau (jangan terlalu tajam) untuk memperoleh serat yang benar-benar bersih. Kemudian serat daun pandan yang telah diperoleh dicuci kembali hingga bersih lalu dijemur dibawah sinar matahari hingga kering dan serat siap untuk digunakan.

Selanjutnya serat dipanaskan dengan variasi suhu 35, 40, dan 45 °C serta tanpa perlakuan panas selama 30 menit. Setelah itu membuat spesimen sebanyak lima spesimen, empat spesimen menggunakan serat dengan variasi suhu dan satu tanpa menggunakan serat. 15 ml resin poliester dicampur dengan katalis 0,3 ml kemudian hingga homogen. selanjutnya susun 10 helai serat dalam cetakan ASTM D-638 secara horizontal, lalu tuangkan campuran resin dan katalis kemudian ratakan hingga merata.

Setelah spesimen selesai dibuat, selanjutnya diuji tarik menggunakan mesin uji tarik dengan standar ASTM D-638. Uji ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tarik (tensile strength), regangan maksimum dan modulus elastisitas. Proses uji tarik ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Proses Pengujian Tarik, (a) Spesimen sebelum mengalami deformasi dan (b) Spesimen setelah mengalami deformasi.

Untuk memperjelas tahapan penelitian, alur kerja penelitian disajikan dalam bentuk flowchart atau diagram proses yang

ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Flowchart atau diagram proses penelitian.

Rumus yang digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik [16] dapat dilihat pada **persamaan 1, 2 dan 3**.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

dengan σ adalah tegangan tarik (N/mm^2), F adalah gaya tarikan (N), dan A adalah luas penampang (mm^2).

Hubungan perpanjangan tarik:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2)$$

dengan ε adalah regangan, ΔL adalah pertambahan panjang (mm), dan L adalah panjang mula-mula (mm).

Hubungan antara tegangan dan regangan:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

dengan E adalah modulus elastisitas (N/mm^2), σ adalah tegangan (stress) (N/mm^2), dan ε adalah regangan (strain) (%).

Setelah dilakukan uji tarik selanjutnya yaitu karakterisasi spesimen menggunakan Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS) dan mikroskop optik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

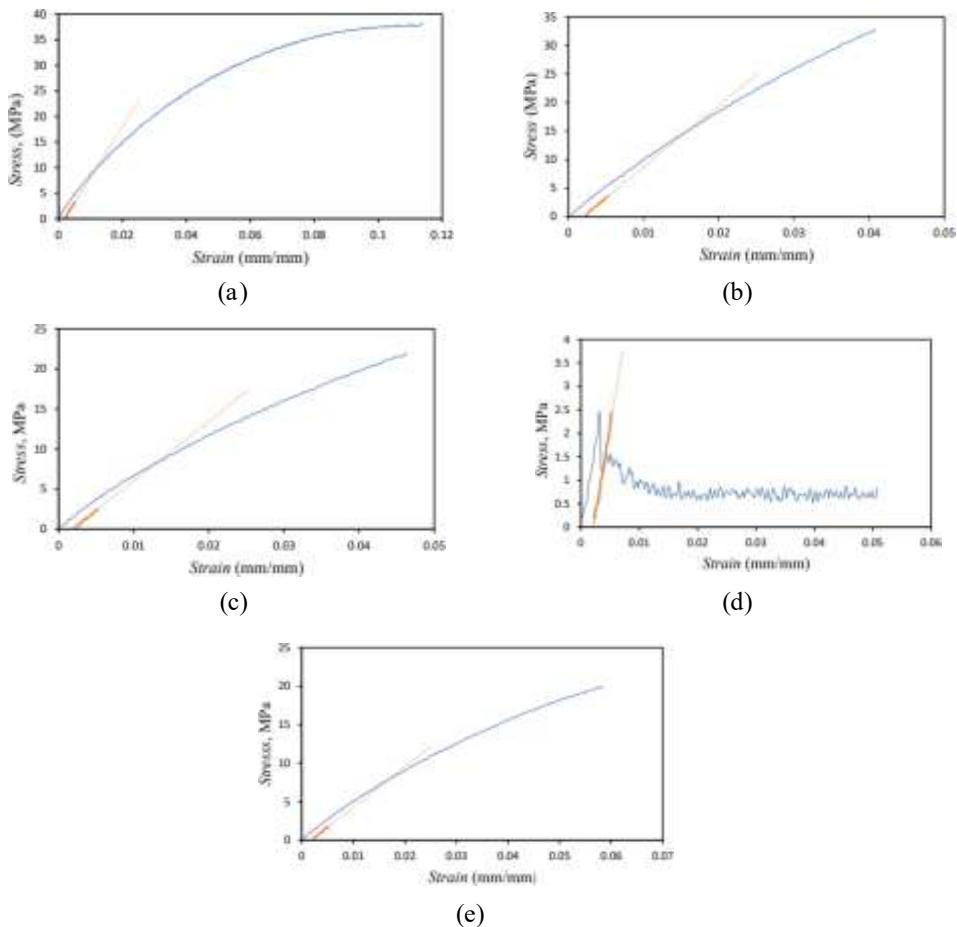
Berdasarkan hasil dari uji tarik yang telah dilakukan dapat terlihat bahwa terjadi

