

## Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Matrik Polimer Serat Kulit Durian dengan Variasi Perlakuan Alkalisasi (NaOH, NaOH+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dan KOH) Serat

Muftil Badri<sup>1a</sup>, Andini Chaerunissa<sup>1</sup>, M. Dalil<sup>1</sup>, Sukemi Indra Saputra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>2</sup>Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

<sup>a</sup>Email: muftilbadri@eng.unri.ac.id

### ABSTRACT

*Durian fruit is one of the most popular fruits in Indonesia. Half of the durian fruit is the peel, which produces a lot of waste. The durian peel is not useful and also has no economic value. Durian peel contains fibers that have the potential to be utilized. The utilization of durian peel fiber as a composite natural fiber is an effort to reduce waste from the peels. Improvement of the properties of durian peel fibers can be applied by alkali treatment of the fibers. The purpose of this study is to obtain the cellulose content, tensile strength and impact toughness of durian peel fiber reinforced polymer composites by varying the alkali treatment of the fibers. The volume fraction of fiber and matrix composite was used 50:50. This study varied 0% alkali, fiber alkali as follows: 5% NaOH, 5% NaOH + 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 5% KOH. The results showed the highest cellulose content of 59.48% in the 5% NaOH + 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment. It was found that the optimum tensile strength was 8.58 MPa in the 5% NaOH + 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> fiber treatment. The highest impact toughness of 2.8 kJ/m<sup>2</sup> was obtained in 0% alkali treatment of fiber composite.*

**Keywords:** Durian peel fiber; NaOH; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; KOH

### PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi sekarang ini, tentunya berharap akan adanya inovasi-inovasi baru dalam berbagai bidang, khususnya dibidang Teknik. Termasuk didalamnya pengembangan bahan-bahan teknik yang diharapkan tepat guna dan berkualitas. Untuk memenuhi harapan tersebut diperlukan bahan-bahan yang memiliki kriteria: kuat, ringan, murah, tak tergantikan, dan ramah lingkungan. Berbagai bahan telah digunakan dan melakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan bahan yang diinginkan, salah satunya adalah bahan komposit. Hal ini karena komposit mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dari kekuatan maupun keunggulan dari sifat yang lainnya [1].

Serat alam pada komposit menjadi salah satu objek penelitian yang sangat penting sebagai penguat karena ramah lingkungan, densitas yang rendah, harganya lebih murah, dan tidak berbahaya untuk Kesehatan [2]. Para peneliti telah mencoba berbagai jenis serat alam berbeda yang diperoleh dari buah, biji, daun, batang, dan lain-lain. Selain itu, serat alam juga dimodifikasi dengan menggunakan perlakuan kimia yang berbeda sehingga dapat meningkatkan sifat-sifat komposit serat alam [3].

Kulit durian merupakan limbah rumah tangga yang tidak memiliki nilai ekonomi dan dapat merusak lingkungan. Sekitar 50-65% dari durian terdiri atas kulitnya. Pada umumnya, dari 1 kg kulit durian terdapat 40% serat kulit durian yang dapat dimanfaatkan [4]. Limbah ini memiliki potensi yang baik untuk dapat dimanfaatkan sebagai pengisi (*filler*) atau penguatan ke dalam matriks polimer. Pada tahun 2021 melakukan penelitian sifat mekanis terhadap serat kulit durian pada variasi fraksi volume dengan metode *hand lay up*. Kekuatan Impak tertinggi diperoleh pada fraksi volume serat dan matriks 50:50 sebesar 0,7738 J, sedangkan dari hasil patahan bersifat ulet dan terdapat *fiber pull out* pada specimen [5]. Dari penelitian diketahui bahwa semakin besar penambahan serat kulit durian maka semakin tinggi kekuatan Impaknya. Pada komposit serat kulit durian tunggal terdapat kekurangan yaitu masih lemahnya ikatan antara matriks dan serat.

