



STUDI PENGARUH SERAT SABUT KELAPA DAN SERAT RAMI TERHADAP SIFAT TARIK KOMPOSIT POLIPROPILENA

Elok Hidayah^{1*}, Sujito², Endhah Purwandari³

¹Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, IAI Darussalam Blokagung

^{2,3}Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Email : elokhidayah@iaida.ac.id*

Abstrak	Info Artikel
<p><i>Penelitian ini membahas tentang sifat mekanik komposit berpenguat serat alam, dimana serat yang digunakan adaah serat pendek dengan orientasi acak. Komposit berpenguat serat alam (sabut kelapa dan rami) dengan matriks polipropilena disintesis menggunakan hot press machine, yang dipanaskan sampai suhu 200°C. Komposit disintesis pada berbagai fraksi massa serat, yaitu 0%, 30%, 40% dan 50%. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit hasil sintesis diuji dan dibandingkan, untuk mengetahui pengaruh jenis serat dan fraksi massa serat pada kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas memiliki kecenderungan yang sama terhadap fraksi massa serat, keduanya mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya fraksi massa serat (0% - 40%), kemudian menurun ketika fraksi massa serat ditingkatkan menjadi 50%. Komposit berpenguat serat sabut kelapa memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih rendah dibandingkan komposit berpenguat serat rami. Namun, komposit berpenguat serat sabut kelapa lebih ductile.</i></p>	<p>Diajukan: 2-10-2023 Diterima : 24-11-2023 Diterbitkan : 25-12-2023</p> <p>Kata kunci: Komposit, Serat alam, Sifat mekanik, Uji tarik.</p> <p>Keywords: Composite, Natural fiber, Mechanical properties, Tensile test.</p>
<p>Abstract</p> <p><i>This research focuses on tensile strength and young's modulus of natural fiber reinforcement composites. In this research, natural fibers (coir and ramie) reinforced polypropylene composites were processed by hot press machine, which heated until 200°C. Composites with different fiber were processed in various fiber content, that are 0%, 30%, 40% and 50%. The tensile strength and young's modulus of composites were tested and compared to observed the influence of natural fiber and fiber content on mechanical properties of compsites. The result of tensile test showed, that tensile strength and young's modulus have same behaviour based on fiber content. Both of them are increase with increasing fiber content (0%-40%),but it doesn't apply if fiber content more than 40%. Coir fiber composites displayed the lower tensile strength and young's modulus than ramie fiber composites. However, coir fiber composites are the most ductile materials.</i></p>	
<p>Cara mensitasi artikel: Hidayah, E., Sujito, S., & Purwandari, E. (2023). Studi Pengaruh Serat Sabut Kelapa dan Serat Rami Terhadap Sifat Tarik Komposit Polipropilena. <i>IJMS: Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science</i>, 1(3), 122–131. https://jurnal.academicenter.org/index.php/IJMS</p>	

PENDAHULUAN

Sustainable development goals (SDGs) menjadi salah satu pendorong dalam pengembangan material berbahan dasar alam, yang dapat terurai dan ramah lingkungan. Karakteristik material yang mudah terurai dan ramah lingkungan mejadi penting untuk dikembangkan. Mengingat telah banyak dilakukan fabrikasi terhadap material berbahan dasar non-biodegradable dan beracun, untuk memenuhi kebutuhan manusia setiap

harinya. Banyaknya fabrikasi terhadap material non-biodegradable tersebut telah menyebabkan sejumlah permasalahan lingkungan, mulai dari meningkatnya CO₂ serta pencemaran udara akibat pembakaran sampah dan proses produksi, sehingga berdampak kepada menurunnya kualitas hidup di muka bumi yang ditandai dengan munculnya global warming.

