

## Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH

Khadijah Sayyidatun Nisa<sup>1\*</sup>, Ella Melyna<sup>1</sup>, M.Rizky Mubarak Samida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Sekolah Tinggi Manajemen Industri

Jl. Letjen Suprpto No.26 Cempaka Putih 10510 Jakarta

\*[khadijahnisa@kemenperin.go.id](mailto:khadijahnisa@kemenperin.go.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.16713>

### ABSTRACT

Development of bio-composite materials is growing rapidly, as these materials are light, strength, and have good resistance to corrosion. Moreover, bio-composite is one of many options to utilize agricultural waste. Polyester resin and coconut coir fiber can be utilized as matrix and filler for bio-composites. Alkalization is a method to obtain high quality cellulose from natural materials. The objective of this study is to examine the effect of KOH concentration on tensile strength and hardness of coconut coir fiber and polyester resin composite. The composite was successfully synthesized using hand lay-up method. Tensile strength and hardness tests were conducted to examine the composite's physical properties, meanwhile Fourier Transform Infrared was employed to examine the material's functional group. Bio-composite with coconut coir fiber and polyester ratio=40:60 yielded the highest tensile strength of 6.04 MPa. Furthermore, the composites that are synthesized with alkalization using KOH concentration of 5%wt, 10%wt, 15%wt, and no alkalization produced tensile strength 5.29, 6.92, 3.50, and 3.50 MPa respectively. In addition, the composites with KOH concentration of 5%wt, 10%wt, 15%wt, and no alkalization generated hardness 70, 73, 73, and 72 Shore D respectively. It can be concluded that the higher coconut coir fiber ratio, the higher the bio-composite's tensile strength.

**Key words** : polyester resin, coconut coir fiber, alkalization, tensile strength, bio-composite

### PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan kebutuhan industri, diperlukan pengembangan material komposit yang bersifat unggul, ramah lingkungan, serta *biodegradable*. Komposit merupakan material yang terdiri dari dua fasa (matriks dan serat), serta bersifat unik dan berbeda dari komponen-komponen penyusunnya (Diana *et al.*, 2020). Matriks berfungsi sebagai penyangga serat dan melindungi serat dari kerusakan mekanik, sementara serat berfungsi untuk menambah kekuatan dan kekerasan material (Kumar Sharma *et al.*, 2022). Keunggulan material komposit diantaranya adalah ringan, memiliki kekuatan yang optimum, serta tahan terhadap korosi (Sajan & Philip Selvaraj, 2021). Pengembangan material komposit dengan penguat serat alami (biokomposit) saat ini banyak dilakukan karena material tersebut murah, ramah lingkungan, tahan terhadap korosi, dan dengan pembuatan biokomposit, limbah agrikultur dapat

diolah menjadi produk yang lebih bernilai (Balaji *et al.*, 2019; Hemnath *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2019).

Pemilihan serat alami yang mengandung selulosa sebagai material penguat komposit dikarenakan selulosa dapat memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kekuatan mekanik, termal, dan stabilitas material (Thinkohkaew *et al.*, 2020). Komposit dengan penguat serat alami berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai material pada konstruksi sipil, kemasan pangan, serta komponen otomotif (Neves *et al.*, 2020). Adapun serat alami yang telah dikembangkan oleh peneliti-peneliti terdahulu diantaranya adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), serat limbah pisang, serat sabut kelapa, dan serat rami (Adeniyi *et al.*, 2019; Kalangi *et al.*, 2022). Kustiyah *et al.* (2022) meneliti pengaruh penambahan PP-g-MA terhadap kekuatan tarik komposit serat TKKS dan polipropilena. Penelitian tersebut menunjukkan semakin tinggi ukuran serat

#### Article History:

**Received:** August, 30<sup>th</sup> 2022; **Accepted:** December, 10<sup>th</sup> 2022

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th,

#### Cite this as:

Nisa, K.S., Melyna, E & Samida, M.R.B. (2022). *Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa dan Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH*. *Rekayasa* 15 (3). 354-361 pp.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.16713>.

