

Pengaruh Delignifikasi Alkali terhadap Perubahan Struktur Lignoselulosa Serbuk Sabut Kelapa sebagai Pengisi Komposit Geopolimer

Roy Aries Permana Tarigan^{1*}, Ayu Pramita², Sri Hastuti³, Mohammad Nurhila¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap,

²Program Studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap,
Jl. Dr. Soetomo No.1, Cilacap

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tidar,

Jl. Kapten Suparman No. 39, Magelang

*E-mail: tarigan@pnc.ac.id

Diajukan: 08-11-2024; Diterima: 01-12-2024; Diterbitkan: 21-12-2024

Abstrak

Sabut kelapa, salah satu komoditi di Cilacap, memiliki potensi besar sebagai bahan olahan untuk berbagai aplikasi termasuk sebagai pengisi komposit geopolimer. Namun, kandungan lignin yang tinggi pada serbuk sabut kelapa dapat menghambat pemanfaatannya secara optimal. Delignifikasi alkali merupakan metode yang digunakan untuk mengurangi lignin dan meningkatkan selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh delignifikasi alkali terhadap perubahan struktur lignoselulosa serbuk sabut kelapa, sehingga hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi pada optimalisasi sifat mekanik komposit geopolimer. Metode penelitian meliputi perlakuan delignifikasi alkali, dengan variasi konsentrasi 1% dan 2% larutan NaOH, pada serbuk sabut kelapa dan karakterisasi struktur lignoselulosa menggunakan *Chesson-Datta* dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan delignifikasi alkali berhasil menurunkan kadar lignin pada interval 9% - 11% dan mengubah struktur lignoselulosa serbuk sabut kelapa. Berdasarkan hasil FTIR, puncak serapan bilangan gelombang 3310,83 cm^{-1} membuktikan adanya gugus fungsi O-H *stretch*, pada bilangan gelombang 2917,56 cm^{-1} membuktikan adanya gugus fungsi C-H *Stretch*. Puncak bilangan gelombang 1370,68 cm^{-1} membuktikan adanya gugus fungsi C-H *bend* dan pada bilangan gelombang 1225,78 cm^{-1} membuktikan adanya gugus fungsi C-O *stretch*.

Kata kunci: delignifikasi; serbuk; sabut; kelapa; komposit

Abstract

Coconut husk, an abundant agricultural commodity in Cilacap, holds great potential as a raw material for various applications, including as a filler in geopolimer composites. However, the high lignin content in coconut husk powder can hinder its optimal utilization. Alkaline delignification is a method used to reduce lignin and increase cellulose content. This study aimed to investigate the effect of alkaline delignification on the changes in the lignocellulosic structure of coconut husk powder, providing a reference for optimizing the mechanical properties of geopolimer composites. The research method involved alkaline delignification treatment, with variations in concentration of 1% and 2% NaOH solution, on coconut husk powder and characterization of the lignocellulosic structure using Chesson-Datta and FTIR (Fourier Transform Infra Red) methods. The results showed that alkaline delignification treatment successfully reduced the lignin content by 9-11% and altered the lignocellulosic structure of coconut husk powder. Based on FTIR results, the absorption peak at 3310.83 cm^{-1} confirmed the presence of O-H stretch functional groups, at 2917.56 cm^{-1} indicated the presence of C-H stretch functional groups, at 1370.68 cm^{-1} indicated the presence of C-H bend functional groups, and at 1225.78 cm^{-1} indicated the presence of C-O stretch functional groups.

