

Sintesis Biokomposit Resin Epoksi/Serat Ijuk/Serat Kelapa dengan Alkalisasi KOH

Ella Melyna^{*)}, Annisa Jingga Sopian

Politeknik STMI Jakarta, Indonesia

^{*)} *Corresponding author:* melynae@gmail.com

(Received: 07 Mei 2024 • Revised: 27 Mei 2024 • Accepted: 29 Mei 2024)

Abstract

Using of polymers in the industrial world is growing, one of which is formed into polymer composites. One of the matrices that can be used in the manufacture of composites is a thermoset polymer type of epoxy resin. The use of natural fibers as reinforcement in the manufacture of composites is carried out as an effort to reduce the use of synthetic fibers which are considered less environmentally friendly. Coconut fiber has a high value of flexibility and is not easily broken, while palm fiber has a relatively high tensile strength value and is not easily decomposed. Before the fiber is used in the manufacture of composites, the fiber is first treated with alkali to remove the lignin content so that the bond between the matrix and the fiber becomes better. This study aims to determine the effect of adding palm fiber and coconut fiber to composites using epoxy resin on their tensile strength and hardness values. The variables of this study were variations in mass composition of epoxy resin/fiber/coconut fiber, namely 70:30:0, 70:0:30, 70:15:15, and 60:30:10. The composite was made using the Hand Lay Up method and then tested for tensile strength using the Universal Testing Machine (UTM) and hardness using the Durometer Hardness Tester Shore D. The results showed that the composite with the highest tensile strength value was in a variation of the resin composition: palm fiber :coconut fiber 70:15:15 which is equal to 26.45 MPa, this shows that the addition of palm fiber and coconut fiber with a balanced composition can provide the best tensile strength value, while the composite with the highest hardness value is in a variation of the resin composition: fiber :coconut fiber 70:0:30 which is equal to 77.5 Shore D, this shows that the addition of coconut fiber in the manufacture of composites has an effect on increasing the hardness value.

Abstrak

Saat ini penggunaan polimer di dunia industri semakin berkembang, salah satunya dengan dibentuk menjadi komposit polimer. Matriks yang dapat digunakan dalam pembuatan komposit salah satunya adalah polimer termoset jenis resin epoksi. Penggunaan serat alam sebagai penguat dalam pembuatan komposit dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan serat sintesis yang dianggap kurang ramah lingkungan. Serat kelapa memiliki nilai kelenturan yang tinggi dan tidak mudah patah, sedangkan serat ijuk memiliki nilai kuat tarik yang cukup tinggi dan tidak mudah terurai. Sebelum serat digunakan dalam pembuatan komposit, serat terlebih dahulu diberi perlakuan alkali untuk menghilangkan kandungan lignin supaya ikatan antara matriks dan serat menjadi lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk dan serat kelapa pada komposit dengan menggunakan resin epoksi terhadap kuat tarik dan nilai kekerasannya. Variabel penelitian ini adalah variasi komposisi massa resin epoksi/serat ijuk/serat kelapa yaitu 70:30:0, 70:0:30, 70:15:15, dan 60:30:10. Pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan metode *Hand Lay Up* dan selanjutnya dilakukan pengujian kekuatan tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan kekerasan menggunakan *Durometer Hardness Tester Shore D*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit dengan nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada variasi komposisi resin:serat ijuk:serat kelapa 70:15:15 yaitu sebesar 26,45 MPa, hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat ijuk dan serat kelapa dengan komposisi seimbang dapat memberikan nilai kekuatan tarik terbaik, sedangkan komposit dengan nilai kekerasan tertinggi berada pada variasi komposisi resin:serat ijuk:serat kelapa 70:0:30 yaitu sebesar 77,5 Shore D, hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan serat kelapa pada pembuatan komposit memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan.