perubahan signifikan terhadap kekuatan tarik komposit serat daun pandan duri. Pada komposit non serat didapat nilai tegangan maksimum yang tinggi yaitu sebesar 38,04 Mpa, regangan maksimum sebesar 0,11 Mpa dan modulus elastisitas sebesar 0,99 GPa. Hal tersebut disebabkan bahwa pada komposit non serat poliester akan mengeras secara merata dan membentuk struktur yang lebih homogen tanpa adanya gangguan dari serat daun pandan duri.

Poliester memiliki distribusi tegangan yang baik sehingga dapat menahan beban yang lebih tinggi sebelum terjadinya patah atau kerusakan.

Namun, untuk komposit dengan menggunakan variasi pemanasan, komposit serat dengan variasi suhu pemanasan 35 °C memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 32,92 Mpa, dengan nilai regangan maksimum sebesar 0,04 Mpa dan modulus elastisitas sebesar 1,08 GPa. Hal ini terjadi karena pada suhu ini ikatan antara serat dan matriks poliester lebih kuat sehingga komposit dapat menahan gaya lebih kuat pada saat pengujian tarik.

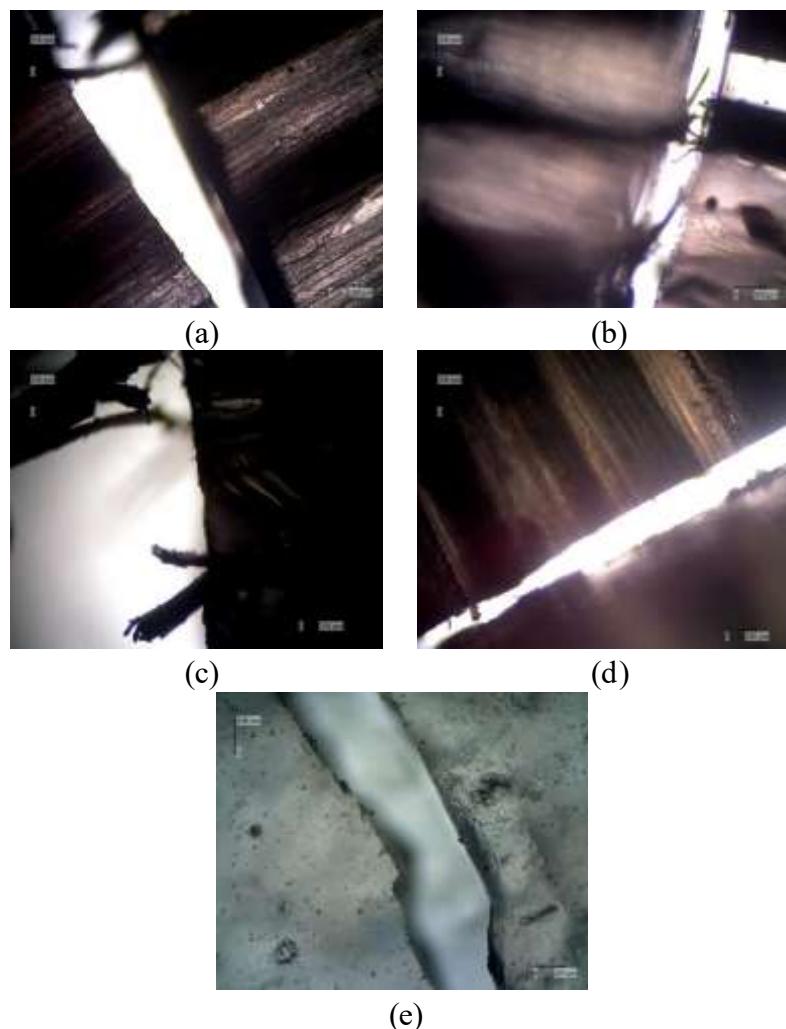
Sedangkan komposit dengan pemanasan 45°C memiliki kekuatan tarik terendah yaitu sebesar 2,45 Mpa, dengan nilai regangan maksimum sebesar 0,05 MPa dan modulus elastisitas sebesar 0,740 Gpa. Penurunan nilai uji tarik mungkin disebabkan oleh kerusakan pada struktur serat dan ikatan antara serat dan matriks poliester tidak cukup kuat. Nilai tegangan maksimum dihitung dengan membagi gaya maksimum yang diterima spesimen selama uji tarik dengan luas penampang, nilai regangan maksimum dihitung dari panjang maksimum dibagi dengan panjang awal spesimen dan nilai Modulus elastisitas diperoleh dengan mengkonversi nilai kemiringan dari persamaan linear menjadi GPa. Grafik hasil uji tarik ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik hasil uji tarik (a) komposit non-serat (b) komposit dengan pemanasan 35°C (c) komposit dengan pemanasan 40°C (d) komposit dengan pemanasan 45°C (e) komposit tanpa pemanasan.