Keywords: delignification; powder; husk; coconut; composites

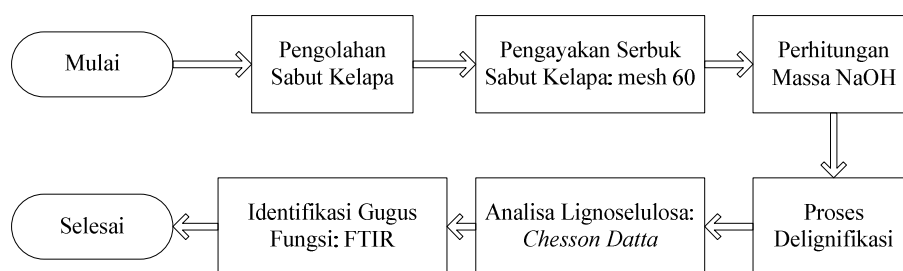
1. Pendahuluan

Sabut kelapa, salah satu komoditi di Cilacap, memiliki potensi besar sebagai bahan olahan untuk berbagai aplikasi termasuk sebagai pengisi komposit geopolimer. Teknologi komposit terus berkembang dengan rekayasa material penyusun guna meningkatkan sifat mekanik material. Sabut kelapa dapat diuraikan menjadi serat dan serbuk melalui proses penguraian secara mekanik[1]. Waktu proses penguraian yang relatif lebih lama dapat menghasilkan ukuran serat dan serbuk yang lebih homogen. Serat dan serbuk sabut kelapa merupakan bahan olahan yang ramah lingkungan[2]. Material komposit tersusun atas gabungan dua atau lebih material yang terbagi menjadi unsur pengisi (*filler*), unsur pengikat (matriks), dan unsur penguat (*reinforcement*)[3]. Keberadaan lignin pada sabut kelapa dapat menghambat

interaksi antara serbuk sabut kelapa dengan matriks geopolimer, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit. Komposit dapat diproduksi dengan metode *hand lay-up*, yaitu mencampurkan unsur pengisi dan unsur pengikat dengan perbandingan komposisi tertentu, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dilaminasi[4]. Hibridisasi bahan pengisi selulosa, tanaman, dalam laminasi polimer dapat diterapkan pada berbagai aplikasi yang sesuai dengan kegunaannya[5]. Perendaman sekam padi pada larutan NaOH merupakan perlakuan kimia yang dilakukan untuk membentuk *mechanical interlocking* antara sekam padi dengan matrik dan juga *filler polypropilen*[6]. Peningkatan daya serap dan daya rekat sabut kelapa terhadap matrik *unsaturated polyester* beserta unsur penguat komposit dapat dihasilkan dari perlakuan kimia terhadap sabut kelapa[7]. Perendaman NaOH, delignifikasi alkali, memberikan pengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik komposit. Serat selulosa mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi[8]. Selulosa memiliki peran penting dalam memperkuat dinding sel[9]. Penggunaan konsentrasi pelarut NaOH 1% pada kulit pisang kepok dapat menghasilkan kadar selulosa kulit pisang kepok sebesar 56,07%[10]. FTIR merupakan sebuah instrumen yang dapat memberikan gambaran interaksi kimia antara serat dengan matriks melalui verifikasi keterserapan inframerah pada panjang gelombang tertentu[11]. Data tersebut dapat mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi dan bilangan gelombang berdasarkan ikatan yang terkandung pada bahan[10]. Energi serap rata-rata 2,42 Joule merupakan nilai ketangguhan impak tertinggi pada komposit dengan perbandingan volume 60% matrik, 0% *clay*, dan 40% *cocofiber*[12]. Berdasarkan penjelasan di atas, masih terdapat celah pengetahuan mengenai korelasi antara perubahan struktur lignoselulosa akibat delignifikasi alkali dengan sifat mekanik komposit geopolimer yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh delignifikasi alkali terhadap perubahan struktur lignoselulosa serbuk sabut kelapa, sehingga hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi pada optimalisasi sifat mekanik komposit geopolimer.