Sebagai upaya mengurangi penggunaan material non-biodegradable, maka sampai saat ini terus dilakukan sejumlah penelitian terhadap material baru berbahan dasar alam, ramah lingkungan dan biodegradable. Salah satu material baru yang banyak diteliti adalah komposit. Komposit merupakan salah satu material yang banyak diminati dalam berbagai aplikasi teknik. Beberapa komposit berpenguat serat sintetis, seperti aramid, gelas dan karbon telah banyak diaplikasikan dalam berbagai industri manufaktur seperti penerbangan, olahraga, furniture, dan berbagai industri lainnya. Sifat serat sintetis yang kuat dan ringan memberikan daya tarik dan banyak diminati dalam berbagai aplikasi teknik. Sayangnya, terdapat beberapa kerugian yang diakibatkan dari pemanfaatan serat sintetis, diantaranya tidak dapat terurai secara alami (non-biodegradable), meningkatkan emisi CO₂, serta tidak dapat diperbaharui sehingga ketersediaannya terbatas dan tidak ramah lingkungan. Munculnya rasa peduli terhadap lingkungan, menyebabkan serat alam mulai diteliti dan diaplikasikan dalam berbagai industri untuk menggantikan serat sintetis.

Pemanfaatan serat alam sebagai penguat juga didukung dengan ketersediaan serat alam yang melimpah. Selain itu, serat alam juga memiliki beberapa keunggulan, yaitu renewable, biodegradable, murah, ringan dan ramah lingkungan. Sebagai pengganti serat gelas, serat alam banyak dipadukan dengan polimer untuk menghasilkan komposit polimer berpenguat serat alam. Salah satu polimer yang banyak diaplikasikan dalam industri manufaktur adalah polipropilena, karena lebih ringan diantara polimer lainnya, tahan kimia, dan recycleable.

Terdapat tiga bagian utama penyusun serat alam, yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa. Diantara ketiga bagian tersebut, selulosa memiliki peran penting dalam menentukan kekuatan serat. Oleh sebab itu, dalam aplikasinya bagian lignin dan hemiselulosa serat alam harus dihilangkan untuk meningkatkan kekasaran permukaan serat dan mengurangi kelembaban serat, sehingga gaya adhesi antara permukaan serat dan matriks menjadi lebih kuat. Setiap serat alam memiliki komposisi kimia yang berbeda, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia serat alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)
Sabut kelapa	43	0,3	45
Rami	76	15	1
Bambu	26 – 43	30	21 – 31
Sisal	78	10	8

Kelemahan serat alam dibandingkan dengan serat sintetis adalah sifat mekanik serat alam yang tidak sebaik serat sintetis. Sifat mekanik serat alam bergantung pada usia serat, jenis serat dan kondisi lingkungan tempat penanaman serat. Oleh sebab itu, sulit

untuk memperoleh serat dengan sifat mekanik yang sama. Sifat mekanik serat alam dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan kimia terhadap serat alam, salah satunya adalah melalui alkalisasi menggunakan NaOH. Alkalisasi terhadap serat alam dilakukan dengan merendam serat alam dalam larutan alkali dengan konsentrasi dan waktu tertentu.

Alkalisasi serat alam dilakukan untuk meningkatkan kekasaran permukaan serat alam dan mengurangi sifat hidrofilik serat alam. Pada dasarnya, serat alam bersifat hidrofilik sedangkan polimer termasuk bahan yang hidrofobik. Perbedaan sifat antara serat alam dan polimer menyebabkan gaya adhesi antara serat dan matriks lemah. Oleh sebab itu, dengan meningkatkan kekasaran permukaan serat alam dan mengurangi sifat hidrofilik serat alam dapat meningkatkan gaya adhesi antara permukaan serat dan matriks. Melalui peningkatan gaya adhesi antar serat-matriks diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit.

Berdasarkan sejumlah penelitian yang telah disebutkan, maka dilakukan pemanfaatan serat sabut kelapa dan serat rami dalam pembuatan komposit polipropilena. Pembuatan komposit polipropilena ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis serat alam (sabut kelapa dan rami) terhadap sifat tarik komposit polipropilena. Jenis serat alam dapat mempengaruhi sifat tarik komposit yang dihasilkan. Serat alam dengan selulosa yang tinggi cenderung menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik yang tinggi. Sesuai data komposisi serat alam yang ditunjukkan pada Tabel 1, tampak bahwa serat rami memiliki kandungan selulosa lebih tinggi dibandingkan serat sabut kelapa. Adapun kesesuaian teori mengenai pengaruh serat terhadap sifat tarik komposit akan dipelajari dalam penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, serat sabut kelapa dan serat rami, polipropilena, dan NaOH. Serat sabut kelapa dan serat rami digunakan sebagai penguat, dan polipropilena sebagai matriks. Sementara NaOH digunakan dalam persiapan serat untuk proses alkalisasi.

