

Studi Alkalisasi Serat Bemban Termodifikasi KOH

Asri Wiana Lika Zahara¹, Ninis Hadi Haryanti¹, Tetti Novalina Manik¹

¹Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

e- mail : asri.wiana5@gmail.com, ninishadiharyanti@ulm.ac.id, tetti.manik@ulm.ac.id

Abstrak

Modifikasi serat bemban telah dilakukan menggunakan larutan KOH (Kalium Hidroksida), dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan KOH terhadap komponen kimia dan sifat fisis dari serat bemban dalam proses alkalisasi. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen untuk mempelajari pengaruh konsentrasi alkali pada serat bemban termodifikasi KOH 2%, 3%, 4% dan 5% waktu 2 jam. Keberhasilan modifikasi diamati dengan uji kadar selulosa, uji kadar lignin dan kadar air menggunakan SNI 03-2104-1991 dan dikonfirmasi menggunakan analisis spektra FTIR sebelum dan setelah modifikasi. Hasil modifikasi serat bemban yang paling baik ditunjukkan dengan peningkatan kadar selulosa, penurunan kadar lignin, dan penurunan kadar air, serta pengaruh alkalisasi terhadap sifat fisis serat bemban. Hasil modifikasi serat bemban dengan perlakuan KOH 5% waktu 2 jam menunjukkan modifikasi paling baik daripada variasi lainnya dengan peningkatan kadar selulosa 218,86%, penurunan kadar lignin 69,14%, dan penurunan kadar air 81,16% serta terjadi penyusutan diameter 76%, penurunan porositas 54,37% dan penambahan densitas 257,69%.

Kata Kunci: selulosa; lignin; KOH

Abstract

Modification of bemban fibers has been carried out using KOH (Potassium Hydroxide) solution, with the aim to determine the effect of KOH solution concentration on chemical components and physical properties of bemban fibers in the alkalinization process. The research was conducted using experimental method to study the effect of alkali concentration on 2%, 3%, 4% and 5% KOH modified bemban fibers for 2 hours. The success of the modification was observed by testing the cellulose content, lignin content and moisture content using SNI 03-2104-1991 and confirmed using FTIR spectra analysis before and after modification. The best bemban fiber modification results were shown by increasing cellulose content, decreasing lignin content, and decreasing water content, as well as the effect of alkalinization on the physical properties of bemban fiber. The results of bemban fiber modification with 5% KOH treatment for 2 hours showed the best modification than other variations with an increase in cellulose content of 218.86%, a decrease in lignin content of 69.14%, and a decrease in water content of 81.16% and a diameter shrinkage of 76%, a decrease in porosity of 54.37% and an increase in density of 257.69%.

Keyword: cellulose; lignin; KOH

PENDAHULUAN

Modifikasi serat alam sebagai penguat komposit berfungsi untuk mereduksi sifat hidrofilik pada serat, sehingga komponen-komponen *non-cellulosic* dapat meningkatkan sifat wettability pada serat alam (Yudha et al., 2023). Serat dengan perlakuan alkalisasi dapat mempengaruhi kuat tarik pada serat, meningkatkan sifat adhesi antar serat dan matriks (Haryanti N. H., et al., 2019). Larutan alkali yang dapat digunakan dalam proses alkalisasi yaitu NaOH, KOH dan Ca(OH)₂. Komposit dengan perendaman KOH memiliki hasil uji bending terbaik karena memiliki sifat komposit yang kuat (Hasyim et al., 2018). Proses alkalisasi dengan larutan NaOH dan KOH lebih efektif dibandingkan Ca(OH)₂, dimana sifat basa NaOH dan KOH lebih tinggi dibandingkan Ca(OH)₂, seiring dengan meningkatnya temperatur air, kelarutan Ca(OH)₂ akan menurun, sedangkan NaOH dan KOH kelarutannya akan meningkat (Hargono et al., 2021).