Lemahnya ikatan antara matriks dan serat, karena terdapat padatan lunak seperti: lilin, lignin, hemiselulosa dan minyak yang masih menempel. Salah satu cara menghilangkan padatan lunak dan meningkatkan kekasaran permukaan serat yaitu dengan metode perlakuan kimia seperti alkalisasi [6]. Pada tahun 2020 melakukan penelitian sifat mekanis serat sisal pada variasi konsentrasi *natrium hidroksida* (NaOH) 5%, 10% dan 15% [7]. Perendaman serat sisal dilakukan selama 120

menit. Karakteristik tarik tertinggi diperoleh pada konsentrasi larutan NaOH sebesar 5%. Tegangan tarik, modulus elastisitas dan elongasi berturut-turut sebesar 25,334 MPa, 16,111 GPa, dan 1,572 %. Pengamatan morfologi dilakukan dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) menunjukkan perlakuan alkali NaOH dapat meningkatkan lapisan penguat atau adhesi antara penguat dengan matriks.

Alkalisasi tidak hanya dilakukan dengan larutan NaOH, namun ada zat kimia lain yang bisa digunakan untuk perlakuan serat alam. Seperti larutan kalium hidroksida (KOH) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) larutan yang dapat menghilangkan lilin, zat berlemak dan lignin sehingga meningkatkan sifat hidrofobik serat, dan serat dapat disimpan dalam waktu yang lama [8][9].  $H_2O_2$  memiliki beberapa keunggulan, diantaranya serat memiliki ketahanan yang tinggi dan penurunan kekuatan serat yang sangat kecil [10]. Melakukan penelitian sifat mekanis serat sabut kelapa pada variasi konsentrasi (NaOH) selama 120 menit dan mencuci serat dengan 3%  $H_2O_2$  selama 60 menit [11]. Karakteristik tarik tertinggi pada perendaman NaOH 15% dan menyebabkan ikatan *interface* antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga tegangan dapat terjadi secara merata.

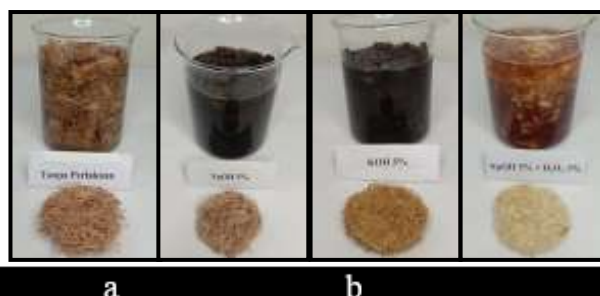
Pada tahun 2018, [9] melakukan penelitian sifat mekanis serat batang maja pada variasi konsentrasi KOH 4%, 6% dan 8% selama 120 menit. Karakteristik tarik tertinggi pada perendaman KOH 8% sebesar 39,778 MPa. Analisis morfologi menggunakan pengamatan SEM menunjukkan perlakuan perendaman KOH meningkatkan karakteristik adhesi karena meningkatkan tegangan permukaan serat dan sifat mekanis komposit tersebut akibat hilangnya lapisan lignin pada serat.

Penelitian ini bertujuan untuk karakterisasi kekuatan tarik dan dampak material komposit dengan memanfaatkan limbah kulit durian sebagai serat. Serat kulit durian akan diberikan perlakuan alkalisasi melalui perendaman selama 120 menit dengan larutan NaOH 5%, larutan NaOH 5% dan perendaman 3%  $H_2O_2$  selama 60 menit, larutan KOH 5% dan tanpa alkalisasi (perendaman *aquades*). Perbandingan fraksi volume serat dengan matriks yaitu 50%:50%.

## METODE PENELITIAN

Ekstraksi kulit durian: Proses limbah kulit durian dijadikan sebagai serat diawali dengan proses ekstraksi. Ekstraksi dilakukan dengan proses perendaman mengacu pada penelitian sebelumnya [12]. Kulit durian dikumpulkan dari limbah pedagang dan limbah rumah tangga. Kulit durian dibersihkan dengan menggunakan air mengalir. Kulit durian yang telah dibersihkan kemudian direndam selama 15 hari dengan *aquades* sehingga tekstur kulit lunak. Kulit durian yang lunak diperas secara manual untuk menghilangkan tepung hingga serat didapatkan serat tersebut dipotong dan dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari.