© 2022 Nisa

TKKS, semakin tinggi *tensile strength* yang dihasilkan. Penelitian lain dilakukan oleh Nurhajati & Indrajati (2011) yang menguji pengaruh penambahan senyawa maleat anhidrida, asam stearat, dan asam akrilat terhadap sifat mekanik komposit serbuk sabut kelapa dan *styrofoam* dengan perbandingan serat:matriks=50:50. Studi tersebut menunjukkan penambahan maleat anhidrat memberikan kekuatan tarik terbaik sebesar 97,27 kg/cm<sup>2</sup>.

Poliester merupakan salah satu material yang dapat dijadikan matriks komposit (Aziz & Ansell, 2004). Poliester merupakan polimer termoset yang memiliki ketahanan termal 100-140°C, tahan terhadap bahan-bahan asam, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap sinar UV dan serapan air (Ali & Safrizal, 2018; Maryanti *et al.*, 2011). Sementara itu, sabut kelapa merupakan limbah agrikultur yang melimpah, materialnya bersifat tangguh, dan belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai lebih tinggi (Freitas *et al.*, 2022; Widnyana *et al.*, 2020). Pemanfaatan sabut kelapa menjadi komposit diharapkan mampu mengatasi permasalahan lingkungan.

Sabut kelapa adalah bagian dari buah kelapa (*Cocos nucifera*), dimana kandungannya sebesar 35% dari buah kelapa (Mulyawan *et al.*, 2015). Data persentase komposisi utama sabut kelapa ditampilkan pada Tabel 1. Kandungan selulosa di dalam material lignoselulosa seperti serat sabut kelapa pada umumnya dikelilingi oleh lignin, sehingga untuk memanfaatkan kandungan selulosa pada material tersebut serta meningkatkan kekuatan ikatan antara matriks dan serat pada komposit, perlu dilakukan alkalisasi (Gu, 2009; Ifa *et al.*, 2022).

Alkalisasi merupakan metode yang ekonomis untuk memisahkan komponen lignin dari selulosa pada serat, namun kekurangan dari metode ini yaitu dapat menyebabkan deteriorasi atau penurunan kekuatan dari serat (Gu, 2009). Alkalisasi pada umumnya dilakukan menggunakan basa kuat (NaOH atau KOH). Selain itu, dengan proses alkalisasi diharapkan permukaan serat menjadi lebih baik sehingga daya kekuatan antarmuka (*interface*) antara serat dan matriks dapat meningkat (Maryanti *et al.*, 2011). Laksono *et al.* (2019) mengkaji pengaruh alkalisasi menggunakan NaOH terhadap kekuatan tarik komposit serat alam kayu bangkirai dan poliester. Hasil penelitian tersebut menunjukkan alkalisasi

serat kayu bangkirai menggunakan NaOH dengan konsentrasi 7wt% menghasilkan kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 58,33 MPa. Studi lain yang dilakukan oleh Hastuti *et al.* (2021) mengkaji variasi volume serat sabut kelapa pada komposit serat sabut kelapa:poliester untuk melihat efek volume serat terhadap kekuatan *bending* komposit. Pratama *et al.* (2014) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa alkalisasi menggunakan NaOH memberikan dampak yang signifikan pada *tensile strength* komposit serat sabut kelapa:poliester.

Alkali KOH merupakan alkali dari basa kuat dan dapat bersifat korosif jika tingkat konsentrasi dari alkali tersebut tinggi. Selain itu senyawa KOH juga memiliki kandungan ion K<sup>+</sup> yang baik untuk tanah atau tanaman jika dibandingkan dengan ion Na<sup>+</sup> pada senyawa alkali NaOH, sehingga apabila senyawa KOH ini dipakai dan menghasilkan limbah, maka limbah yang dihasilkan tidak terlalu mencemari lingkungan. Dikarenakan alasan tersebut, senyawa KOH dapat dijadikan alternatif untuk digunakan pada proses alkalisasi serat komposit. Hal yang perlu diteliti lebih dalam adalah pengaruh konsentrasi KOH terhadap sifat fisik dan mekanik dari komposit. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi komposisi serat sabut kelapa:resin poliester, serta pengaruh konsentrasi KOH pada proses alkalisasi terhadap kuat tarik; kekerasan; dan gugus fungsi komposit. Komposit serat sabut kelapa:resin poliester yang menghasilkan kekuatan tarik terbaik selanjutnya digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi KOH terhadap komposit tersebut.