Keywords: *Composites, coconut fiber, epoxy resin, Hand lay up, ijuk fiber*

PENDAHULUAN / INTRODUCTION

Saat ini penggunaan polimer di dunia industri semakin berkembang dikarenakan polimer memiliki beragam kegunaan, dan salah satu contoh pengembangan penggunaan polimer ialah dengan dibentuk menjadi komposit polimer. Komposit ialah material yang terbentuk dari campuran dua atau lebih material yang tidak homogen dan memiliki sifat mekanik berbeda sehingga akan menghasilkan material komposit dengan sifat mekanik dan karakteristik yang lebih baik dari material pembentuknya [1]. Material komposit memiliki keunggulan yaitu memiliki sifat mekanik yang baik, massa jenis yang lebih rendah dan tahan terhadap korosi [2].

Material komposit umumnya terdiri dari matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah resin epoksi yang termasuk dalam polimer termoset. Penggunaan polimer jenis termoset dalam pembuatan komposit karena polimer jenis ini memiliki kelebihan yaitu, memiliki ketahanan terhadap temperatur dan bahan kimia karena wujudnya cair dan viskositasnya tidak terlalu tinggi sehingga dapat membasahi permukaan serat [3], tahan terhadap panas, memiliki adhesi yang baik, dan tahan terhadap korosi [4].

Umumnya penguat yang digunakan dalam pembuatan komposit polimer adalah serat. Serat yang digunakan bisa dari serat sintesis ataupun serat alam. Saat ini penggunaan serat alam sebagai *reinforcement* dalam pembuatan komposit polimer cukup diminati untuk diteliti lebih lanjut karena serat alam lebih mudah untuk terurai dibandingkan serat sintesis, lebih ramah lingkungan, serta ketersediaannya yang melimpah di alam [5]. Salah satu jenis serat alam yang memiliki potensi dapat digunakan sebagai *reinforcement* dalam pembuatan komposit adalah serat ijuk dan serat kelapa.

Pohon aren merupakan tumbuhan yang ada hampir di setiap daerah pesisir di Indonesia. Serat ijuk dihasilkan melalui pohon aren dan terletak pada lapisan luar pangkal pelepah pohon aren [6]. Sifat mekanik khususnya kekuatan tarik serat ijuk lebih baik jika dibandingkan dengan serat jenis lainnya seperti serat pisang, nilai kekuatan tarik yang dihasilkan bervariasi antara 173 MPa sampai dengan 200 MPa [5]. Beberapa keunggulan yang dimiliki serat ijuk diantaranya adalah serat ijuk tahan lama dan tidak gampang untuk terurai, memiliki ketahanan terhadap asam dan garam air laut, dapat juga digunakan sebagai pembungkus pangkal kayu-kayu pada bangunan karena dapat memperlambat pelapukan dan mencegah rayap tanah [7].

Selain serat ijuk, serat alam lain yang akan digunakan yaitu serat sabut kelapa. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2020 kelapa yang dihasilkan Indonesia mencapai 2811,90 ton. Hal ini tentunya dapat menyebabkan masalah pencemaran lingkungan jika limbah yang dihasilkan tidak ditangani dengan baik. Maka dari itu penggunaan sabut kelapa sebagai *reinforcement* dalam pembuatan komposit dapat menjadi salah satu solusi pemanfaatan limbah sabut kelapa. Nilai kekuatan tarik sabut kelapa cukup tinggi mulai dari 131-175 MPa [8].

Sebelum memulai pembuatan komposit, serat alam terlebih dahulu diberikan perlakuan alkalisasi dengan menggunakan larutan KOH. Proses alkalisasi merupakan proses penghilangan kandungan lignin yang ada di dalam serat. Pada penelitian ini digunakan larutan KOH dalam proses alkalisasi dikarenakan KOH merupakan salah satu jenis basa kuat sehingga kelarutannya lebih besar dibandingkan basa lemah, dapat menguraikan lapisan hemiselulosa dan lignin lebih banyak dibanding NaOH, proses alkalisasi ini bertujuan untuk meningkatkan adhesi yang ada antara matriks dan serat [9].