2. Material dan metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Limbah dan Laboratorium Rekayasa Proses, Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian Politeknik Negeri Cilacap. Metode penelitian ini menggunakan analisis lignoselulosa (*Chesson-Datta*)[9] dan instrumen pengujian menggunakan FTIR untuk identifikasi gugus fungsi. Gambar 1 menjelaskan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

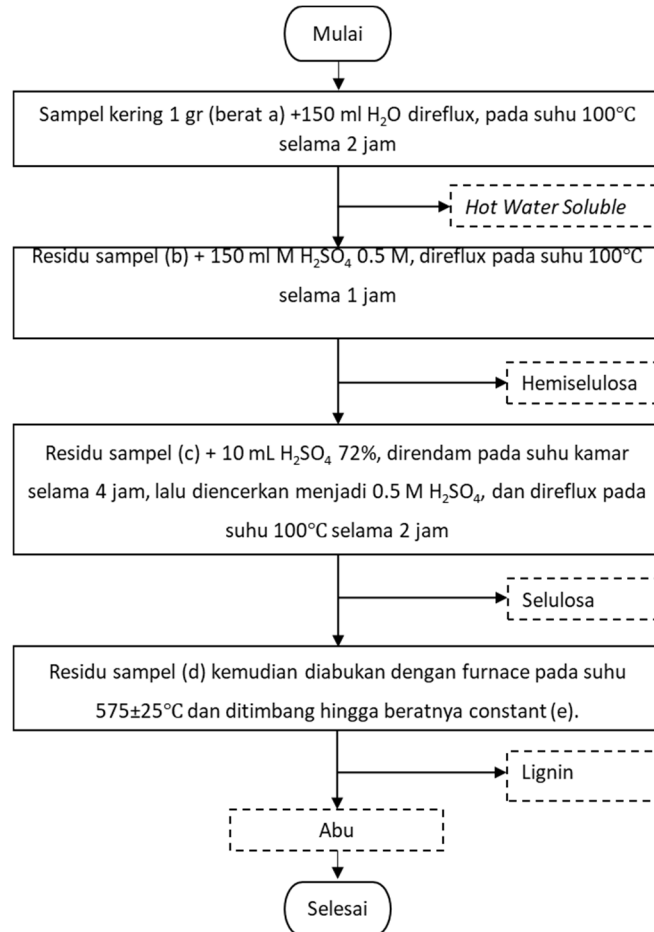
2.1. Proses Delignifikasi[10][13]

Langkah awal pada proses delignifikasi dilakukan dengan penimbangan serbuk sabut kelapa halus sebanyak 25 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 ml (1:20). Selanjutnya ditambahkan larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan variasi yang digunakan yaitu 1% dan 2%, kemudian larutan tersebut diaduk dan dipanaskan menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 70-80°C selama 2 jam dengan kecepatan pengadukan 300 rpm.

Hasil endapan selanjutnya disaring dan dicuci endapannya dengan akuades hangat hingga pH netral (6,5 – 7,5), lalu dikeringkan.

2.2. Analisis Lignoselulosa[9]

Gambar 2 menjelaskan tahapan kegiatan analisis lignoselulosa menggunakan metode *Chesson-Datta* untuk menghitung kadar selulosa, kadar hemiselulosa dan kadar lignin yang terkandung dalam sabut kelapa hasil dari proses isolasi selulosa.



Gambar 2. Diagram Alir Analisis Lignoselulosa

2.2.1. Kadar Hemiselulosa

Perhitungan kadar hemiselulosa sabut kelapa dapat dihitung menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$\text{Kadar Hemiselulosa (\%)} = \frac{b-c}{a} \times 100\% \quad (1)$$

2.2.2. Kadar Selulosa

Perhitungan kadar selulosa dapat dihitung menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$\text{Kadar Selulosa (\%)} = \frac{c-d}{a} \times 100\% \quad (2)$$

2.2.3. Kadar Lignin

Perhitungan kadar lignin dapat dihitung menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$\text{Kadar lignin (\%)} = \frac{d-e}{a} \times 100\% \quad (3)$$