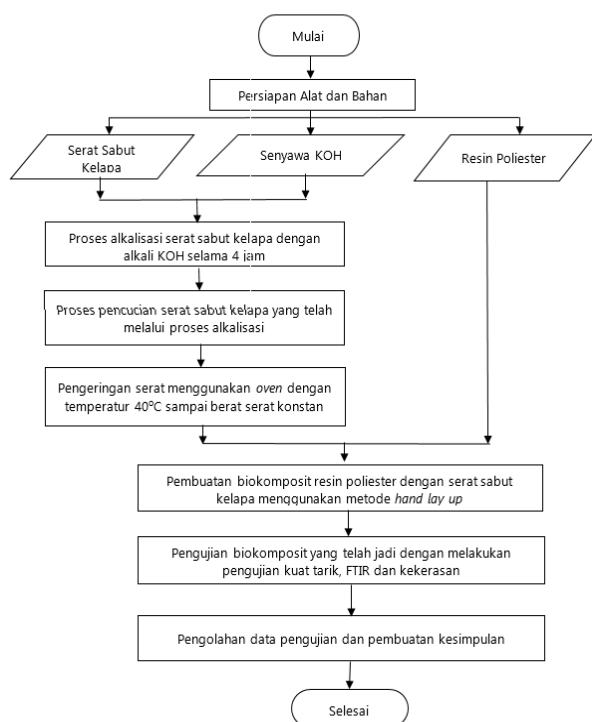
## METODE PENELITIAN

Untuk menganalisis pengaruh komposisi serat sabut kelapa:resin poliester serta pengaruh konsentrasi KOH, variasi penelitian yang dilakukan meliputi:

- Variasi perbandingan serat sabut kelapa:resin poliester=20%:80%; 30%:70%; dan 40%:60% dengan persentase alkalisasi KOH 5% w/w.
- Sintesis biokomposit dengan perbandingan serat sabut kelapa:resin poliester=30%:70% dengan variasi alkalisasi KOH 5% w/w; 10% w/w; dan 15% w/w serta tanpa alkalisasi KOH.

Adapun tahapan yang digunakan pada penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan, alkalisasi, pembuatan biokomposit. Prosedur penelitian

secara lengkap ditampilkan pada Gambar 1. Bahan-bahan yang digunakan adalah serat sabut kelapa, KOH, resin poliester, katalis Metil Etil Keton Peroksida (MEKP), *gel coat*, *wax*, *cobalt*, dan *aqua DM*.



Gambar 1. Prosedur Penelitian Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa Dan Resin Poliester

### Proses Alkalisasi

Pada proses alkalisasi, KOH ditimbang sesuai dengan variasi yang dilakukan, kemudian dilarutkan dengan *aqua DM*. Selanjutnya, serat sabut kelapa berukuran 15 cm x 15 cm direndam di dalam KOH selama 4 jam seraya dilakukan pengadukan dan pengukuran pH. Setelah itu, serat dicuci sampai nilai pH mencapai netral, kemudian serat sabut kelapa dikeringkan menggunakan *oven* dengan temperatur 40°C.

### Proses Sintesis Biokomposit

Biokomposit poliester berpenguat serat sabut kelapa disintesis menggunakan metode *hand lay-up*. Pertama-tama, pada permukaan cetakan dioleskan *wax*, kemudian campuran *gel coat* dengan *cobalt* 0,3% dicampurkan dengan katalis MEKP 2%, lalu campuran tersebut diratakan di atas *mold*. Setelah itu, resin poliester dan katalis dicampur dan dituang di atas cetakan secara merata. Kemudian, serat sabut kelapa diletakkan di atas permukaan resin poliester, lalu resin poliester kembali dituangkan di atas permukaan sabut

kelapa. Selanjutnya, biokomposit dibiarkan hingga mengeras, lalu dilepaskan dari cetakan.