Serat sabut kelapa dan serat rami yang digunakan dalam penelitian ini dibeli dari CV. Sumber Sari Ledok Ombo Jember dan Balittas Wonosobo. Sedangkan, polipropilena yang digunakan sebagai matriks adalah polipropilena jenis homopolimer, diperoleh dari JG Summit Petrochemical Group Corporation Filipina.

Sebelum diaplikasikan sebagai penguat, terlebih dahulu serat sabut kelapa dan serat rami dipotong dengan ukuran panjang 1 cm. Kemudian masing - masing dialkalisasi menggunakan larutan NaOH 5% (w/v) selama 2 jam. Setelah alkalisasi, serat dicuci sampai bersih sehingga tidak terasa licin untuk memastikan serat bersih dari NaOH. Proses pencucian serat dilakukan dengan meletakkan serat pada alat penyaring dan menyiram serat menggunakan air bersih. Setelah bersih dari NaOH, alat penyaring dan serat diletakkan pada wadah berisi air bersih, dan menggerakkan alat penyaring tersebut ke segala arah untuk meratakan serat dan memperoleh orientasi serat acak. Selanjutnya, serat diangkat dan dikeringkan dengan cara menjemur serat di bawah sinar matahari sampai diperoleh massa yang konstan. Setelah dikeringkan, masing-masing serat ditimbang sesuai dengan fraksi massa yang ditentukan yaitu 40% dari massa total serat dan matriks 10 g.

Proses sintesis komposit dilakukan dengan menyusun serat dan matriks di atas lembaran aluminium foil. Susunan serat dan matriks dilakukan dengan memosisikan serat diantara matriks, yaitu polipropilena pada bagian bawah kemudian diikuti dengan serat di bagian atasnya, kemudian polipropilena kembali diberikan pada bagian atas serat. Hal ini dilakukan dengan asumsi polipropilena dapat terdistribusi dengan baik pada seluruh bagian serat.

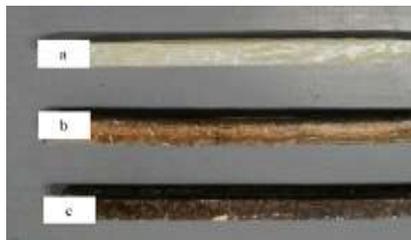
Serat dan matriks disusun mengikuti ukuran panjang cetakan yaitu 15 cm. Selanjutnya, serat dan matriks dibungkus dengan rapat menggunakan aluminium foil. Aluminium yang berisi serat dan matriks diletakkan dalam cetakan (15cm × 1cm). Sintesis komposit dilakukan dengan meletakkan cetakan pada hot press machine dan dipanaskan sampai suhu 200°C, kemudian ditekan selama 5 menit. Selanjutnya dilakukan pendinginan dengan memutus hubungan antara sumber listrik dan hot press machine, kemudian mengangkat cetakan dari hot press machine dan didiamkan sampai suhu ruang.

Karakterisasi disini dilakukan untuk mengetahui sifat tarik komposit yang dihasilkan. Sifat tarik komposit dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan uji tarik terhadap komposit hasil sintesis. Uji tarik komposit hasil sintesis dilakukan menggunakan mesin uji merk Shimadzu AG-X 5KN. Uji tarik dilakukan dengan mengikuti standar uji bahan ASTM D-638, yaitu dengan meletakkan bahan uji diantara penjepit, dengan jarak antar penjepit (gage length) 30 mm. Uji tarik dilakukan dengan kecepatan crosshead 1 mm/menit. Hasil uji tarik berupa gaya tarik dan pertambahan panjang bahan dikonversi menjadi tegangan dan regangan, kemudian dibuat grafik hubungan antara tegangan terhadap regangan untuk menentukan kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit hasil sintesis.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