2.3. Identifikasi Gugus Fungsi[14]

Hasil delignifikasi akan diidentifikasi gugus fungsinya untuk konfirmasi komposisi lignin pada serbuk sabut kelapa. Referensi gugus fungsi O-H *stretch* berada pada interval panjang gelombang 3460 – 3400 cm^{-1} , gugus fungsi C-H *stretch* berada pada interval panjang gelombang 3000 – 2850 cm^{-1} , gugus fungsi C-O *stretch* berada pada interval panjang gelombang 1738 – 1700 cm^{-1} , gugus fungsi C-H *bend* berada pada interval panjang gelombang 1375 – 1350 cm^{-1} , dan gugus fungsi C-O *stretch* berada pada interval panjang gelombang 1250 – 1200 cm^{-1} . Referensi lain yang terkait dengan kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa dari serat sabut kelapa adalah 43%, 44%, dan 0,293%[15].

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengolahan Sabut Kelapa

Sabut kelapa diolah menjadi serat dan serbuk melalui proses penguraian mekanik. Penguraian mekanik menggunakan mesin pengolah sabut kelapa. Penguraian yang dilakukan secara berulang menghasilkan tingkat homogenitas bahan yang lebih tinggi. Gambar 3 merupakan penjelasan proses penguraian sabut kelapa.



Gambar 3. Pengolahan Sabut Kelapa

3.2. Pengayakan Serbuk Sabut Kelapa

Proses selanjutnya adalah kegiatan pengayakan serbuk sabut kelapa. Serbuk sabut kelapa diseragamkan ukurannya yaitu lolos mesh 60. Hal ini dilakukan sebagai persiapan proses bahan delignifikasi. Gambar 4 merupakan penjelasan dari proses pengayakan.



Gambar 4. Pengayakan Serbuk Sabut Kelapa

3.3. Perhitungan Massa NaOH

Variasi konsentrasi pelarut NaOH 1% terhitung massa zat yang terlarut sebesar 5 gram. Sedangkan, Variasi konsentrasi pelarut NaOH 2% terhitung massa zat yang terlarut sebesar 10 gram. Asumsi volume larutan yang digunakan sebesar 500 mL.

3.4. Proses Delignifikasi

Pada proses delignifikasi menggunakan pelarut NaOH, bertujuan untuk menghilangkan ikatan lignin dalam sabut kelapa dan mengembangkan struktur selulosa karena sifat lignin yang mudah larut dalam basa sedangkan selulosa sukar larut dalam basa. Gambar 5 di bawah ini menjelaskan proses delignifikasi dan perubahan fisik dari serbuk sabut kelapa.



Gambar 5. Kiri ke Kanan: Serbuk sebelum Delignifikasi, Proses Delignifikasi, Serbuk setelah Delignifikasi

3.5. Analisa Lignoselulosa: *Chesson Datta*

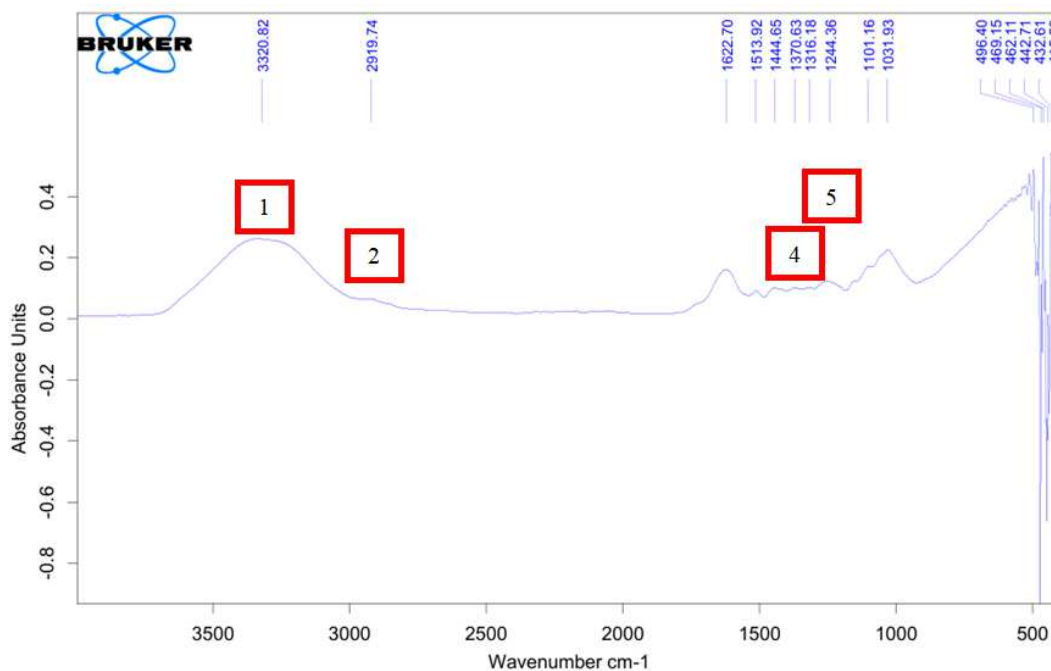
Tabel 1. Hasil Uji Kada Selulosa, Hemiselulosa, dan Lignin pada Sampel Selulosa dari Serbuk Sabut Kelapa