Dari hasil uji tarik yang sudah diperoleh menunjukkan kesesuaian dengan penelitian sebelumnya, dimana peningkatan suhu pemanasan menyebabkan penurunan tegangan tarik komposit dan akan mengurangi daya ikat antara serat dengan resin poliester sehingga kekuatan komposit akan menurun [17]. Selain itu, suhu pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya kelelahan material atau *thermal fatigue* sehingga akan menurunkan kekuatan tarik komposit [18].

Setelah dilakukan uji tarik selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan mikroskop optik. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengamati struktur permukaan dan karakteristik mikroskopik dari material komposit, terutama untuk mendeteksi adanya kerusakan seperti retakan dan rongga atau void yang mungkin terbentuk setelah proses pengujian tarik. Hasil karakterisasi menggunakan mikroskop optik ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil karakterisasi spesimen menggunakan mikroskop optik (a) dengan pemanasan 35°C (b) dengan pemanasan 40°C (c) dengan pemanasan 45°C (d) dengan tanpa pemanasan (e) non serat.

Hasil uji mikroskop optik menunjukkan bahwa pada suhu 35 °C nampak distribusi serat dalam matriks poliester cukup merata dengan baik, selain itu retakan lurus dengan tekstur kasar mengindikasi kegagalan terarah. Pada suhu 40 °C terlihat bahwa permukaan patahan memiliki tekstur yang cenderung tidak rata yang menunjukkan terjadinya kegagalan kompleks dan terlihat ada beberapa serat yang terlepas dari matriks.

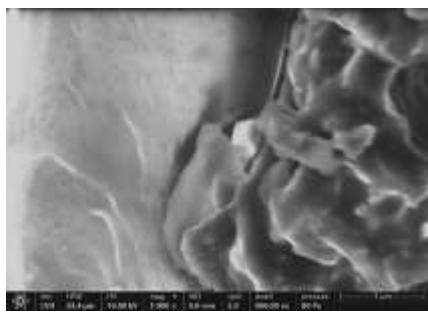
Pada suhu 45 °C terlihat bahwa permukaan patahan memiliki tekstur yang cenderung tidak teratur menunjukkan bahwa serat tidak terdistribusi secara

merata dan terlihat ada beberapa serat yang terlepas dari matriks. Sedangkan pada komposit non serat terlihat adanya retakan besar memanjang antara dua permukaan yang terpisah yang menandakan bahwa spesimen mengalami kegagalan atau fraktur akibat beban tarik yang diberikan.