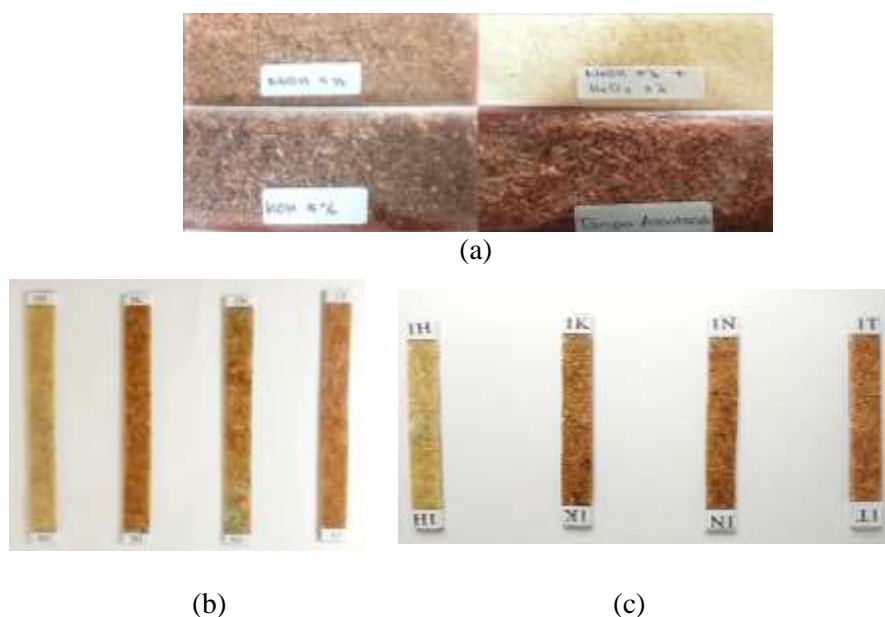
Alkalisasi serat: Perlakuan alkalisasi serat kulit durian yang dilakukan bervariasi. Perlakuan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) mengacu pada penelitian. Perlakuan menggunakan tambahan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) mengacu pada penelitian. Alkalisasi menggunakan kalium hidroksida (KOH) mengacu pada penelitian. Larutan dipersiapkan dengan menimbang NaOH dan KOH yang dibutuhkan dalam 1 Liter larutan sesuai perhitungan. Larutan alkalisasi dilarutkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama  $\pm 15$  menit. Serat tanpa perlakuan hanya direndam dengan *aquades*. Serat dengan perlakuan NaOH 5% dan KOH 5% direndam selama 120 menit dengan larutan NaOH dan KOH yang sebelumnya sudah dipersiapkan. Sebagian serat yang sudah direndam NaOH dinetralkan dengan *aquades*, kemudian direndam kembali dengan  $H_2O_2$  3% selama 60 menit, hal ini dilakukan untuk serat dengan perlakuan NaOH 5% +  $H_2O_2$  3%. Gambar 1 menunjukkan serat tanpa perlakuan alkalisasi dan serat dengan perlakuan alkalisasi.



Gambar 1. a) Serat tanpa perlakuan, b) serat perendaman NaOH 5%, c) serat perendaman KOH 5%, d) serat perendaman NaOH 5% +  $H_2O_2$  3%.

Serat dicuci dengan *aquades* hingga pH normal. Pengeringan serat untuk semua perlakuan menggunakan oven pada temperatur 105°C selama 60 menit. Serat yang sudah kering, dipotong ukuran 0,5-1 cm. Metode ini dilakukan sampai serat yang dibutuhkan terpenuhi untuk dicetak. Serat dipisahkan sebanyak 2 Gram dari setiap perlakuan dan dipotong untuk sampel uji kadar selulosa.

Pembuatan spesimen uji: Pembuatan komposit dilakukan dengan metode *hand lay-up*. Fabrikasi komposit dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Riau. Proses pembuatan spesimen uji melalui beberapa prosedur. Persiapan serat dilakukan dengan penimbangan massa serat kulit durian. Persiapan resin dan katalis dilakukan dengan penimbangan sesuai kebutuhan, kemudian resin dan katalis dicampur dan diaduk hingga homogen. Serat disusun ke dalam cetakan secara merata. Resin dituang ke dalam cetakan dan diratakan keseluruhan bagian menggunakan *hand roller*. Komposit dibiarkan di dalam cetakan hingga mengering dan mengeras. Komposit yang sudah kering kemudian dilepas dari cetakan. Spesimen dipotong sesuai ukuran yang mengacu pada ASTM D3039/D3039M untuk uji tarik dan ASTM D6110 untuk uji impak. **Gambar 2** menunjukkan spesimen uji selulosa, uji tarik, dan impak.