Konsentrasi Pelarut NaOH	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)
1 %	11,48	67,24	10,12
2 %	8,32	73,79	9,44

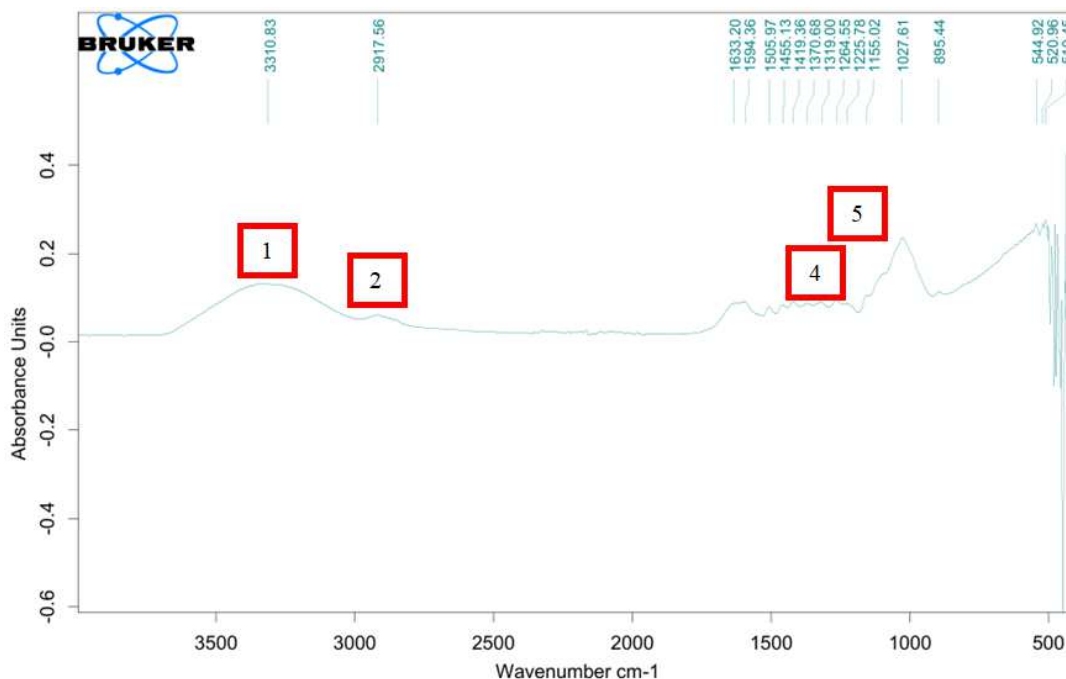
Hasil hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang diperoleh dari proses isolasi menunjukkan hasil yang berbeda pada masing-masing variasi konsentrasi pelarut NaOH. Berdasarkan tabel 1, persentase kadar selulosa tertinggi (73,79 %) terdapat pada serbuk sabut kelapa dengan variasi konsentrasi pelarut NaOH sebesar 2%, sedangkan presentase kadar selulosa terendah (67,24%) terdapat pada serbuk sabut kelapa dengan variasi konsentrasi pelarut NaOH sebesar 1%.