### Pengujian Sampel Biokomposit

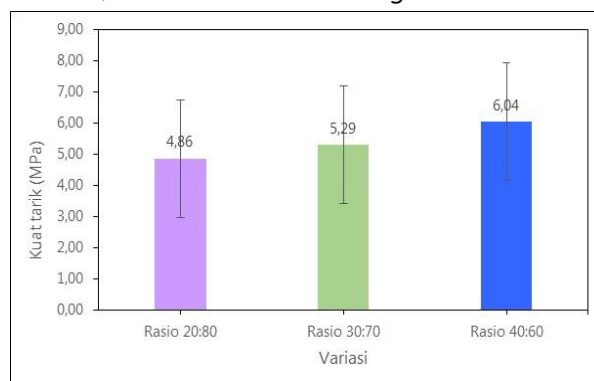
Setelah biokomposit disintesis, dilakukan pengujian uji kuat tarik dan uji kekerasan, serta analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Pengujian kuat tarik dilakukan sesuai standar ASTM D638 menggunakan alat Shimadzu AG-X plus 50 kN *Universal Testing Machine*, sementara pengujian kekerasan dilakukan dengan standar ASTM D2240 menggunakan alat *Shore D Model SHR-D-GOLD*. Besarnya kuat tarik biokomposit ditentukan berdasarkan persamaan (1), dengan  $P$  = beban tarik,  $A$  = luas penampang, dan  $\sigma$  = tegangan (Setiawan et al., 2021)

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

## HASIL PEMBAHASAN

### Pengaruh Perbandingan Serat Sabut Kelapa

Hasil pengujian kekuatan tarik pada berbagai perbandingan rasio serat sabut kelapa:resin poliester ditampilkan pada Gambar 2. Pada seluruh sampel dengan variasi perbandingan rasio tersebut, dilakukan alkalisasi dengan KOH 5% wt.



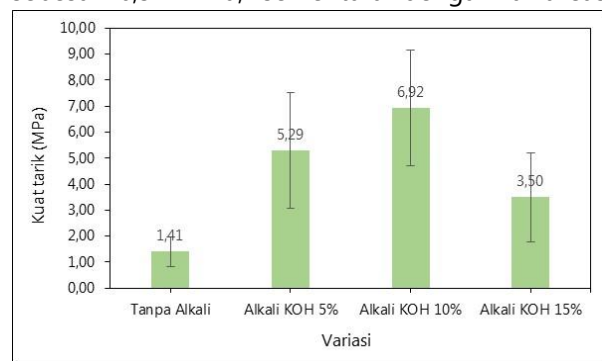
Gambar 2. Pengaruh Perbandingan Rasio Sabut Serat Kelapa : Resin Poliester dengan Alkalisasi KOH 5% Wt Terhadap Kekuatan Tarik Biokomposit

Nilai kuat tarik biokomposit dengan rasio serat sabut kelapa:resin poliester 20:80 %wt adalah 4,86 MPa, nilai kuat tarik biokomposit dengan rasio serat sabut kelapa:resin poliester 30:70 %wt adalah 5,29 MPa, dan nilai kuat tarik biokomposit dengan rasio serat sabut kelapa:resin poliester 40:60 %wt adalah 6,04 MPa. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin berat serat sabut kelapa yang ditambahkan sebagai *filler*, maka nilai kekuatan tarik semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian Gundara & Rahman (2019) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi serat

sabut kelapa, maka kekuatan tarik komposit semakin meningkat. Pada saat komposit mendapatkan beban, gaya aksial pertama-tama diterima oleh matriks, lalu gaya tersebut dibebankan ke serat. Oleh karena itu, semakin besar fraksi komponen serat, maka semakin besar pula bagian komposit yang menahan beban kerja. Namun, ikatan antara matriks dan serat juga akan berkurang, sehingga perlu dicari titik optimum yang dapat menghasilkan material biokomposit dengan kekuatan tarik yang baik.