**Gambar 2.** Spesimen (a) Uji Selulosa; (b) Uji Tarik; (b) Uji Impak

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar selulosa: Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau. **Tabel 1** menunjukkan kadar selulosa serat kulit durian dengan variasi perlakuan alkalisasi.

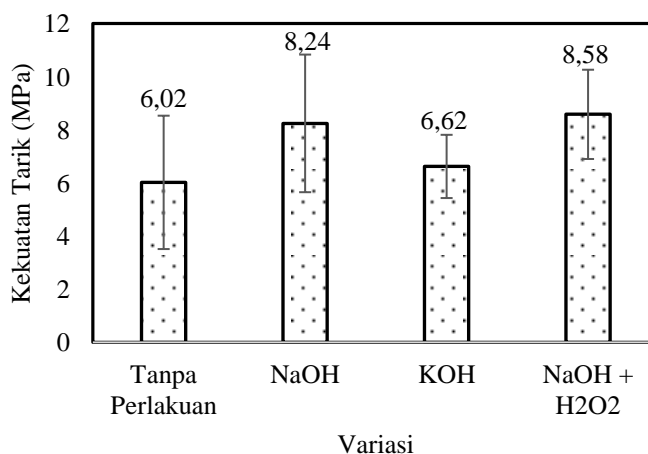
**Tabel 1.** Hasil pengujian kadar selulosa

No	Kode Sampel	Selulosa %
1	Serat Kulit Durian Tanpa Alkalisasi	50,62
2	Serat Kulit Durian NaOH 5%	55,05
3	Serat Kulit Durian KOH 5%	54,75
4	Serat Kulit Durian NaOH 5% + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3%	59,48

Berdasarkan hasil pengujian kadar selulosa meningkat dengan perlakuan serat yang diberikan, pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa serat dengan perlakuan memiliki kadar selulosa yang lebih tinggi dari pada serat tanpa perlakuan. Kadar selulosa paling tinggi didapatkan pada perlakuan NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% sebesar 59,48%, diikuti dengan spesimen pada perlakuan NaOH 5% sebesar 55,05%, kemudian spesimen pada perlakuan KOH 5% sebesar 54,75%, dan yang paling rendah pada spesimen tanpa perlakuan sebesar 50,62%. Hasil ini konsisten dengan teori yang mengatakan bahwa perlakuan kimia dapat meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan

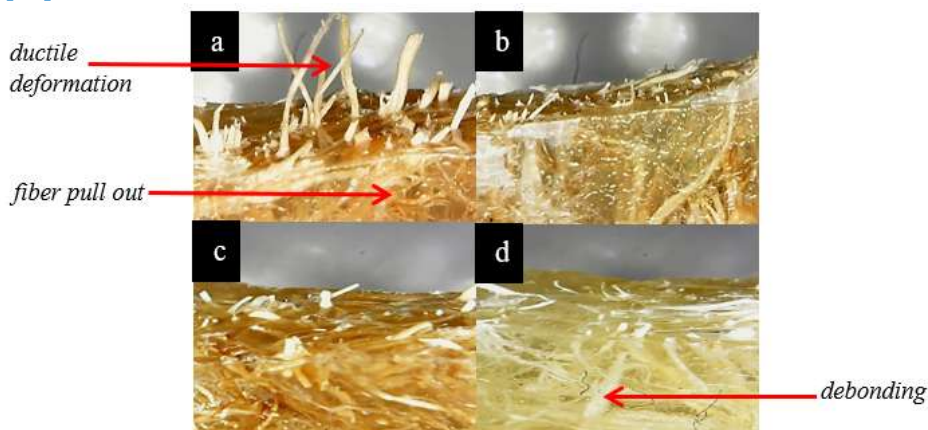
hemiselulosa dan lignin [15]. Peningkatan selulosa serat kulit durian bertujuan untuk memperbaiki ikatan antar serat dan matrik yang dapat mengakibatkan terjadinya *fiber pull out*, *debonding*.