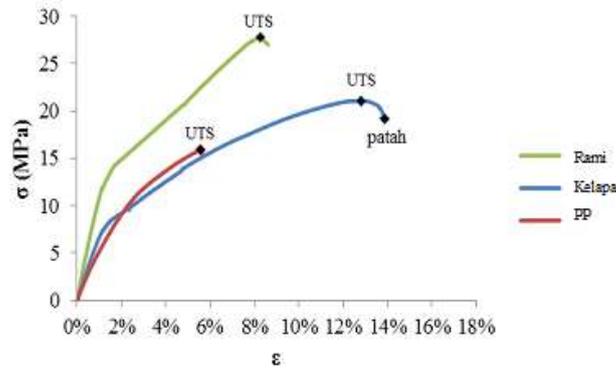
Bahan Hasil Sintesis

Bahan yang dihasilkan dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Melalui gambar tersebut, dapat dilihat adanya perbedaan warna pada setiap bahan. Gambar 1a merupakan bahan tanpa penguat, yaitu bahan yang tersusun dari polipropilena (PP). Gambar 1b dan 1c secara berurutan menunjukkan komposit berpenguat serat rami dan komposit berpenguat serat sabut kelapa. Keduanya memiliki warna yang berbeda, karena pada dasarnya warna dari masing – masing serat berbeda. Warna komposit berpenguat serat sabut kelapa lebih gelap dibandingkan komposit berpenguat serat rami. Namun, seluruh bahan hasil sintesis memiliki tekstur permukaan yang halus.



Gambar 1. Foto bahan hasil sintesis: a) PP tanpa penguat; b) bahan komposit berpenguat serat rami; c) bahan komposit berpenguat serat sabut kelapa

Bahan hasil sintesis juga memiliki karakteristik grafik tegangan-regangan yang sama. Masing-masing bahan menunjukkan keadaan yang linier sampai pada batas tertentu, kemudian grafik berubah menjadi tidak linier. Ketidaklinieran grafik terus berlangsung sampai pada titik maksimum tegangan dan kembali menurun, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tipikal Grafik hubungan antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ)

Kelinieran grafik tegangan-regangan menunjukkan bahan berada pada keadaan elastis, perubahan yang terjadi pada bahan masih bersifat sementara. Bahan dapat kembali ke bentuk semula setelah tegangan dihilangkan. Kemiringan pada daerah linier menyatakan modulus elastisitas bahan.

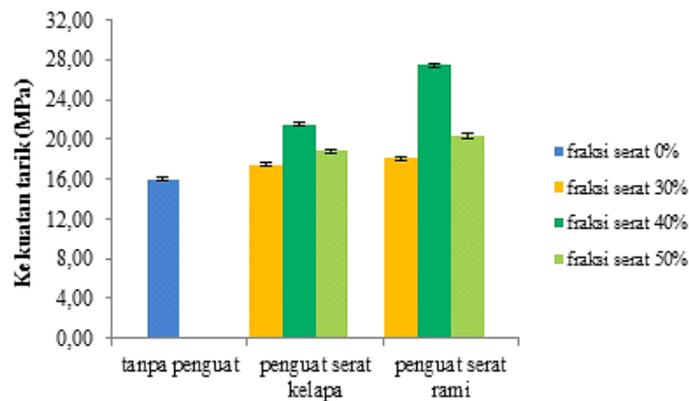
Berbeda dengan kondisi grafik yang muai tidak linier. Hal ini menunjukkan bahwa bahan telah berubah secara permanen. Keadaan ini disebut dengan keadaan plastis, dimana bahan tidak dapat kembali ke bentuk semula meskipun tegangan telah dihilangkan. Titik maksimum tegangan pada grafik menunjukkan kekuatan tarik bahan (UTS). Grafik yang menurun setelah melewati titik maksimum menunjukkan bahan mengalami deformasi lokal. Keadaan ini terus berlangsung sampai bahan patah.

Meskipun grafik tegangan-regangan pada setiap bahan menunjukkan karakteristik yang sama, akan tetapi nilai yang dihasilkan pada masing-masing bahan berbeda. Ini menunjukkan bahwa setiap bahan memiliki nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang berbeda.