Kalimantan memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah, salah satunya adalah bemban. Bemban (*Donax canniformis*) merupakan jenis tanaman yang hidup di daerah rawa dan banyak ditemukan di daerah lembab yang membentuk pulau-pulau kecil (Syarif et al., 2021). Keberadaan bemban dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan kerajinan anyaman (Islamiati et al., 2022) karena bemban memiliki sifat yang kuat (Indriana et al., 2023). Sifat kuat pada serat bemban dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat pada komposit, selain keberadaan serat yang berlimpah di alam, serat juga bersifat ramah lingkungan, biodegradabilitas, produksi energi lemah, biaya rendah, dan mudah di daur ulang (Choi, 2022). Beberapa serat alam seperti kenaf, rami, dan abaca telah digunakan sebagai penguat pada komposit (Sendawati et al., 2022).

Studi-studi terdahulu mengenai penggunaan serat bemban sebagai penguat komposit telah dilakukan dengan ketahanan uji impak 0,0449 Joule/mm² lebih baik dibandingkan serat timbaran dan bilaran (Al-Idrus et al., 2020). Penggunaan serbuk bemban yang diaplikasikan pada campuran kanvas rem dengan alkalisasi NaOH 2% waktu 3 jam memiliki nilai kekerasan 97,1 HRB dan keausan 1,159 mm²/kg (Haryanti N. H., et al., 2023). Penambahan bemban sebanyak 1% dengan alkalisasi NaOH 5% waktu 30 menit pada campuran aspal porus diperoleh nilai optimum sebesar 18,86% (Saputra. et al., 2023). Penggunaan bemban penguat komposit dapat memberikan sifat mekanik yang baik pada komposit (Syarif et al., 2021). Peningkatan selulosa pada serat bemban dapat digunakan sebagai bahan penguat komposit, dimana selulosa yang baik pada serat dapat meningkatkan sifat modulus dan memberikan efek yang baik pada komposit (Mul'alim et al., 2024). Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada komponen kimia dan sifat fisis serat bemban termodifikasi KOH.

Berdasarkan penelitian serat bemban diperoleh kadar selulosa 47,33% dan kadar lignin 4,27% dengan alkalisasi NaOH 3% waktu 2 jam (Saputra, 2023). Potensi peningkatan jumlah selulosa pada serat bemban dapat dioptimalkan pada proses alkalisasi dengan konsentrasi alkali dan waktu yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi alkali terhadap komponen kimia serta sifat fisis pada serat bemban. Lama perendaman dengan larutan KOH dapat mempengaruhi lapisan lignin pada serat (Rokhim & Irfai, 2021). KOH dapat mempengaruhi gugus fungsi biokomposit yang dihasilkan (Nisa et al., 2022). Batasan yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup konsentrasi KOH 2%, 3%, 4%, dan 5% dengan waktu 2 jam. Modifikasi serat bemban tersebut, diharapkan efektif dalam meningkatkan kadar

selulosa dan mengurangi kadar lignin serta menghasilkan sifat fisis yang baik sehingga dapat direkomendasikan sebagai material penguat komposit.

METODOLOGI

Alkalisasi adalah metode modifikasi dengan memberikan larutan alkali pada serat alam sehingga kompatibilitas antar matriks dan serat meningkat untuk digunakan pada penguat komposit. Tujuan dari proses alkalisasi yaitu untuk mengacaukan ikatan H pada struktur serat sehingga kekasaran serat meningkat, menghilangkan komponen-komponen seperti lignin, hemiselulosa dan pektin yang kurang efektif pada serat, serta memperkuat antarmuka serat dan matriks (Malik & Rasyid, 2023). Proses alkalisasi dengan waktu yang lama menyebabkan pemecahan ikatan pada serat, sehingga kandungan lignin berkurang (Yulianto et al., 2020). Lignin yaitu komponen penyusun pada serat yang memberikan pengaruh negatif pada kekuatan serat terhadap komposit (Marthin et al., 2024). Di sisi lain, kandungan selulosa yang tinggi dapat mempengaruhi kuat tarik pada komposit (Hidayah et al., 2023). Untuk itu, larutan alkali digunakan dalam meningkatkan kandungan selulosa pada serat berman, sehingga dapat direkomendasikan untuk digunakan sebagai material penguat komposit.