Penelitian yang dilakukan terkait pengaruh proses alkalisasi pada pembuatan komposit dengan metode *hand lay up* menggunakan serat sabut kelapa terhadap kekuatan tariknya dengan menggunakan matriks poliester menghasilkan kekuatan tarik tertinggi pada alkalisasi dengan KOH 10% yaitu 6,29 MPa [10]. Selain itu, pada penelitian lain terkait komposit berpenguat serat ijuk dengan perlakuan alkalisasi, diperoleh bahwa hasil rata-rata pengujian kekuatan tarik tertinggi sebesar 138,71 MPa [6]. Ukuran serat juga berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan, komposit berpenguat serat ijuk dan menggunakan resin epoksi sebagai matriksnya menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada ukuran serat yang paling panjang yaitu 90 mm sebesar 36,37 MPa [1].

Penambahan serat kelapa sebagai penguat memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan yang lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan serat alam jenis lain. Penelitian yang melakukan pembuatan komposit dengan menggunakan resin epoksi dan menggunakan dua jenis serat alam sebagai pembanding menunjukkan bahwa komposit dengan komposisi 20% resin dan 80% serat kelapa memiliki nilai kekerasan sebesar 153,11 VHN (*Vickers Hardness Number*), sedangkan untuk komposisi 20% resin dan 80% serat bambu nilai kekerasan yang diperoleh sebesar 108,01 VHN [11].

Berdasarkan uraian-uraian tersebut, komposit yang diperkuat oleh serat ijuk cenderung menghasilkan komposit dengan nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit berpenguat serat kelapa, namun dengan adanya penambahan serat kelapa dalam pembuatan komposit dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan dari komposit yang dihasilkan. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terkait pembuatan komposit yang diperkuat oleh serat ijuk dan serat kelapa, dan selanjutnya dilakukan pengujian untuk melihat bagaimana pengaruh penambahan serat ijuk dan serat kelapa terhadap nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk, serat kelapa, serta gabungan serat ijuk dan serat kelapa terhadap nilai kekuatan tarik dan kekerasan komposit.

METODE PENELITIAN / RESEARCH METHODOLOGY

Bahan-bahan yang digunakan diantaranya ialah resin epoksi jenis epiklohidrin *bisphenol A*, *hardener* jenis poliamida, serat ijuk dan serat kelapa berukuran 15 x 15 cm, KOH pro analisis dengan merek *Merck*, *aquadest*, serta *wax*. Alat-alat yang digunakan diantaranya ialah kaca berukuran 20 x 5 cm sebanyak empat buah, kaca berukuran 30 x 30 cm sebanyak dua buah, neraca analitik, gelas ukur, labu ukur, kuas, pisau kape, batang pengaduk, oven, serta kertas universal pH meter. Untuk alat alat yang digunakan pada proses pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM) untuk pengujian Tarik dan *Durometer Hardness Tester Shore D* untuk pengujian kekerasan.

Sebelum pembuatan komposit dilakukan terlebih dahulu dilakukan proses alkalisasi pada serat yang akan digunakan. Alkalisasi dilakukan dengan larutan KOH 10%. Serat ijuk dan serat kelapa kemudian dimasukkan ke dalam larutan tersebut dan direndam selama 4 jam, setiap 1 jam sekali dilakukan pengadukan terhadap serat ijuk dan serat kelapa untuk memastikan semua bagian serat terendam sempurna. Setelah direndam selama 4 jam, serat kemudian dicuci dengan *aquadest* untuk menghilangkan sisa dari perendaman senyawa alkali KOH, serat dicuci hingga mencapai pH normal. Serat selanjutnya dikeringkan di dalam oven dengan suhu 80°C hingga mencapai bobot konstan, setelah kering serat dapat digunakan untuk pembuatan komposit.