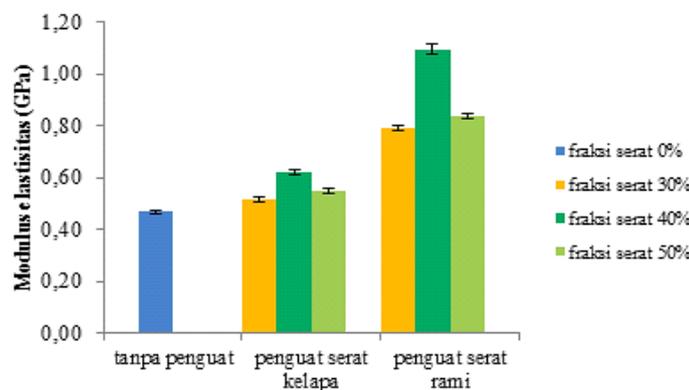
Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas

Pengaruh jenis serat

Kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit berpenguat serat alam memiliki karakteristik yang sama. Keduanya sama-sama dipengaruhi oleh jenis serat dan fraksi massa serat. Secara berurutan, Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan hubungan antara jenis serat dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas.



Gambar 3. Kekuatan tarik bahan komposit hasil sintesis



Gambar 3. Modulus elastisitas bahan komposit hasil sintesis

Berdasarkan Gambar 3 dan Gambar 4 tersebut, diketahui bahwa kekuatan tarik dan modulus elastisitas memiliki kecenderungan yang sama terhadap jenis serat yang digunakan. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas terendah dihasilkan oleh bahan tanpa penguat.

Komposit berpenguat serat rami menunjukkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi diantara bahan lainnya. Hal ini membuktikan bahwa serat rami memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap sifat mekanik komposit dibandingkan dengan serat sabut kelapa. Namun, jika dibandingkan dengan Gambar 2, terlihat bahwa komposit berpenguat serat sabut kelapa memiliki kemampuan bertambah panjang yang lebih besar dibandingkan komposit berpenguat serat rami. Hal ini menunjukkan bahwa komposit berpenguat serat sabut kelapa lebih ductile dibandingkan komposit berpenguat serat rami.

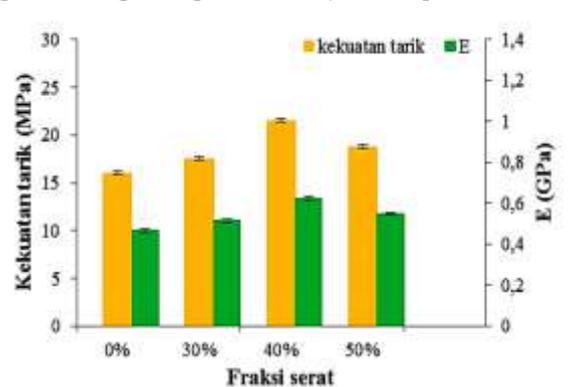
Sebagaimana dijelaskan oleh Saw et al., penambahan sabut kelapa dalam sintesis komposit mampu meningkatkan persen regangan komposit, sehingga komposit yang dihasilkan lebih ductile. Keunggulan dari bahan ductile adalah mampu menahan tegangan penyebab deformasi plastis lebih lama sehingga tidak mudah patah. Bahan ductile cenderung tidak mudah patah setelah dikenai tegangan melebihi batas maksimum yang dapat diterima. Pada dasarnya, serat sabut kelapa termasuk serat alam yang memiliki persen regangan lebih besar dibandingkan serat rami, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Inilah yang menyebabkan komposit berpenguat serat sabut kelapa lebih ductile.