Penelitian ini menggunakan serat yang diambil dari batang berman. Berman dibersihkan dan dipotong ± 20 cm dan direbus selama 1 jam, selanjutnya batang dibelah dan disisir secara membujur untuk memisahkan serat dari batang berman. Berikutnya, serat berman dikeringkan dengan oven suhu 75°C selama 4 jam (Syarief et al., 2021). Kemudian dilakukan uji karakteristik serat berman berupa uji kadar air, kadar selulosa dan kadar lignin mengacu pada SNI 03-2104-1991. Alkalisasi serat berman berupa uji kadar air, kadar selulosa dan kadar lignin menggunakan 3 gram serat berman dengan 70 mL aquades, larutan KOH dengan konsentrasi 2%, 3%, 4%, dan 5% waktu 2 jam. Serat dikeringkan pada oven suhu 60°C waktu 1 jam sampai kadar air $<14\%$. Pengujian kadar selulosa menggunakan 1,5 gr serat dengan penambahan NaOH 17,5% dan CH_3COOH . Sedangkan uji kadar lignin menggunakan 0,5 gr serat dengan penambahan etanol, benzene, dan H_2SO_4 . Serat dikeringkan pada oven suhu $\pm 155^{\circ}\text{C}$ dan ditimbang sehingga diperoleh nilai untuk kadar air, selulosa, dan kadar lignin serta dilakukan uji sifat fisis terdiri dari diameter, porositas, dan densitas (Saputra, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

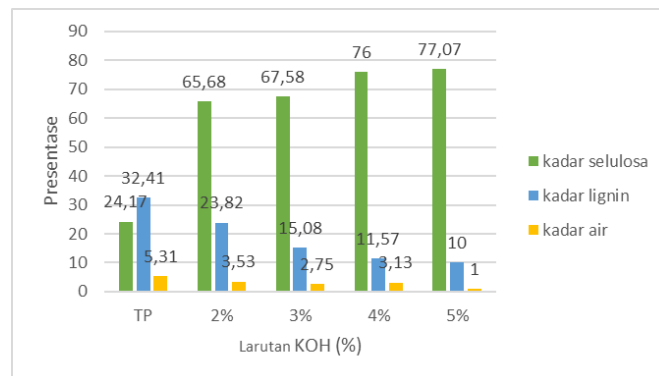
Berman yang digunakan berasal dari Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Berman dibersihkan dan diambil seratnya, kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air. Pengujian karakteristik serat berman meliputi pengujian komponen kimia, sifat fisis dan analisis gugus fungsi dengan FTIR. Alkalisasi pada serat berman bertujuan untuk melarutkan senyawa lignin dan meningkatkan selulosa yang terkandung dalam serat berman. Alkalisasi serat berman dilakukan dengan larutan KOH konsentrasi 2% 3%, 4%, dan 5% waktu 2 jam. Hasil dari alkalisasi serat berman dengan larutan alkali dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 1 dan Gambar 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik kadar komponen kimia pada serat berman

Modifikasi (%)	Kadar Air (%)	Kadar Selulosa (%)	Kadar Lignin (%)
TP	5,31	24,17	32,41
2%	3,53	65,68	23,82
3%	2,75	67,58	15,08