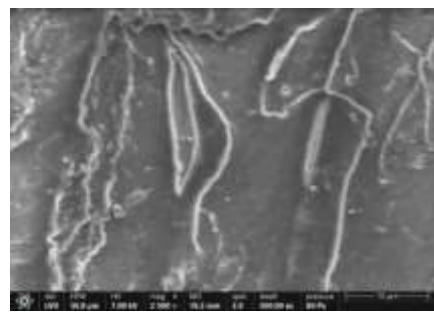
Selanjutnya karakterisasi spesimen menggunakan SEM-EDS dilakukan untuk untuk menganalisis morfologi dan struktur mikro permukaan serat. Karakterisasi ini juga dapat memberikan gambaran jelas mengenai bagaimana serat tersebar dan berinteraksi dengan matriks. Selain itu, karakterisasi menggunakan SEM juga dapat melihat adanya void, retakan atau

kerusakan lainnya yang mungkin terjadi akibat pengujian tarik. Sedangkan karakterisasi menggunakan EDS dilakukan untuk mengidentifikasi

komposisi kimia yang ada di komposit serat terutama pada bagian permukaan komposit. Hasil karakterisasi spesimen menggunakan SEM ditunjukkan pada **Gambar 5**.



(a)

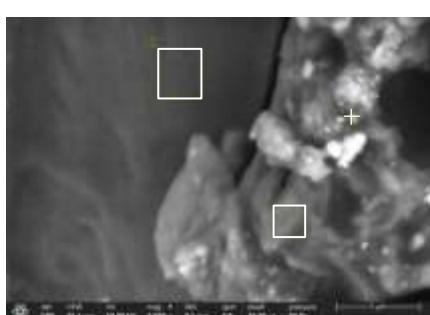


(b)

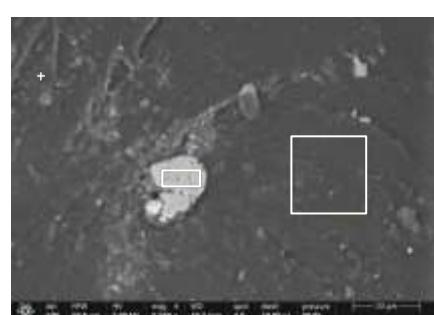
Gambar 5. Hasil karakterisasi SEM permukaan patahan: (a) komposit serat pemanasan 35°C memperlihatkan area transisi serat–matriks, adanya retakan halus akibat regangan, serta void yang terbentuk selama proses fabrikasi; (b) komposit non-serat menunjukkan permukaan yang relatif homogen namun masih dapat ditemukan void/retakan makro yang berpotensi menurunkan ketahanan terhadap beban tarik.

Pada **Gambar 5a** terlihat interaksi antara serat dan matriks poliester dengan distribusi serat terlihat cukup merata namun cenderung terkonsentrasi pada area. Gambar SEM memperlihatkan bahwa permukaan komposit tidak sama, dengan area yang lebih halus yang diduga sebagai matriks dan area yang lebih kasar serta yang kemungkinan merupakan daerah transisi antara serat dan matriks. Selain itu tampak adanya retakan akibat regangan yang menyebabkan serat mengecil namun poliester tetap, sehingga terbentuk retakan-retakan [19]. Serta terbentuk void yang terbentuk selama proses pembuatan komposit [20] yang dapat mengurangi nilai kekuatan dan kekakuan komposit [21].

Pada **Gambar 5b** permukaan komposit tampak kasar dan terdapat void yang tersebar secara acak di sekitar area permukaan. Void kemungkinan besar terbentuk akibat resin poliester yang tidak sepenuhnya mengisi ruang kosong atau bisa disebabkan oleh terperangkapnya udara di dalam komposit pada saat pembentukan. Selain itu terdapat beberapa retakan makro yang mungkin disebabkan oleh pengaruh tegangan pada saat pengujian tarik yang dapat menurunkan kekuatan tarik komposit. terbentuk karena distribusi tegangan tidak merata pada saat pengujian tarik. Sedangkan hasil karakterisasi EDS ditunjukkan pada **Gambar 6**.



(a)



(b)

Gambar 6. Hasil karakterisasi spesimen menggunakan spektrum EDS pada area terpilih: (a) komposit serat pemanasan 35°C dan (b) komposit non-serat. Spektrum memperlihatkan dominasi unsur C dan O sebagai komponen utama matriks atau serat, serta keberadaan unsur minor yang kemungkinan berasal dari kandungan alami serat atau pengotor permukaan.

Hasil analisis EDS pada komposit serat dengan menggunakan suhu pemanasan 35 °C menunjukkan bahwa elemen Karbon (C) dan Oksigen (O) mendominasi dengan persentase atomik terbesar. Selain karbon dan oksigen terdapat beberapa unsur lain yang hadir meskipun dengan konsentrasi yang lebih rendah seperti aluminium (Al), silika (Si), kalsium (Ca), natrium (Na), magnesium (Mg), serta (Ca).