### Pengaruh Variasi Konsentrasi Alkalisasi terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Biokomposit

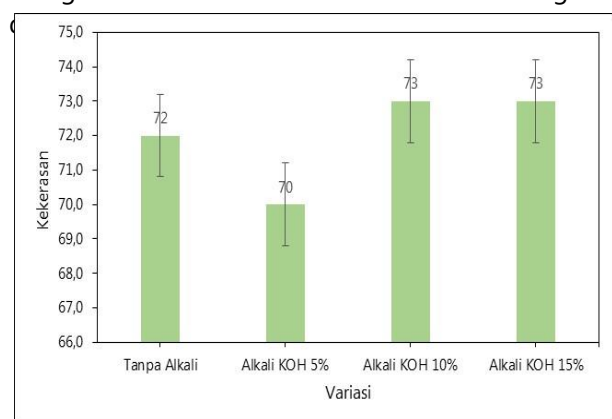
Pada Gambar 3, terlihat bahwa biokomposit serat sabut kelapa dan resin poliester tanpa perlakuan alkalisasi menghasilkan kekuatan tarik terendah jika dibandingkan dengan biokomposit yang mendapat perlakuan alkalisasi, yakni sebesar 1,41 MPa. Hal tersebut disebabkan karena komposit yang diperkuat serat alam tanpa perlakuan alkalisasi, mengandung serat dengan kandungan lignin yang besar, sehingga ikatan yang antara serat dan resin tidak kuat dan menyebabkan kegagalan pada uji tarik komposit tersebut (Maryanti *et al.*, 2011). Selain itu, pada penelitian ini, diperoleh nilai kekuatan tarik biokomposit dengan alkalisasi KOH 5%wt sebesar 5,29 MPa, lalu dengan alkalisasi KOH 10%wt sebesar 6,92 MPa, sementara dengan alkalisasi



Gambar 3. Pengaruh Alkalisasi Terhadap Kekuatan Tarik Biokomposit dengan Rasio Serat Sabut Kelapa : Resin Poliester = 30:70

Penurunan kekuatan tarik pada komposit dengan alkalisasi KOH 15%wt disebabkan karena konsentrasi alkali KOH yang terlalu banyak dapat menyebabkan jaringan *microfibril* penyusun serat yang diikat oleh lignin dan pektin terpisah. Selain itu, semakin tinggi konsentrasi KOH maka semakin

banyak ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$  yang bereaksi dengan serat, sehingga jumlah asam lemak dan selulosa berkurang dan mengakibatkan kekuatan serat menurun (Gu, 2009). Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan Gu (2009) yang membandingkan pengaruh konsentrasi NaOH pada kekuatan biokomposit serat sabut kelapa:polipropilena, dimana pada penelitian tersebut, NaOH 6%wt menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 738,9 MPa, namun pada konsentrasi 10%wt terjadi penurunan kekuatan tarik sebesar 680 MPa. Pada biokomposit dengan perlakuan alkali KOH 10%wt, kandungan lignin pada serat sudah hilang, sehingga biokomposit menghasilkan kekuatan tarik terbaik dibandingkan



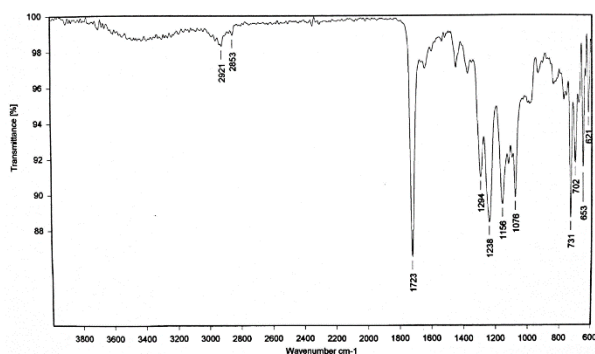
Gambar 4. Pengaruh Alkalisasi Terhadap Kekerasan Biokomposit Dengan Rasio Serat Sabut Kelapa : Resin Poliester = 30:70

Data hasil pengamatan pengaruh alkalisasi terhadap kekerasan biokomposit ditampilkan pada Gambar 4. Nilai kekerasan pada biokomposit serat sabut kelapa:resin poliester dengan penggunaan KOH 5%wt sebesar 70 Shore D, lalu pada biokomposit dengan penggunaan KOH 10%wt sebesar 73 Shore D, dan untuk penggunaan KOH 15%wt sebesar 73 Shore D, sementara biokomposit tanpa alkalisasi sebesar 72 Shore D. Dapat dilihat pula pada Gambar 4 bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi KOH pada saat alkalisasi. dari penggunaan KOH 5%wt ke penggunaan KOH 10%wt dan penggunaan KOH 15%wt. Pada biokomposit yang menggunakan alkali KOH 10%wt dan 15%wt menghasilkan kekerasan tertinggi yaitu 73 Shore D. Hasil pengujian kekerasan yang didapatkan dari penggunaan alkalisasi KOH 5%wt menghasilkan