Studi Alkalisasi Serat Berman Termodifikasi KOH

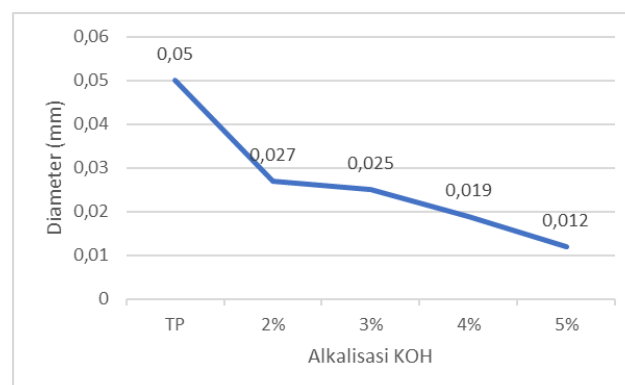
4%	3,13	76,00	11,57
5%	1,00	77,07	10,00



Gambar 1. Serat Berman Dengan Alkalisasi KOH

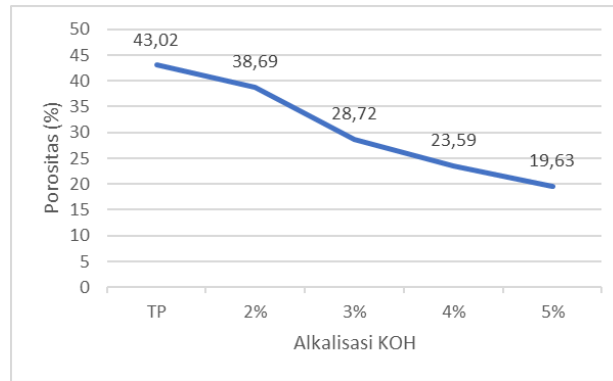
Berdasarkan hasil pengujian serat berman termodifikasi KOH, reaksi larutan dan air pada serat berman menyebabkan kadar selulosa meningkat. Semakin tinggi konsentrasi KOH maka kandungan lignin akan mengalami penurunan serta terjadi peningkatan kandungan selulosa. Perbedaan kadar lignin serat berman terjadi karena saat dilakukan alkalisasi lignin akan ikut larut dalam larutan KOH sehingga kandungan lignin pada serat akan berkurang. Kadar selulosa yang tinggi pada serat dapat memberikan sifat modulus dan efek yang baik terhadap komposit (Mul'alim et al., 2024). Hal tersebut telah sesuai dengan tujuan alkalisasi mengenai pengaruh perlakuan alkali dalam mengurangi komponen kimia yang terdapat pada serat seperti lignin dan meningkatkan selulosa yang digunakan dalam penguat komposit. Alkalisasi termodifikasi KOH pada serat berman disimpulkan dapat meningkatkan kadar selulosa dan mengurangi kadar lignin pada serat berman, serta dikonfirmasi dengan hasil analisis spektra FTIR pada Gambar 5.

Serat berman sebelum dan setelah modifikasi KOH dilakukan pengujian sifat fisis yang meliputi pengukuran diameter, porositas, dan densitas. Tujuan dilakukan pengujian sifat fisis pada serat berman yaitu untuk mengetahui pengaruh konsentrasi alkali yang dihasilkan terhadap sifat fisis serat berman. Hasil pengujian sifat fisis ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2, 3, dan 4 berikut.