Tabel 1. Variasi Komposisi Resin Epoksi/Serat Ijuk/Serat Kelapa

Sampel	Komposisi Perbandingan Resin Epoksi:Serat Ijuk:Serat Sabut Kelapa		
	Resin (%)	Serat Ijuk (%)	Serat Sabut Kelapa (%)
1	70	30	0
2	70	15	15
3	70	0	30
4	60	30	10

Pembuatan komposit dimulai dengan persiapan cetakan yang akan digunakan, permukaan cetakan dibersihkan dengan lap supaya tidak ada kotoran yang menempel. Diolesi dengan *release agent (wax)* supaya mempermudah proses pencopotan komposit saat sudah kering. Selanjutnya ditimbang resin dan *hardener* sesuai kebutuhan, kemudian resin dan *hardener* diaduk hingga merata. Resin dan *Hardener* yang telah dicampur merata lalu dituangkan secukupnya di atas *mold* dan diratakan. Serat diletakkan ke atas permukaan cetakan yang sebelumnya sudah dituangkan campuran resin dan *hardener*, setelah itu campuran resin epoksi dan *hardener* dituangkan kembali di atas serat yang sudah diletakkan sebelumnya dan diratakan. Diamkan komposit hingga mengeras. Setelah mengeras, komposit dapat dilepaskan dari cetakan dengan menggunakan pisau kape secara hati-hati. Pembuatan komposit selanjutnya dilakukan kembali dengan menyesuaikan pada komposisi yang telah ditentukan.

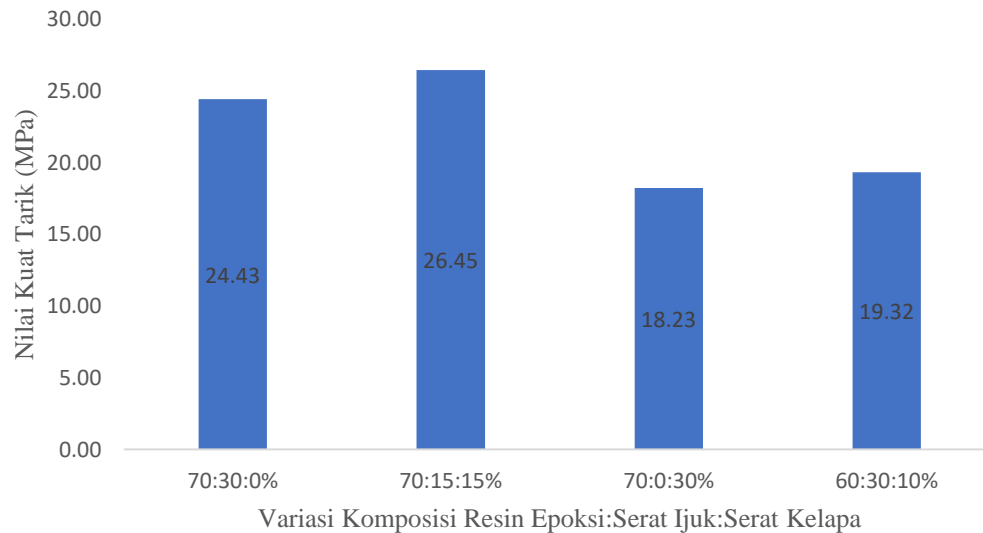
Setelah proses pembuatan komposit selesai, maka selanjutnya komposit yang dihasilkan akan dipotong menurut standar pengujian yang digunakan dalam penelitian. Dalam pengujian kekuatan tarik, sampel dibuat berdasarkan ASTM D638 dengan ketebalan sampel berkisar 3-4 mm, sedangkan untuk spesimen uji kekerasan, sampel dibuat berdasarkan dengan ASTM D2240 dengan ukuran 50x50 mm dan ketebalan berkisar 5-10 mm. Komposit yang telah dibuat spesimen uji selanjutnya dilakukan proses pengujian. Pengujian yang akan dilakukan pada komposit yaitu, uji kekuatan tarik dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dan selanjutnya dilakukan uji kekerasan dengan menggunakan *Durometer Hardness Tester Shore D*. Kedua pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Teknologi Polimer Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