Setiap serat alam memiliki sifat mekanik dan komposisi kimia serat yang berbeda. Berdasarkan Tabel 2, serat rami memiliki kekuatan tarik dan modulus elastisitas lebih tinggi dibandingkan serat sabut kelapa. Selain itu, komposisi kimia serat rami dan sabut kelapa juga berbeda. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa serat alam tersusun atas tiga bagian utama, yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa. Dimana, selulosa memiliki peran utama dalam menentukan kekuatan dan kekakuan serat. Semakin besar persentase selulosa dalam serat maka semakin kuat dan kaku serat tersebut. Tabel 1 menunjukkan bahwa serat rami memiliki persen selulosa lebih besar dibandingkan serat sabut kelapa, masing-masing sebesar 76 % dan 43 %. Hal inilah yang mengakibatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit berpenuat serat rami lebih tinggi dari komposit berpenuat serat sabut kelapa.

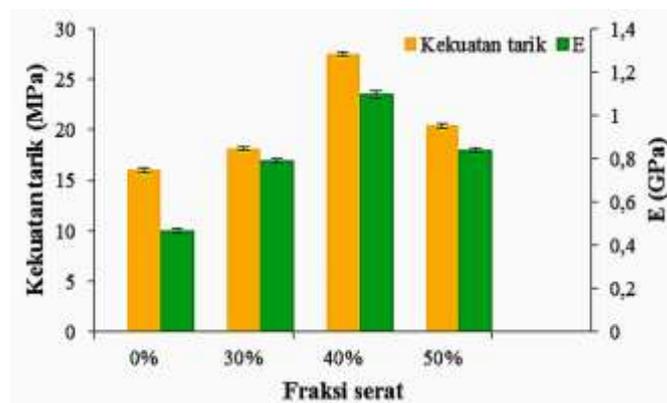
Pengaruh fraksi massa serat

Selain menunjukkan kecenderungan yang sama terhadap jenis serat, kekuatan tarik dan modulus elastisitas juga memiliki kecenderungan yang sama terhadap fraksi massa serat. Dari fraksi massa serat 0% - 40%, kekuatan tarik dan modulus elastisitas mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya fraksi massa serat. Selebihnya peningkatan tidak lagi terjadi.

Hubungan antara fraksi massa serat dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada masing – masing komposit ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit berpenuat serat sbut kelapa



Gambar 6. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit berpenuat serat rami

Histogram pada Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa penambahan serat alam dapat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas PP. Berdasarkan nilai kekuatan tarik yang ditunjukkan pada histogram tersebut, terlihat bahwa fraksi serat 0% merupakan bahan dengan kekuatan tarik dan modulus elastisitas terendah, masing-masing adalah $(16,01 \pm 0,20)$ MPa dan $(0,47 \pm 0,01)$ GPa. Setiap komposit hasil sintesis menunjukkan perilaku yang sama terhadap fraksi massa serat. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas maksimum yang dihasilkan oleh masing – masing komposit adalah pada fraksi massa serat 40%. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas kembali menurun setelah fraksi massa serat ditingkatkan menjadi 50%. Namun, masih lebih tinggi dibandingkan komposit dengan fraksi massa serat 30%. Sebagaimana hasil penelitian sebelumnya.

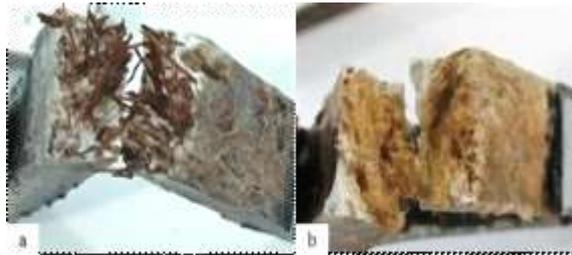
Perbedaan jenis serat yang digunakan tidak berpengaruh terhadap fraksi optimum serat, melainkan berpengaruh terhadap nilai optimum yang dihasilkan oleh masing-masing komposit. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas optimum yang dihasilkan oleh komposit berpenguat serat rami, secara berturut-turut adalah $(27,47 \pm 0,20)$ MPa dan $(1,09 \pm 0,02)$ GPa, sedangkan komposit berpenguat serat sabut kelapa adalah $(21,55 \pm 0,20)$ MPa dan $(0,62 \pm 0,01)$ GPa. Hal serupa juga dihasilkan dari penelitian Haque et al.