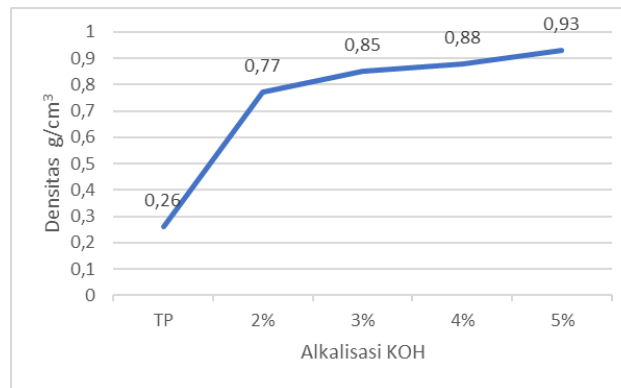


Gambar 2. Diameter Serat Berman Alkalisasi KOH

Studi Alkalisasi Serat Berman Termodifikasi KOH



Gambar 3. Porositas Serat Berman Alkalisasi KOH

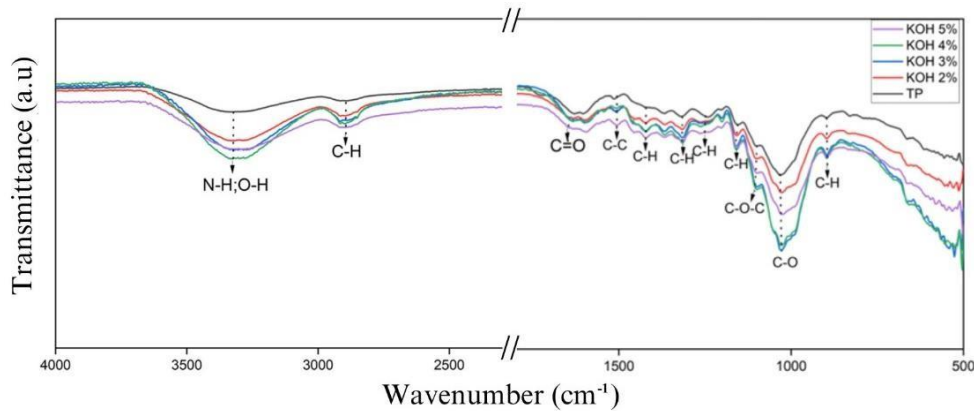


Gambar 4. Densitas Serat Berman Alkalisasi KOH

Hasil menunjukkan terjadinya penyusutan diameter 76%, penurunan porositas 54,37%, dan penambahan densitas 257,69% pada serat sebelum dan setelah modifikasi KOH 5%. Konsentrasi KOH 5% menghasilkan serat berman dengan sifat fisis yang cukup baik, hal ini menunjukkan bahwa serat berman mengalami kepadatan setiap bertambahnya konsentrasi alkali. Peningkatan densitas, penyusutan diameter dan penurunan porositas berkaitan dengan berkurangnya komponen kimia yaitu lignin. Ukuran serat dapat mempengaruhi pengaplikasiannya pada komposit, serat dengan diameter besar cenderung memiliki jumlah rongga sedikit kecil namun ukuran lebih besar sedangkan serat dengan diameter kecil memiliki rongga yang banyak dan rapat serta berukuran kecil (Pratiwi & Perdana, 2023). Penurunan porositas pada alkalisasi terjadi karena pori-pori serat menyempit karena adanya reaksi ion OH^- terhadap serat sehingga selulosa meningkat dan ion-ion tersebut akan menempel pada serat (Shahril et al., 2022). Penelitian ini menunjukkan penurunan porositas dan diameter berbanding terbalik dengan densitas serat berman.

Pengujian FTIR dilakukan pada serat sebelum dan setelah modifikasi KOH pada Gambar 5. Perbedaan nilai pada kadar selulosa dan lignin antar serat dapat dilihat pada intensitas serapan bilangan gelombang berikut.

Studi Alkalisasi Serat Berman Termodifikasi KOH



Gambar 5. Spektra FTIR serat tanpa alkalisasi (a); serat alkalisasi KOH 5% (b); serat alkalisasi KOH 4% (c); serat alkalisasi KOH 3% (d); dan serat alkalisasi KOH 2% (e).

Tabel 2. Ikatan Kimia dan Gugus Fungsi Serat

Daerah Serapan (cm ⁻¹)	Ikatan Kimia	Komponen	Reffrensi
3324	N-H dan O-H <i>stretching bands</i>	Selulosa, lignin, dan Hemiselulosa	(Octaviani et al., 2023)
2900	C-H <i>stretching bands</i>	Selulosa	(Kusumaningsih et al., 2022)
1722	Regangan C-O	Selulosa dan Hemiselulosa	(Manik et al., 2023)
1637	C=O <i>stretching bands</i>	Lignin	(Manik et al., 2022)
1310	Tekukan O-H	Lignin	(Ningtias & Kurniawan, 2023)
1312	<i>In-plane C-H bending</i>	Hemiselulosa	
1030	C-O-C, C-H, O-H <i>stretching bands</i>	Selulosa, polisakarida dan hemiselulosa	(Pradana et al., 2017)
890	Cincin aromatik C-H	Selulosa	(Kusumaningsih et al., 2022)