Hasil analisis EDS pada komposit non serat menunjukkan bahwa elemen Karbon (C) dan Oksigen (O) mendominasi dengan persentase atomik terbesar. Selain karbon dan oksigen terdapat beberapa elemen lain yang hadir meskipun dengan konsentrasi yang lebih rendah seperti natrium (Na), aluminium (Al), silika (Si) serta klorida (Cl).

Tingginya kandungan karbon menunjukkan bahwa sebagian besar tersusun dari komponen utama matriks poliester [22] atau dari serat daun pandan duri [23] yang kaya akan karbon. Sementara oksigen terdeteksi dalam jumlah yang cukup besar berasal dari selulosa serat dan juga poliester yang dapat meningkatkan sifat termoplastik dan ikatan matriks [24]. Aluminium kemungkinan berasal dari tanah yang diserap oleh akar atau dari kontaminasi lingkungan selama proses pembuatan [25], kalsium dan silika juga bisa diperoleh dari penyerapan tanah oleh akar tanaman [26].

KESIMPULAN

1. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada pemanasan 35 °C dengan nilai sebesar 32,92 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah diperoleh pada pemanasan 45 °C dengan nilai 2,45 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan pada suhu terlalu tinggi dapat menurunkan kekuatan komposit.
2. Hasil karakterisasi menggunakan SEM pada komposit serat dengan pemanasan

35 °C menunjukkan bahwa distribusi serat terlihat cukup merata dengan baik di dalam matriks poliester namun cenderung terkonsentrasi pada area, dan juga terdapat retakan dan void di sekitar serat.

3. Hasil mikroskop optik menunjukkan bahwa pada suhu 35 °C nampak distribusi serat dalam matriks poliester cukup merata dengan baik, tetapi pada suhu yang lebih tinggi yaitu pada suhu 40 dan 45 °C menunjukkan bahwa serat tidak terdistribusi secara merata dan terlihat ada beberapa serat yang terlepas dari matriks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suparno, O, "Potensi dan Masa Depan Serat Alam Indonesia Sebagai Bahan Baku Aneka Industri", *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 30, no. 2, pp. 221–227, Agustus,2020.
- [2] Wardhana, H., dan Haryanti, N, *Serat Alam: Potensi & Pemanfaatan Nya*, Lambung Mangkurat University Press, 2016.
- [3] Zalukhu, P. S., Irwan., dan Hutaruk, D. M, "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa (*Cocofiber*) terhadap Campuran Beton sebagai Peredam Suara", *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, vol. 1, no. 1, pp. 27-36, Maret, 2017.
- [4] Setiawan, H. B., Yudo, H. dan Jokosisworo, S, "Analisis Teknis Komposit Serat Daun Gebang Sebagai Alternatif Bahan Komponen Kapal Ditinjau dari Kekuatan Tekuk dan Impak", *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 456–464, April, 2017.