3.6. Identifikasi Gugus Fungsi: FTIR

Gambar 6 menunjukkan gugus fungsi dan panjang gelombang yang terbentuk pada sebelum proses delignifikasi (a) dan sesudah proses delignifikasi (b). Proses delignifikasi dengan konsentrasi pelarut NaOH 2% memiliki kadar lignin terkecil, yang dapat dilihat dari penurunan nilai gugus fungsi. Berdasarkan hasil FTIR untuk serbuk sabut kelapa dengan proses delignifikasi, puncak serapan bilangan gelombang $3310,83 \text{ cm}^{-1}$ membuktikan adanya gugus fungsi O-H stretch, pada bilangan gelombang $2917,56 \text{ cm}^{-1}$ membuktikan adanya gugus fungsi C-H stretch. Puncak bilangan gelombang $1370,68 \text{ cm}^{-1}$ membuktikan adanya gugus fungsi C-H bend dan pada bilangan gelombang $1225,78 \text{ cm}^{-1}$ membuktikan adanya gugus fungsi C-O stretch[8][10]. Tabel 2 menjelaskan ringkasan hasil FTIR.



(a)



(b)

Gambar 6. Spektrum FTIR Serbuk Sabut Kelapa (a) sebelum Delignifikasi dan (b) sesudah Delignifikasi

Tabel 2. Identifikasi gugus fungsi serbuk sabut kelapa

NO	Gugus Fungsi	Referensi [14]	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
			Sebelum delignifikasi	Setelah deliginifikasi
1	O-H <i>Stretch</i>	3460 – 3400	3320,82	3310,83
2	C-H <i>Stretch</i>	3000 - 3850	2919,74	2917,56
3	C=O <i>Stretch</i>	1738 - 1700	-	-
4	C-H <i>Bend</i>	1375 - 1350	1370,63	1370,68
5	C-O <i>Stretch</i>	1250 - 1200	1244,36	1225,78

4. Kesimpulan

Delignifikasi alkali, larutan NaOH 2%, pada serbuk sabut kelapa menghasilkan perubahan kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa berdasarkan analisis lignoselulosa dengan metode *Chesson Datta*. Penurunan kadar lignin (10,12% menuju 9,44%) diikuti dengan peningkatan kadar selulosa (67,24% menuju 73,79%) pada serbuk sabut kelapa. Nilai kadar berada di atas nilai referensi. Hal ini juga didukung dari hasil FTIR yang menunjukkan perubahan gugus fungsi, walaupun nilai panjang gelombang belum begitu signifikan perbedaannya.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Vokasi dan PPM Politeknik Negeri Cilacap. Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Akademik Pendidikan Vokasi, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2024, dengan Nomor Kontrak: 409/SPK/D.D4/PPK.01.APTV/VIII/2024.