**Kekuatan Tarik:** Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Material Plastik Politeknik ATMI Surakarta, menggunakan alat uji tarik merek *Zwick Roell Z020* dengan kapasitas 20 kN. Kecepatan pembebanan yang digunakan adalah 5 mm/min. **Gambar 3** menyajikan kekuatan tarik komposit serat kulit durian dengan variasi perlakuan serat.



**Gambar 3.** Kekuatan tarik komposit polymer serat kulit durian

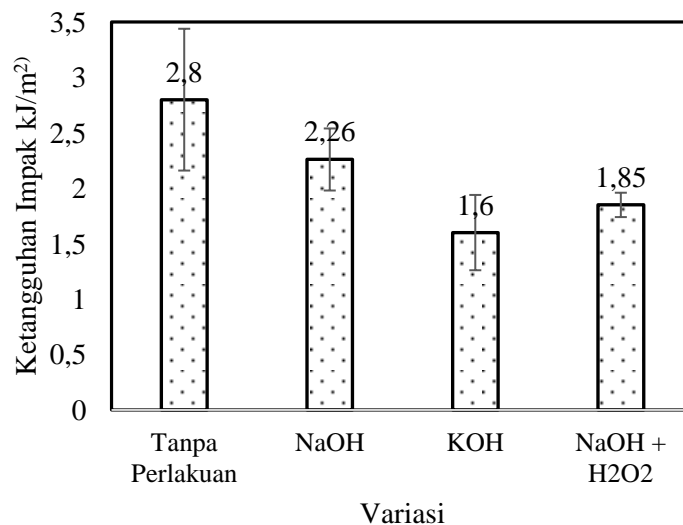
Data hasil pengujian tarik (**Gambar 3**) tegangan tarik paling tinggi didapatkan pada spesimen perlakuan NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% dengan nilai 8,58 MPa, diikuti dengan spesimen pada perlakuan NaOH 5% dengan nilai 8,24 MPa, kemudian spesimen pada perlakuan KOH 5% dengan nilai 6,62 MPa dan yang paling rendah pada spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 6,02 MPa. Penurunan tegangan tarik pada setiap spesimen menunjukkan bahwa kandungan selulosa dan ikatan antar matrik juga semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa memberikan perlakuan terhadap serat dapat meningkatkan ikatan antar matrik yang menyebabkan fenomena *fiber pull out* dan *debonding* berkurang [13].



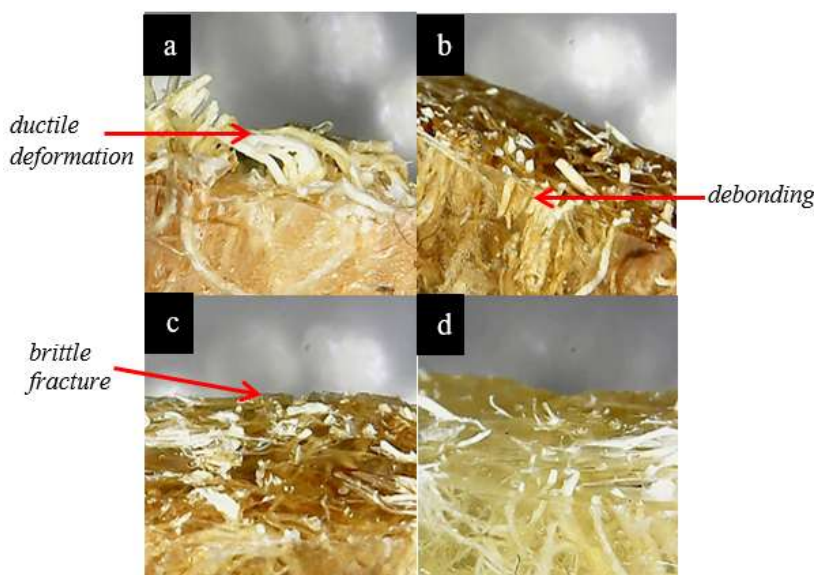
**Gambar 4.** Patahan uji tarik: (a) tanpa perlakuan (b) NaOH 5% (c) KOH 5% (d) NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%

Hal ini sesuai dengan teori yang didapatkan bahwa fenomena *fiber pull out* pada pengujian tarik merupakan penyebab dari lemahnya ikatan antar serat dan matrik yang dijelaskan pada **Gambar 4** [14]. Lemahnya ikatan antar serat dan matrik disebabkan lapisan non-selulosa seperti hemiselulosa, lignin, dan pektin yang menghalang di permukaan serat [14]. Hilangnya lapisan non-selulosa membuat kadar selulosa menjadi meningkat dan permukaan menjadi kasar, selain itu kekuatan tarik yang diperoleh juga meningkat [15]. Sehingga disimpulkan bahwa dengan diberikannya perlakuan serat kulit durian maka, tegangan tarik dan fenomena *fiber pull out* dan *debonding* meningkat sejalan dengan peningkatan kadar selulosa yang didapatkan.