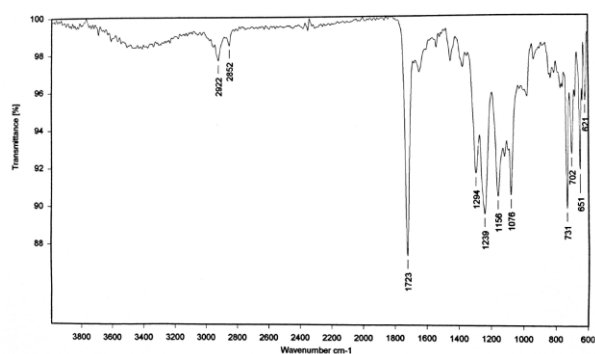
nilai yang lebih rendah dibandingkan tanpa alkalisasi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan distribusi serat pada matriks yang tidak homogen, sehingga masih ada bagian yang tebal dan tipis pada serat. Biokomposit serat sabut kelapa dan resin poliester memiliki potensi untuk dijadikan produk kampas rem motor. Namun, nilai kekerasan yang didapatkan dari biokomposit serat sabut kelapa dan resin poliester yang telah dilakukan alkalisasi ini masih di bawah dari nilai kekerasan yang ada pada produk kampas rem motor dipasaran yaitu sebesar 85,43 Shore D (Purboputro et al, 2018).

### Pengaruh Alkalisasi terhadap Gugus Fungsi Biokomposit

Hasil pengujian gugus fungsi menggunakan FTIR pada sampel biokomposit yang mendapat perlakuan alkalisasi dan tidak dialkalisasi ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Adapun detail gugus fungsi yang terdeteksi menggunakan FTIR ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 5. Gugus Fungsi Komposit Serat Sabut Kelapa : Resin Poliester=30:70 Tanpa Alkalisasi KOH



Gambar 6. Gugus Fungsi Komposit Resin Poliester : Serat Sabut Kelapa=70:30 dengan Alkalisasi KOH 5%Wt

Dari Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa biokomposit serat sabut kelapa:resin poliester tanpa alkalisasi KOH menghasilkan bilangan gelombang untuk gugus fungsi hidroksil (OH) yang sama dengan penggunaan alkali KOH 5%wt yaitu pada  $1156\text{ cm}^{-1}$  dan  $1076\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini dapat terjadi karena konsentrasi alkali yang digunakan merupakan konsentrasi yang terendah (5 wt%). Dalam hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat adanya gugus fungsi asetil yang terlihat pada bilangan gelombang  $1238\text{ cm}^{-1}$  pada biokomposit tanpa alkalisasi dan  $1239\text{ cm}^{-1}$  dengan alkalisasi menggunakan KOH 5%wt (Freitas et al., 2022). Selain itu, terdapat pula gugus C=O yang ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1723\text{ cm}^{-1}$  (Sari et al., 2021).

Tabel 2 Daerah Serapan Inframerah Biokomposit Serat Sabut Kelapa : Resin Poliester Menggunakan Alkalisasi Dan Tanpa Alkalisasi

Biokomposit serat sabut kelapa:resin poliester dengan alkalisasi menggunakan KOH 5%wt ( $\text{cm}^{-1}$ )	Biokomposit serat sabut kelapa:resin poliester tanpa alkalisasi ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus fungsi
2922	2921	CH <sub>3</sub> dan CH <sub>2</sub> (gugus alifatik)
2852	2853	
1723	1723	C=O (gugus karbonil)
1294	1294	C-O-C (ester)
1239	1238	t-butyl dalam hidrokarbon
1156	1156	C-OH (alkohol)
1076	1076	
731	731	(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> (hidrokarbon)
702	702	O-C=O (gugus karboksil)
651	653	
621	621	O-C-O (ester)

Tabel 2 juga menunjukkan data bahwa pada biokomposit tanpa alkalisasi, terdapat gugus karboksil pada bilangan gelombang  $702\text{ cm}^{-1}$  dan  $653\text{ cm}^{-1}$ . Gugus karboksil tersebut merupakan gugus yang terdapat pada hemiselulosa dan lignin di dalam serat sabut kelapa. Bilangan gelombang yang dihasilkan dari biokomposit dengan perlakuan alkalisasi, bergeser dari  $702\text{ cm}^{-1}$  dan  $653\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $702\text{ cm}^{-1}$  dan  $651\text{ cm}^{-1}$ . Dari pergeseran bilangan gelombang yang dihasilkan dari gugus karboksil pada biokomposit menunjukkan bahwa kandungan hemiselulosa dan lignin sudah berkurang dari kandungan awal. Hasil tersebut berbeda dengan penelitian Hasyim dkk. (2018) yang menunjukkan bahwa setelah alkalisasi dilakukan, kandungan selain selulosa terlarut pada

NaOH dan KOH, sehingga kandungan selulosa meningkat. Pada penelitian ini tidak terjadi pergeseran bilangan gelombang pada gugus fungsi hidroksil, akan tetapi terjadi pergeseran gelombang yang dihasilkan oleh gugus fungsi karboksil.