HASIL DAN PEMBAHASAN / RESULTS AND DISCUSSION

Hasil pengujian kuat tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) berdasarkan ASTM D638 ditunjukkan pada Gambar 1. Komposit epoksi/serat ijuk/serat kelapa dengan komposisi 70:15:15 memberikan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 26,45 MPa, kemudian terjadi penurunan kekuatan tarik pada komposisi 60:30:10 menjadi 19,32 MPa. Nilai kuat tarik resin epoksi adalah 85 MPa [18]. Hasil penelitian yang diperoleh sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [12], pada penelitian tersebut komposit berpenguat serat ijuk dan serat kelapa dengan menggunakan resin poliester menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada komposit serat ijuk dan serat kelapa dengan variasi komposisi 70:15:15% sebesar 23,48

MPa dan terjadi penurunan nilai kuat tarik menjadi 21,64 MPa pada variasi komposisi resin:serat ijuk:serat kelapa 70:20:10.

Penurunan nilai kekuatan bahan pada material komposit dapat disebabkan karena ikatan antara serat dan matriks yang lemah, sehingga menyebabkan transfer beban dari matriks ke serat tidak terjadi dengan baik. Sehingga semakin banyak serat yang ditambahkan dalam pembuatan komposit dapat menurunkan kekuatan bahan komposit yang dihasilkan [3].



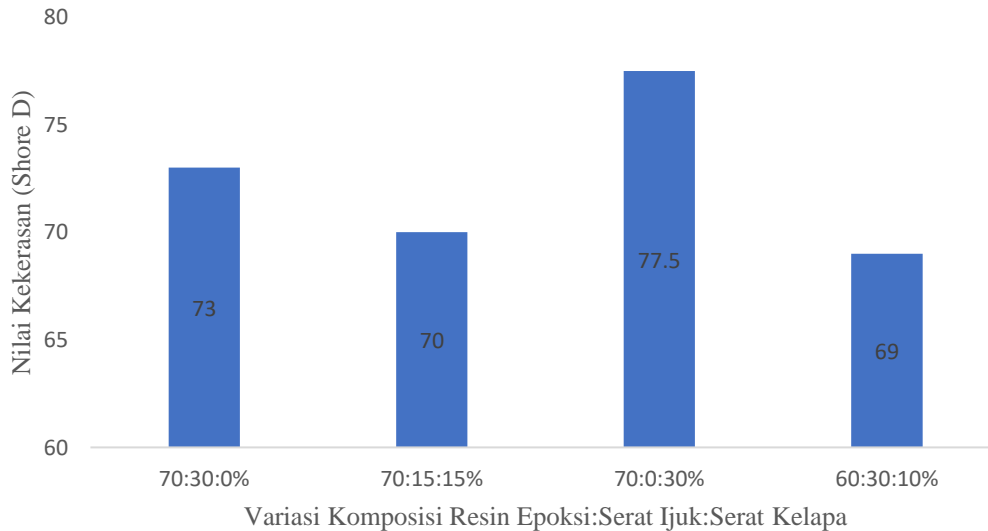
Gambar 1. Nilai Kekuatan Tarik Komposit Epoksi/Serat Ijuk/Serat Kelapa

Perlakuan alkalisasi pada serat alam sebelum digunakan sebagai penguat dalam pembuatan komposit juga merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap sifat mekanik. Hal ini dikarenakan, perlakuan alkalisasi terlebih pada konsentrasi yang cukup tinggi dan waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan pada selulosa yang terkandung di dalam serat. Selulosa sendiri merupakan salah satu unsur penting yang terdapat di dalam serat alam, jika terjadi kerusakan atau berkurangnya kandungan selulosa di dalam serat dapat menyebabkan serat menjadi rapuh dan mudah putus [13].