Ketangguhan Impak: Pengujian impak dilakukan di Laboratorium Material Plastik Politeknik ATMI Surakarta, menggunakan alat uji impak *Zwick Roell* dengan kapasitas 4 Joule. Data hasil pengujian impak komposit serat kulit durian dengan variasi perlakuan disajikan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Ketangguhan impak komposit polymer serat kulit durian



**Gambar 6.** Patahan uji impak: (a) tanpa perlakuan (b) NaOH 5% (c) KOH 5% (d) NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%

Data hasil pengujian impak **Gambar 6** harga impak paling tinggi didapatkan pada spesimen tanpa perlakuan dengan nilai 2,8 kJ/m<sup>2</sup>, diikuti dengan spesimen pada perlakuan NaOH 5% dengan nilai 2,26 kJ/m<sup>2</sup>, kemudian spesimen pada perlakuan NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% dengan nilai 1,85 kJ/m<sup>2</sup> dan yang paling rendah pada spesimen perlakuan KOH 5% dengan nilai 1,6 kJ/m<sup>2</sup>.

Pada penelitian sebelumnya dijelaskan bahwa perlakuan serat menyebabkan kemampuan serat menahan beban impak menurun dan bersifat getas. Sedangkan serat pada pengujian impak berperan penting dalam menahan beban saat matrik mengalami kegagalan. Saat serat menahan beban, patahan terjadi tidak bersamaan mengakibatkan pelepasan ikatan antara serat dan matrik yang menandakan serat bersifat ulet [16]. Komposit memiliki harga impak terbesar ialah komposit yang bersifat ulet dan mengalami *ductile deformation*. Disimpulkan bahwa dengan memberikan perlakuan terhadap serat dapat menurunkan harga impak, dan keuletan komposit meningkat.

## KESIMPULAN

Kadar selulosa maksimum sebesar 59% dan tegangan tarik maksimum sebesar 8,58 MPa diperoleh dari perlakuan serat NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%, dimana ikatan antar serat matrik yang optimum terjadi pada perlakuan ini. Hasil foto makro patahan juga menunjukkan bahwa *fiber pull out* lebih sedikit pada perlakuan alkalisasi dengan NaOH 5% + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%. Ketangguhan impact maksimum sebesar 2,80 kJ/m<sup>2</sup> diperoleh dari variasi tanpa perlakuan. Variasi perlakuan tidak mempengaruhi ketangguhan impact.