- [5] Novarini, E., dan Sukardan, M. D, “Potensi Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) sebagai Bahan Baku Industri Tekstil dan Produk Tekstil dan Tekstil Teknik”, *Arena Tekstil*, vol. 30, no. 2, pp. 113–122, November, 2015.
- [6] Mukhammad, A. F. H, “Potensi Serat Batang (*Bast Fibers*) sebagai Penguat Biokomposit Untuk Aplikasi Otomotif”, *Traksi*, vol. 13, no. 2, pp. 38–51, Desember, 2013.
- [7] Harahap, M. H., dan Purba, E. Y, “Pemanfaatan Serat Daun Pandan Duri sebagai Campuran dalam Peningkatan Karakteristik Genteng Beton”, *Jurnal Einstein*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, Februari, 2014.
- [8] Sudarisman., Atmaja, N. S., Rahman, M. B. N., dan Purbono, K, “*Degumming, Perlakuan Alkali, dan Karakterisasi Serat Pandan Berduri (Pandanus tectorius)*”, *Jurnal Material Dan Proses Manufaktur*, vol. 3, no. 1, pp. 42–49, Juni, 2019.
- [9] Mawardi, I., dan Lubis, H, *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit Edisi Revisi.*, ANDI, 2019.
- [10] Sulardjaka., Nugroho, S., dan Ismail, R, “Peningkatan Kekuatan Sifat Mekanis Komposit Serat Alam Menggunakan Serat Eceng Gondok (Tinjauan Pustaka)”, *Teknik*, vol. 41, no. 1, pp. 27–39, Mei, 2020.
- [11] Fathoni, A., Raharjo, W. W., dan Triyono, T, “Pengaruh Perlakuan Panas Serat terhadap Sifat Tarik Serat Tunggal dan Komposit Cantula-rHDPE”, *Jurnal Simetris*, vol. 8, no. 1, pp. 67–74, April, 2017.
- [12] Muhammad dan Putra, R, “Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat”, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 6, no. 2, pp. 63–72, November, 2017.
- [13] Kannan, M., Subramanian, K. S., Janavi, G. J., Marimuthu, S., RajaK., Haripriya, S., Sharmila, D. J. S., dan Moorthy, P. S. 2018. *Scanning Electron Microscopy: Principle, Components and Applications*. In *Fundamentals and Applications of Nanotechnology*, 2018.
- [14] Newbury, D. E., dan Ritchie, N. W. M, “Performing Elemental Microanalysis with High Accuracy and High Precision by Scanning Electron Microscopy/Silicon Drift Detector Energy-Dispersive X-ray Spectrometry (SEM/SDD-EDS)”, *Journal of materials science*, vol. 50, no. 3, pp. 493–518, November, 2014.
- [15] Arsyad, M., dan Salam, A, “Analisis Pengaruh Konsentrasi Larutan Alkali terhadap Perubahan Diameter Serabut Kelapa”, *Jurnal Intek*, vol. 4, no. 1, pp. 10–13, April, 2017.
- [16] ASTM, ASTM D638-02a: *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic*. West Conshohocken, PA: ASTM

- International, 2003.
- [17] Mamungkas, M. I., Hendaryati, H., dan Murjito, “Pengaruh Perlakuan Pemanasan terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun Nanas dengan Metode Vacuum Infusion”, *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 69–72, Februari, 2023.
- [18] Dermawan, W. R., Sembada, I. V., Pambudi, R. F., Aulia, R. H., dan Musaffa, Q. S., “Pengaruh Siklus Termal terhadap Kekuatan Tarik Komposit Unsaturated Poliester Serat Kelapa”, *Jurnal Stator*, vol. 1, no. 1, pp. 121–123, Januari, 2018.
- [19] Fajri, R.I., Tarkono., dan Sugiyanto, “Studi Sifat Mekanik Komposit Serat *Sansevieria Cylindrica* dengan Variasi Fraksi Volume Bermatriks Poliester”, *Jurnal Fisika*, vol. 1, no. 1, pp. 85-93, April, 2013.
- [20] Oktaviameta, A., Kardiman, K., dan Suci, F. C, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Jerami terhadap Kekuatan Material Komposit Aplikasi Kayu Lapis”, *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 70-74, Desember, 2021.
- [21] Bledzki, A. K., dan Gassan, J, “Composites Reinforced with Cellulose Based Fibres”, *Progress in polymer science*, vol. 24, no. 2, pp. 221-274, May, 1999.
- [22] Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T., dan Cardona, F, “Chemical Treatments on Plant-Based Natural Fibre Reinforced Polymer Composites: An on review”, *Composites Part B: Engineering*, vol. 43, no. 7, pp. 2883-2892, October, 2012.
- [23] Kalia, S., Kaith, B. S., & Kaur, I, “Pretreatments of Natural Fibers and Their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites—a review”, *Polymer Engineering & Science*, vol. 49, no. 7, pp. 1253-1272, March, 2009.
- [24] Sinha, E., dan Panigrahi, S, “Effect of Plasma Treatment on Structure, Wettability of Jute Fiber and Flexural Strength of its Composite”, *Journal of composite materials*, vol. 43, no. 17, pp. 1791-1802, June, 2009.
- [25] Sgriccia, N., Hawley, M. C., dan Misra, M, “Characterization of Natural Fiber Surfaces and Natural Fiber Composites”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 39, no. 10, pp. 1632-1637, October, 2008.
- [26] Ganesh, B. N., dan Muralikannan, R, “Comprehensive Characterization of Lignocellulosic Fruit Fibers Reinforced Hybrid Polyester Composites”, *Int J Mater Sci Appl*, vol. 5, no. 6, pp. 302-307, December, 2016.