Daerah terkait daerah serapan tanpa alkalisasi dan alkalisasi dengan panjang gelombang pada bilangan gelombang 3324 cm⁻¹ dan 2900 terkait dengan pita peregangan N-H dan O-H yang merupakan kelompok hidroksil lignin, hemiselulosa dan selulosa (Octaviani et al., 2023). Berkurangnya lignin pada serat alkalisasi ditunjukkan pada daerah 1637 cm⁻¹ dan 1310 cm⁻¹. Pada proses alkalisasi, lignin yang terdapat pada serat akan bereaksi dengan larutan KOH. Larutan alkali dapat melarutkan permukaan serat yang terdiri dari lignin dan hemiselulosa, dengan mekanisme delignifikasi secara kimiawi yaitu adanya reaksi antar atom H yang terikat pada gugus -OH fenolik pada serat dengan ion hidroksil (OH) yang berasal dari larutan alkali. Selulosa pada serat bersifat hidrofilik, karena H₂O yang diikat oleh selulosa menyebabkan konsentrasi O-H meningkat.

SIMPULAN

Hasil dari keempat variasi yang paling baik ditunjukkan oleh KOH 5% dengan peningkatan kadar selulosa 218,86%, penurunan kadar lignin 69,14%, dan penurunan kadar air 81,16% serta terjadi penyusutan diameter 76%, penurunan porositas 54,37% dan penambahan densitas 257,69%. KOH 5% waktu 2 jam memiliki keefektifan dalam

memecahkan komponen lignoselulosa yang terdapat pada serat berman dimana terjadi peningkatan kadar selulosa dan penurunan kadar lignin yang dikonfirmasi dengan analisis spektra FTIR, sehingga dapat direkomendasikan untuk digunakan sebagai material penguat pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Idrus, S. M. F., Arifin J, & Herlina F. (2020). Perbandingan Komposit Polyester Serat Berman(Donax Canniformis), Timbaran, Dan Bilaran Terhadap Kekuatan Impak Dan Bending. *Doctoral Dissertation, Universitas Islam Kalimantan Mab*, 1–4.
- Choi, Y. C. (2022). Hydration And Internal Curing Properties Of Plant-Based Natural Fiber-Reinforced Cement Composites. *Case Studies In Construction Materials*, 17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.E01690>
- Hargono, H., Nurcahyaningih, I., & Dwi Candra, P. (2021). Pengaruh Proses Delignifikasi Basa Dan Hidrolisis Asam Dengan Penambahan Feso4 Pada Produksi Glukosa Dari Spirodela Polyrhiza. *Inovasi Teknik Kimia*, 6(2), 55–59.
- Haryanti, N. H. , Zahara, A. W. L. , Atika, N., Rizkya, R., Ramadhan, M. H. , & Anugrahto, R. . (2023). *Proses Pembuatan Kampas Rem Berbahan Serbuk Berman Termodifikasi Naoh* (Patent S00202310216).
- Haryanti, N. H., Wardhana, H., & Suryajaya. (2019). The Effect Of Naoh Immersion Time To Physical Properties Of Purun Tikus (Eleocharis Dulcis) Cement Board Composite. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 599(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899x/599/1/012013>
- Hasyim, U. H., Yansah, A., & Nuris, M. F. (2018). *Modifikasi Sifat Kimia Serbuk Tempurung Kelapa (Stk) Sebagai Matriks Komposit Serat Alam Dengan Perbandingan Alkalisasi Naoh Dan Koh* (Vol. 17).
- Hidayah, E., Sujito, & Purwandari, E. (2023). Studi Pengaruh Serat Sabut Kelapa Dan Serat Rami Terhadap Sifat Tarik Komposit Polipropilena. *Ijms: Indonesian Journal Of Mathematics And Natural Science*, 01(03), 121–131. <https://jurnal.academiacenter.org/index.php/ijms>
- Indriana, R., Ismawan, & Ramdiana. (2023). Proses Pembuatan Kerajinan Anyaman Bili Sebagai Industri Pendukung Ekonomi Di Desa Meunasah Lamgirek Kecamatan Lhoknga Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Program Studi Pendidikan Seni Pertunjukan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Unsyiah*, 8(1), 10–19.
- Islamiati, D., Wardenaar, E., & Hardiansyah, G. (2022). Pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu Sebagai Penghasil Kerajinan Anyaman Oleh Masyarakat Desa Nipah Kuning Kecamatan Simpang Hilir Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Hutan Lestari*, 10(1), 146–157.
- Malik, H. R., & Rasyid, A. H. (2023). Analisis Pengaruh Suhu Rendaman Naoh Dan Waktu Pengeringan Terhadap Kekuatan Impact Komposit Berbahan Daun Nanas Dengan Metode Pembuatan Vacuum Infussion. *Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi, Dan Otomotif*, 2, 8–14.
- Manik, T. N., Wahyuni, S., Hikmah, N., Bakri, A., & Siregar, S. S. (2023). Effect Of Soil Geochemical On The Chemical Properties Of Lignocellulosic Oil Palm Fibers. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika*