Dalam pembuatan komposit terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas komposit, diantaranya adalah faktor serat seperti letak serat, panjang serat, dan bentuk serat [14]. Serat ijuk yang digunakan memiliki bentuk silinder panjang sedangkan serat kelapa yang digunakan berbentuk lembaran, maka dengan banyaknya serat ijuk yang ada di dalam komposit membuat luas permukaan bidang batas antar mukanya semakin besar sehingga dapat meningkatkan kekuatan komposit [3].

Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan ASTM D2240 dengan menggunakan *Durometer Hardness Tester Shore D*. Hasil pengujian nilai kekerasan komposit ditunjukkan pada Gambar 2. Pada komposit epoksi berpenguat serat ijuk dan serat kelapa dengan variasi 70:30:0 diperoleh nilai kekerasan sebesar 73 *Shore D*, variasi 70:15:15 diperoleh nilai kekerasan sebesar 70 *Shore D*, variasi 70:0:30 diperoleh nilai kekerasan sebesar 77,5 *Shore D*, lalu untuk variasi komposisi 60:30:10 diperoleh nilai kekerasan sebesar 69 *Shore D*.

Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada komposit epoksi/serat ijuk/serat kelapa dengan komposisi 70:0:30, yaitu sebesar 77,5 *Shore D*, sedangkan untuk nilai kekerasan terendah diperoleh pada komposit dengan komposisi 60:30:10, yaitu sebesar 69 *Shore D*. Variasi komposisi 70:0:30 atau yang hanya menggunakan serat kelapa sebagai penguat di dalamnya menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan komposit dengan variasi 70:30:0 atau yang hanya diperkuat oleh serat ijuk.



Gambar 2. Nilai Kekerasan Komposit Epoksi/Serat Ijuk/Serat Kelapa

Komposit yang diperkuat oleh serat kelapa memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit yang diperkuat oleh serat ijuk, hal ini dapat dikarenakan kandungan lignin yang berada di dalam serat kelapa lebih tinggi dibandingkan pada serat ijuk. Serat kelapa memiliki kandungan lignin sebesar 40-45% [15], sedangkan serat ijuk memiliki kandungan lignin sebesar 30% [16]. Kandungan lignin yang cukup tinggi pada serat kelapa menjadikan serat kelapa memiliki kualitas kekerasan yang lebih besar [17].

KESIMPULAN / CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta analisis data hasil pengujian, maka diperoleh kesimpulan bahwa komposit pada variasi komposisi resin epoksi/serat ijuk/serat kelapa 70:15:15 memberikan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 26,45 MPa, hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk dan serat kelapa dengan komposisi seimbang dapat memberikan nilai kekuatan tarik terbaik pada komposit yang dihasilkan. Nilai kekerasan tertinggi berada pada variasi komposisi resin epoksi/serat ijuk/serat kelapa 70:0:30 yaitu sebesar 77,5 *Shore D*, hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan serat kelapa dalam pembuatan komposit dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan pada komposit sebesar 6,16%.

UCAPAN TERIMAKASIH / ACKNOWLEDGMENTS

Terimakasih penulis ucapkan kepada Politeknik STMI Jakarta untuk dana yang diberikan pada penelitian ini. Penelitian ini didukung oleh fasilitas riset, dan dukungan ilmiah serta teknis dari Laboratorium Polimer, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