**Ucapan Terima Kasih**

Ucapan terima kasih yang disampaikan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Riau (LPPM UNRI) atas dukungan pendanaan penelitian melalui Skema Riset Unggulan Universitas Riau (RUUR) Batch 2 Tahun Anggaran 2024, Nomor Kontrak: 989/UN19.5.1.3/AL.04/2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan, D. Daryono, and T. Prihantoro, "Pengaruh sifat mekanik dari fraksi volume komposit berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, pp. 193–199, 2021, doi: 10.24127/trb.v10i2.1688. <https://doi.org/10.24127/trb.v10i2.1688>
- [2] S. Djamil, N. P. G. Suardana, A. P. Irawan, and I. K. G. Sugita, "Tensile Properties of Bamboo Strip Reinforced-Epoxy Matrix Composite," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 508, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012055. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012055>
- [3] M. R. Sanjay and B. Yogesha, "Studies on hybridization effect of jute/kenaf/E-glass woven fabric epoxy composites for potential applications: Effect of laminate stacking sequences," *J. Ind. Text.*, vol. 47, no. 7, pp. 1830–1848, 2018, doi: 10.1177/1528083717710713. <https://doi.org/10.1177/1528083717710713>
- [4] N. Razali, N. A. S. Aseri, S. Dalingam, and A. A. Kamarolzaman, "The effect of fibre loading on the physical and mechanical properties of Pineapple Leaf Fibre-reinforced biodegradable composites," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1349, no. 1, pp. 0–8, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1349/1/012148. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012148>
- [5] A. Y. Leiwakabessy, B. G. Tentua, and F. Laamena, "Analisis Sifat Mekanis Komposit Polyester Yang Diperkuat Serat Kulit Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Akibat Variasi Fraksi Volume," *ALE Proceeding*, vol. 4, pp. 146–150, 2021, doi: 10.30598/ale.4.2021.146-150. <https://doi.org/10.30598/ale.4.2021.146-150>
- [6] N. V. Matolinets, "Роль Та Місце Омега-3 Жирних Кислот У Регуляції Синдрому Системної Відповіді На Запалення В Пацієнтів, Які Отримують Інтенсивну Терапію роль Та Місце Омега-3 Жирних Кислот У Регуляції Синдрому Системної Відповіді На Запалення В Пацієнтів, Які Отримують Інт," *Emerg. Med.*, no. 8.79, pp. 27–32, 2022, doi: 10.22141/2224-0586.8.79.2016.90370. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.8.79.2016.90370>
- [7] A. Kusmiran and R. Desiasni, "Analisis Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida terhadap Sifat Mekanik Biokomposit Berpenguat Serat Sisal," *J. Fis.*, vol. 10, no. 2, pp. 11–18, 2020, doi: 10.15294/jf.v10i2.25462. <https://doi.org/10.15294/jf.v10i2.25462>
- [8] M. A. Alim *et al.*, "Manufacturing and compatibilization of binary blends of superheated steam treated jute and poly (lactic acid) biocomposites by melt-blending technique," *Heliyon*, vol. 8, no. 8, p. e09923, 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09923. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09923>
- [9] P. E. Lado, D. G. H. Adoe, and J. C. A. Pah, "Studi Pengaruh Perlakuan KOH Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Rami," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 10, no. 01, pp. 56–61, 2023, doi: 10.35508/ljtmu.v10i01.11989. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v10i01.11989>
- [10] A. F. Mulyadi, "Optimasi Proses Bleaching pada Pembuatan Pulp Kering Berbahan Dasar Serabut Kelapa Sawit (*Elais guineensis*)," no. March 2014, 2014, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/291355653>

- [11] Zulkifli and I. B. Dharmawan, “Analisa Pengaruh Perlakuan Alkalisasi Dan Hydrogen Peroksida Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatriks Epoxy,” *J. Polimesin*, no. Vol 17, No 1 (2019): Polimesin, pp. 41–46, 2019, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin/article/view/844>
- [12] Sanjaya, “Pemanfaatan Kulit Buah Durian sebagai Stimulan Penyalaan Briket Batubara (The Application of Durian Rind as a Burning Stimulant of Coal Briquettes),” *J. Ilmu Teknol. Kayu Trop.*, vol. 13 No. 1, no. 1, pp. 80–87, 2015.
- [13] M. Badri, “SEM Observation on Fracture Surface of Coconut Fibers Reinforced Polyester Composite,” *J. Ocean. Mech. Aerosp. -Science Eng.*, vol. 40, no. 1, pp. 22–27, 2017.
- [14] T. Arif Sutrisno, K. Astana Widi, and R. M. I. F., “Analisa Kekuatan Tarik dan Foto Makro Patahan Komposit Serat Eceng Gondok Berpenguat ZnO,” *J. Flywheel*, vol. 13, no. 2, pp. 35–40, 2022, doi: <https://doi.org/10.36040/flywheel.v13i2.5561>
- [15] H. Hestiawan, D. Ariawan, K. Amri, A. Nuramal, A. Afrizal, and S. Sudibyo, “Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Serat Lantung (Artocarpus Elasticus),” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 819–826, 2022, doi: [10.21776/jrm.v13i3.1220](https://doi.org/10.21776/jrm.v13i3.1220)
- [16] P. Aksar, A. Kadir, and R. Balaka, “Analisa Kekuatan Tarik Bahan Komposit Polimer Resin Poliester Berpenguat Serat Tebu,” *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 2, p. 82, 2022, doi: [10.33772/djitm.v13i2.26911](https://doi.org/10.33772/djitm.v13i2.26911)