Daftar Pustaka

- [1] R. A. P. Tarigan, K. Priyanto, J. Sodikin, M. R. Pratama, dan I. R. Ramadhani, “Desain pisau pengurai dan sistem pengayak serta uji produk mesin pengolah sabut kelapa sebagai bahan mentah komposit,” *Infotekmesin*, vol. 15, no. 01, hal. 38–45, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2097.
- [2] S. Hastuti, X. Salahudin, F. Azhari, J. Al Mahdi, R. Afandi, dan R. D. Ardika, “Analisis Pengaruh Perekat Campuran SikaHyflex-Epoksi terhadap Kekuatan Tarik Geser pada Single Lap Joint Aluminium 5083 - Komposit Cocofiber,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 3, hal. 377, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i3.4950.
- [3] S. Hastuti, X. Salahudin, C. Pramono, A. A. N. Irsan, dan A. Nurdin, “Analisis Kekuatan Adhesive Bonding Sambungan Tumpang Tunggul Aluminium 6063 - Komposit Serat Sabut Kelapa,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, hal. 205, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i2.4304.
- [4] R. Saputra, Kardiman, D. T. Santoso, dan A. I. Imran, “Analisis Sifat Mekanis dan Sifat Fisis pada Komposit Serat Sabut Kelapa Serat Bambu Matriks Epoxy Sebagai Material Bumper Mobil,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, hal. 37, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3014.
- [5] M. H *et al.*, “Effect of bio-fibers and inorganic fillers reinforcement on mechanical and thermal characteristics on carbon-kevlar-basalt-innegra fiber bio/ synthetic epoxy hybrid composites,” *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 23, hal. 5440–5458, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.02.162.
- [6] I. N. Hadi, S. Hastuti, N. Nurhadi, A. P. Riskia, R. Afandi, dan R. A. P. Tarigan, “Analisa Uji Tarik dan Uji Impak Pada Komposit Sekam Padi Perlakuan NaOH dan Pengisi Plastik Polypropylene (PP) dengan Matriks Resin BQTN-157,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, hal. 155, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i2.4016.
- [7] S. Hastuti, H. S. Budiono, D. I. Ivadiyanto, dan M. N. Nahar, “Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable,” *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil dan Tek. Kim.*, vol. 6, no. 1, hal. 30–37, 2021, doi: 10.33366/rekabuana.v6i1.2257.
- [8] I. Fathurrahman, F. A. Azmi, Fauzi, dan Hisbullah, “Ekstraksi selulosa dari ampas tebu menggunakan proses soda,” *J. Inov. Ramah Lingkungan*, vol. 4, no. 1, hal. 16–20, 2023.
- [9] A. Shobib, T. Da Silva, B. Pramudono, N. Rokhati, dan M. Kasmiyatun, “Analisis komposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin dalam berbagai jenis kayu: metode chesson-datta,” *Inov. Tek. Kim.*, vol. 8, no. 4, hal. 309–314, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017->

Eng-

8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.

- [10] F. K. Yasmin, A. Pramita, dan D. Satriawan, "The Effect of NaOH concentration and acetylation time on synthesis of kepok banana peel cellulose acetate," *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 6, no. 2, hal. 85–94, 2023, doi: 10.25273/cheesa.v6i2.17294.85-94.
- [11] E. G. Filho, F. S. Luz, R. T. Fujiyama, A. C. R. Silva, V. S. Candido, dan S. N. Monteiro, "Effect of chemical treatment and length of raffia fiber (*raphia vinifera*) on mechanical stiffening of polyester composites," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 2899, hal. 1–17, 2020.
- [12] X. Salahudin, S. Hastuti, N. Mulyaningsing, I. N. Hadi, dan T. Armanto, "Optimalisasi Komposit Matriks UPRS Ramah Lingkungan Berpenguat Cocofiber Dengan Penambahan Clay," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 1, hal. 113–120, 2023.
- [13] M. H. Palmiyanto, E. Surojo, D. Ariawan, dan F. Imaduddin, "E-glass/kenaf fibre reinforced thermoset composites filled with MCC and immersion in a different fluid," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, hal. 1–18, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-24506-w.
- [14] K. M. F. Hasan, P. G. Horváth, M. Bak, dan T. Alpár, "A state-of-the-art review on coir fiber-reinforced biocomposites," *RSC Adv.*, vol. 11, no. 18, hal. 10548–10571, 2021, doi: 10.1039/d1ra00231g.
- [15] K. R. Sumesh dan K. Kanthavel, "The influence of reinforcement, alkali treatment, compression pressure and temperature in fabrication of sisal/coir/epoxy composites: GRA and ANN prediction," *Polym. Bull.*, vol. October, hal. 4609–4629, 2019, doi: 10.1007/s00289-019-02988-5.