Komposisi serat alam yang lebih banyak dibandingkan komposisi matriks menyebabkan komposit memiliki kekuatan yang rendah. Hal ini disebabkan oleh distribusi matriks ke serat yang tidak merata. Distribusi matriks yang tidak merata mengakibatkan matriks tidak mampu mengikat penguat atau serat dengan baik, sehingga gaya adhesi antara serat dan matriks lemah, serta distribusi tegangan tidak merata. Lemahnya gaya adhesi antara serat dan matriks, serta distribusi tegangan yang tidak merata mengakibatkan kemampuan bahan dalam menahan tegangan berkurang. Karena kekuatan tarik dan modulus elastisitas memiliki kebergantungan yang sama terhadap fraksi massa serat, maka dengan menurunnya kekuatan bahan menyebabkan modulus elastisitas bahan juga mengalami penurunan. Hal inilah yang menyebabkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit dengan fraksi massa serat 50% lebih rendah dari komposit dengan fraksi massa serat 40%. Sebagaimana hasil penelitian sebelumnya.

Jika dibandingkan dengan fraksi massa 30%, komposit dengan fraksi massa serat 40% memiliki komposisi serat yang lebih banyak. Sebagai penguat, serat berfungsi menahan beban eksternal yang diaplikasikan pada bahan dan memberikan kekakuan pada bahan, sehingga keberadaan serat mampu menambah kekuatan dan kekakuan pada bahan. Karena komposit dengan fraksi massa serat 40% memiliki komposisi serat lebih banyak dibandingkan komposit dengan fraksi massa serat 30%, maka kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang dihasilkan juga lebih besar.

Gambar 7 (a) dan (b) menunjukkan tipe patahan pada masing-masing komposit. Tipe patahan yang dihasilkan oleh setiap bahan setelah uji tarik dapat menjadi indikasi kuat lemahnya gaya adhesi antara serat dan matriks. Semakin kuat gaya adhesi yang terjadi antara serat dan matriks, maka suatu bahan akan menunjukkan tipe patahan fiber fracture. Patahan fiber fracture ditandai dengan kondisi serat yang ikut patah bersama dengan matriks, sehingga pada permukaan daerah patahan cenderung rata karena tidak terdapat serat yang terlepas dari matriks yang mengikatnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7b. Sebaliknya, apabila gaya adhesi antara serat dan matriks lemah, maka bahan akan menunjukkan tipe patahan fiber pull out sebagaimana ditunjukkan pada

Gambar 7a. Terlihat adanya sejumlah serat yang terlepas dari matriks, sehingga permukaan patahan pada bahan dipenuhi dengan serabut serat yang terlepas dari matriks. Menurut Oksman et al., tipe patahan fiber pull out menunjukkan bahwa serat memiliki kemampuan menyerap energi yang lebih besar. Hal ini ditunjukkan oleh persen regangan yang dihasilkan komposit berpenguat serat sabut kelapa. Oleh sebab itu, komposit berpenguat serat sabut kelapa lebih ductile dari komposit berpenguat serat rami, meskipun gaya adhesi antara serat dan matriks yang dihasilkan tidak sebaik komposit berpenguat serat rami.



Gambar 7. a. komposit berpenguat serat sabut kelapa; b. komposit berpenguat serat rami

KESIMPULAN

Penelitian terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serat alam (sabut kelapa dan rami) dengan matriks polipropilena telah dilakukan. Sifat mekanik komposit hasil sintesis sangat dipengaruhi oleh jenis serat dan fraksi massa serat. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas memiliki kecenderungan yang sama terhadap fraksi massa serat. Keduanya meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi massa serat. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas maksimum diperoleh pada komposit dengan fraksi massa serat 40%. Serat rami memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap sifat mekanik komposit. Komposit berpenguat serat rami lebih kuat dan kaku dibandingkan komposit berpenguat serat sabut kelapa. Namun demikian, komposit berpenguat serat sabut kelapa menunjukkan kemampuan merengang yang lebih besar, sehingga lebih ductile.