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Semakin berat serat sabut kelapa yang digunakan sebagai *filler*, maka nilai kekuatan tarik semakin meningkat. Biokomposit yang menghasilkan kuat tarik tertinggi adalah biokomposit dengan perbandingan serat sabut kelapa:resin poliester=40:60.
2. Alkalisasi biokomposit menggunakan KOH 10 wt% meningkatkan nilai kekuatan tarik menjadi 6,92 MPa dan nilai kekerasan menjadi 73 Shore D.
3. Variasi alkalisasi KOH memiliki pengaruh terhadap gugus fungsi yang dihasilkan dari biokomposit serat sabut kelapa:resin poliester. Gugus karboksil pada biokomposit resin poliester:serat sabut kelapa tanpa alkalisasi menghasilkan bilangan gelombang  $702\text{ cm}^{-1}$  dan  $653\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan sampel yang mendapatkan perlakuan alkali KOH 5%wt mengalami perubahan bilangan gelombang menjadi  $702\text{ cm}^{-1}$  dan  $651\text{ cm}^{-1}$ .

### DAFTAR PUSTAKA

- Adeniyi, A. G., Onifade, D. V., Ighalo, J. O., & Adeoye, A. S. (2019). A review of coir fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 176(August), 107305. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107305>
- Ali, S., & Safrizal, S. (2018). Pembuatan Papan Serat Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit ( TKKS ) Dengan Metode Penuangan Secara Langsung Berukuran 100x300 mm. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 4(1), 37–48. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v4i1.1582>
- Aziz, S. H., & Ansell, M. P. (2004). The effect of alkalization and fibre alignment on the mechanical and thermal properties of kenaf and hemp bast fibre composites: Part 1 - polyester resin matrix. *Composites Science and Technology*, 64(9), 1219–1230. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2003.10.001>
- Balaji, N. S., Chockalingam, S., Ashokraj, S., Simson, D., & Jayabal, S. (2019). Study of mechanical and thermal behaviours of zeo-coir hybrid polyester composites. *Materials Today: Proceedings*, 27, 2048–2051. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.056>
- Diana, L., Ghani Safitra, A., & Nabel Ariansyah, M. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 59–67.
- Freitas, B. R., Braga, J. O., Orlandi, M. P., da Silva, B. P., Aoki, I. V., Lins, V. F. C., & Cotting, F. (2022). Characterization of coir fiber powder (cocos nucifera L.) as an environmentally friendly inhibitor pigment for organic coatings. *Journal of Materials Research and Technology*, 19, 1332–1342. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.05.098>
- Gu, H. (2009). Tensile behaviours of the coir fibre and related composites after NaOH treatment. *Materials and Design*, 30(9), 3931–3934. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.01.035>
- Gundara, G., & Rahman, M. B. N. (2019). Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester dengan Variasi Fraksi Volume: Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 3(1), 10–19.
- Hastuti, S., Budiono, H. S., Ivadiyanto, D. I., & Nahar, M. N. (2021). Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 6(1), 30–37. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v6i1.2257>
- Hasyim, U. H., Yansah, N. A., & Nuris, M. F. (2018). ebagai Matriks Komposit Serat Alam Dengan Perbandingan Alkalisasi Naoh Dan KOH. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 015(3), 1–7.
- Hemnath, A., Anbuechezhiyan, G., Nanthakumar, P., & Senthilkumar, N. (2020). Tensile and flexural behaviour of rice husk and sugarcane bagasse reinforced polyester composites. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3451–3454. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.786>