DAFTAR PUSTAKA / REFERENCES

- [1] E. Mahmuda, S. Savetlana, and - Sugiyanto, "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 1, pp. 79–84, 2013.
- [2] E. Sugawara and H. Nikaido, "Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*," *Antimicrob. Agents Chemother.*, vol. 58, no. 12, pp. 7250–7257, 2014, doi: 10.1128/AAC.03728-14.
- [3] R. Kartini, H. Darmasetiawan, A. K. Karo, and Sudirman, "Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam," *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 3, no. 3, pp. 30–38, 2002.
- [4] A. H. Siregar, B. A. Setyawan, and A. Marasabessy, "Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api," *Bina Tek.*, vol. 12, no. 2, p. 261, 2017, doi: 10.54378/bt.v12i2.82.
- [5] I. Munandar, S. Savetlana, and S. Sugiyanto, "Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr)," *J. Ilm. Tek. Mesin FEMA*, vol. 1, no. 3, p. 97942, 2013.
- [6] A. E. Purkuncoro, "Pengaruh Perlakuan Alkali (Naoh) Serat Ijuk (Arenga Pinata) Terhadap Kekuatan Tarik," *J. Tek. Mesin Transm.*, vol. 13, no. 2, pp. 167–178, 2017.
- [7] B. Sinaga, C. S. P. Manurung, R. A. M. Napitupulu, and M. Tampubolon, "Analisa Kekuatan Tarik dan Kekerasan Komposit Resin Polyester yang Diperkuat dengan Serat Pohon Aren (Ijuk) dengan Variasi Acak , Lurus dan Terputus-Putus Pendek," vol. 1, pp. 50–58, 2022.
- [8] K. G. Satyanarayana, C. K. S. Pillai, K. Sukumaran, S. G. K. Pillai, P. K. Rohatgi, and K. Vijayan, "Structure property studies of fibres from various parts of the coconut tree," *J. Mater. Sci.*, vol. 17, no. 8, pp. 2453–2462, 1982, doi: 10.1007/BF00543759.
- [9] A. Z. Sujita Sujita, "Karakteristik Kekuatan Tarik dan Morfologi Material Komposit Berpenguat Serat Pohon Pisang Saba Dengan Perlakuan Kimia," *J. Mek. Terap. Politek. Negeri Jakarta*, vol. 2, no. 1, pp. 6–10, 2021.
- [10] K. S. Nisa, E. Melyna, and M. R. M. Samida, "Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH," *Rekayasa*, vol. 15, no. 3, pp. 354–361, 2022.
- [11] B. DP, I. Susanto, and P. Sucusno, "Analisa Laju Aus , Kekerasan Dan Koefesien Gesek Menggunakan Sabut Kelapa Dan Serat Bambu," *J. UMJ*, vol. 36, no. November, pp. 1–7, 2021.
- [12] Ilham, Bakri, and R. Magga, "Sifat Kuat Tarik Material Komposit Hibrid Berpenguat Serat Ijuk Dan Sabut Kelapa Dengan Orientasi Serat Acak," *J. Mek.*, vol. 10, no. 2, pp. 980–991, 2019.
- [13] Nurfajri and Arwizet K, "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serabut Kelapa Dan Ijuk Dengan Perlakuan Alkali (Naoh)," *J. Multidisciplinary Res. Dev.*, vol. 1, no. 4, pp. 791–

- 797, 2019.
- [14] N. H. Sari and S. Sinarep, “Analisa Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguatan Serat Nilon,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, 2011, doi: 10.29303/d.v1i1.130.
 - [15] Johannes Leonard S, Harry Abrido S, and Maulida, “Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Dalam Uji Fourier Transform Infrared Pada Komposit Termoplastik Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 2, no. 2, pp. 32–36, 2013, doi: 10.32734/jtk.v2i2.1436.
 - [16] I. M. Ammar, M. R. M. Huzaifah, S. M. Sapuan, M. R. Ishak, and Z. B. Leman, *Development of Sugar Palm Fiber Reinforced Vinyl Ester Composites*. Elsevier Ltd, 2018. doi: 10.1016/b978-0-08-102160-6.00011-1.
 - [17] S. Indra Mawardi, Nurdin, Zaini, Usman, “Karakteristik Kekuatan Impak dan Kekerasan Hybrid Biocomposite Berbasis Epoksi yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Sintetis,” vol. 16, no. 1, pp. 1–8, 2022.
 - [18] M. F. Taures. *Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) pada Permukaan Serat Sisal Terhadap Peningkatan Kekuatan Ikatan Interface Komposit Serat Sisal-Epoxy*. Tugas Akhir. Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.