DAFTAR RUJUKAN

- B. Haris, *Engineering Composite Materials*. London: The Institute of Materials, 1999.
- D. Roylance, *Mechanical Properties of Materials*. USA: MIT, 2008.
- Faruk, Bledzki, Fink, and Sain, "Biocomposite Reinforced with Natural Fibers: 2000 – 2010," *Progress in Polymer Sciences*, vol. 37, pp. 1552–1596, 2012.
- H. Y. Choi and J. S. Lee, "Effects of Surface Treatment of Ramie Fibers in a Ramie/Poly (lactid acid) Composite," *Journal of Fibers and Polymers*, vol. 13, no. 2, pp. 217–223, 2012.
- Hitachi High Tech Science, *DSC Measurement of Polypropylene*. Jepang: Hitachi High Tech Science Corporation, 2008.
- J. George, M. S. Sreekala, and S. Thomas, "A review on Interface Modification and Characterization of Natural Fiber Reinforced Plastic Composites," *Polymer Engineering and Sciences*, vol. 41, no. 9, pp. 1471–1485, 2001.
- K. Oksman, M. Skrifvars, and J. F. Selin, "Natural Fibers as Reinforcement in Polylactid Acid Composites," *Compos Sci Technol*, vol. 63, pp. 1317–1324, 2003

- Kim, Goda, Noda, and Aoki, *Developing Simple Production of Continuous Ramie Single Yarn Reinforced Composite Strands*. Kairo: Hindawi Publishing Corporation, 2013.
- M. M. Haque, M. Hasan, M. S. Islam, and M. E. Ali, "Phsyco- Mechanical Properties of Chemically Treated Palm and Coir Fiber Reinforced Polypropylene Composites," *Bioresour Technol*, vol. 100, pp. 4903–4906, 2009.
- N. A. S. Priya, P. V. Raju, and P. N. E. Naveen, "Priya, N.A.S., Raju, P.V., dan Naveen, P.N.E. 2014. Experimental Testing of Polymer Reinforced with Coconut Coir Fiber Composites," *Priya, N.A.S., Raju, P.V., dan Naveen, P.N* *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJEAE)*, vol. 4, no. 12, pp. 453–460, 2014.
- P. A. Fowler, J. M. Hughes, and R. M. Elias, "Biocomposites: Technology, Environmental Credentials and Market Forces," *Journal of the Sciences of Food and Agricultures*, vol. 86, pp. 1781–1789, 2006.
- P. Wambua, J. Ivens, and I. Verpoest, "Natural Fiber: Can They Replace Glass in Fiber Reinforced Plastics?," *Compos Sci Technol*, vol. 63, pp. 1259–1264, 2003.
- Pereira *et al*, "Vegetal Fibers in Polymeric Composites: a Review," *Journal of Polymer*, vol. 1, pp. 9–22, 2015.
- R. D. N. Bifel, E. U. K. Maliwemu, and D. G. H. Adoe, "Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester," *Jurnal Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana*, vol. 02, no. 01, pp. 61–68, 2015.
- R. Hu and J. K. Lim, "Fabrication and Mechanical Properties of Completely Biodegradable Hemp Fiber Reinforced Polylactid Acid Composites," *J Compos Mater*, vol. 41, no. 13, pp. 1655–1669, 2007.
- S. K. Saw, K. Akhtar, N. Yadav, and A. K. Singh, "Hybrid Composite Made from Jute/Coir Fibers: Water Absorption, Thickness, Swelling, Density, Morphology, and Mechanical Properties," *Journal of Natural Fibers*, vol. 11, pp. 39–53, 2014.
- S. Kalia, B. S. Kaith, and I. Kaur, "Pretreatments of Natural Fibers and Their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites," *Article in Polymer Engineering and Science*, 2009.
- S. Kg, "Recent Developments in Green Composites based on Plant Fibers-Preparation, Structure Property Studies," *J Bioprocess Biotech*, vol. 05, no. 02, 2015, doi: 10.4172/2155-9821.1000206.
- V. Fiore, G. D. Bella, and A. Valenza, "The Effect of Alkaline Treatment on Mechanical Properties of Kenaf Fibers and Their Epoxy Composites," *Composites: Part B*, vol. 68, pp. 14–21, 2015.