- Ifa, L., Syarif, T., Sartia, S., Juliani, J., Nurdjannah, N., & Kusuma, H. S. (2022). Techno-economics of coconut coir bioadsorbent utilization on free fatty acid level reduction in crude palm oil. *Heliyon*, 8(3), e09146. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09146>
- kalangi, C., Antony Prabu, D., Sujin Jose, A., & Jani, S. P. (2022). Experimental characterization of banana fiber reinforced polyester composites. *Materials Today: Proceedings*, 60, 2236–2239. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.232>
- Kumar Sharma, A., Bhandari, R., Sharma, C., Krishna Dhakad, S., & Pinca-Bretotean, C. (2022). Polymer matrix composites: A state of art review. *Materials Today: Proceedings*, 57, 2330–2333. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.592>
- Kustiyah, E., Wicaksono, I., Wardani, L. A., Meilani, S. S., & Hasaya, H. (2022). Pembuatan komposit dari serat tandan kosong kelapa sawit dengan matrik polipropilen serta penambahan grafting agent PP-g-MA. 16(3), 367–372. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i3.13005>
- Laksono, A. D., -, B., & Adlina, N. (2019). Pengaruh Perlakuan Alkalinisasi Serat Alam Kayu Bangkirai (*Shorea laevis* Endert) pada Sifat Mekanik Komposit dengan Matriks Poliester. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 5(2), 1–7. <https://doi.org/10.32487/jst.v5i2.672>
- Maryanti, B., Sonief, A., & Wahyudi, S. (2011). Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 123–129.
- Mulyawan, M., Setyowati, E., & Widjaja, A. (2015). Surfaktan Sodium Ligno Sulfonat (SLS) dari Debu Sabut Kelapa. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), F1–F3. [www.rumputlaut.org](http://www.rumputlaut.org)
- Neves, A. C. C., Rohen, L. A., Mantovani, D. P., Carvalho, J. P. R. G., Vieira, C. M. F., Lopes, F. P. D., Simonassi, N. T., Luz, F. S. D., & Monteiro, S. N. (2020). Comparative mechanical properties between biocomposites of Epoxy and polyester matrices reinforced by hemp fiber. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(2), 1296–1304. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.056>
- Nurhajati, D. W., & Indrajati, I. N. (2011). Kualitas Komposit Serbuk Sabut Kelapa Dengan Matrik Sampah. *Jurnal Riset Industri Vol.*, V(2), 143–151.
- Pratama, Y. Y., Setyanto, R. H., & Priadythama, I. (2014). Pengaruh Perlakuan Alkali, Fraksi Volume Serat, dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa - Polyester. *Ilmiah Teknik Industri*, 13(Composite), 8–15.
- Purboputro, P. I., Awaluddin, D., Mesin, J. T., & Surakarta, U. M. (2018). Variasi Ukuran Mesh (Al-Si) dan Karbon Tempurung Kelapa dengan Menggunakan Polyester BQTN 157 terhadap Nilai Pengujian Kekerasan. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 19(2), 84–89.
- Sajan, S., & Philip Selvaraj, D. (2021). A review on polymer matrix composite materials and their applications. *Materials Today: Proceedings*, 47, 5493–5498. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.034>
- Sari, R. M., Gea, S., Wirjosentono, B., Hendrana, S., & Torres, F. G. (2021). The effectiveness of coconut coir as tar adsorbent in liquid smoke integrated into the pyrolysis reactor. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25(December 2020), 0–5. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100907>
- Setiawan, A., Daryono, D., & Prihantoro, T. (2021). Pengaruh sifat mekanik dari fraksi volume komposit berpenguat serat tandan kosong kelapa sawit. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2), 193–199. <https://doi.org/10.24127/trb.v10i2.1688>
- Sharma, S., Sudhakara, P., Misra, S. K., & Singh, J. (2019). A comprehensive review of current developments on the waste-reinforced polymer-matrix composites for automotive, sports goods and construction applications: Materials, processes and properties. *Materials Today: Proceedings*, 33, 1671–1679. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.523>
- Thinkohkaew, K., Rodthongkum, N., & Ummartyotin, S. (2020). Coconut husk (*Cocos nucifera*) cellulose reinforced poly vinyl alcohol-based hydrogel composite with control-release behavior of methylene blue. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 6602–6611. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.04.051>
- Widnyana, A., Rian, I. G., Surata, I. W., & Nindhia, T. G. T. (2020). Tensile Properties of coconut coir

single fiber with alkali treatment and reinforcement effect on unsaturated polyester polymer. *Materials Today: Proceedings*, 22, 300–

305.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.155>