- Fmipa Universitas Lambung Mangkurat*, 20(3), 239.
<https://doi.org/10.20527/flux.v20i3.16068>
- Marthin, B., Gulo, S., & Halawa, N. (2024). *Pengaruh Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton* (Vol. 5, Issue 1).
- Mul'alim, M. I., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2024). Pengaruh Variasi Waktu Perendaman Dengan Natrium Hidroksida Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun Nanas. *Jurnal Teknik Mesin*, 20(5), 67–74.
- Ningtias, S. T. A., Harjono., & Kurniawan, C., K. S. B. W. (2023). Optimization Ultrasonic Assisted Extraction Of Dye From African Tulip Leaves (*Spathodea Campanulata P. Beauv*) And Optimization Of It's Application As A Textiles Dye. *Indonesian Journal Of Chemical Science*, 12(2).
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Nisa, K. S., Melyna, E., & Samida, M. R. M. (2022). Sintesis Biokomposit Serat Sabut Kelapa Dan Resin Poliester Dengan Alkalisasi Koh Menggunakan Metode Hand Lay-Up. *Rekayasa*, 15(3), 354–361.
<https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i3.16713>
- Novalina Manik, T., Sadok Siregar, S., Budi Santoso, T., Yahya, I., Zainuri, M., Darminto Program Studi Fisika, Dan, Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Lambung Mangkurat, U., Selatan, K., & Program Studi Kimia, I. (2022). *Perluasan Kinerja Akustik Limbah Kayu Batang Kelapa Sawit Termodifikasi Bahan Formaldehida Expanding Of Acoustic Performance Of Oil Palm Trunk Waste Modified Formaldehyde*. 12(2), 140–148.
<https://doi.org/10.26418/positron>
- Octaviani, N., Nanti, A. P. N., Anandhito, M. V, Trianda, N. H., Rizki, S., & Alfian, A. A. (2023). Analisis Kandungan Opuntia Ficus-Indica (Kaktus Pir Berduri) Dalam Pengolahan Air Analysis Of Opuntia Ficus-Indica Content To Water Treatment. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (Jk3l)*, 4(2), 147–150. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2004.09>
- Pradana, M. A., Ardhyanta, H., & Farid, M. (2017). Pemisahan Selulosa Dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Alkalisasi Untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara. *Teknik Its*, 6, 413–416.
- Pratiwi, P., & Perdana, M. (2023). Pengaruh Variasi Urutan Lapisan Terhadap Sifat Akustik Dan Termal Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu Dan Getah Pinus. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin Um Metro*, 12(2), 273–284. <https://doi.org/10.24127/trb.v12i2.2804>
- Rokhim, M. A., & Irfai, M. A. (2021). Pengaruh Arah Sudut Dan Lama Perendaman Serat Rami Pada Larutan Koh Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Kopolit Dengan Matrik Epoxy. *Jurnal Teknik Mesin*, 09(1), 135–144.
- Saputra, Y. (2023). *Karakterisasi Geopolimer Berbasis Kaolin Hybrid Serat Berman (Donax Canniformis) Serta Potensinya Sebagai Material Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*.
- Saputra., Y., Zahara., A. W. Z., Lazuardi., M. A., Amada., N. M. S., & Haryanti., N. H. (2023). Karakteristik Aspal Porus Dengan Campuran Serat Berman (Donax Canniformis) Terhadap Porositas, Void In Mixture, Dan Marshall Quotient. *Journal Of Science And Applicative Technology*, 7, 20–25.

- Sendawati, I. , Asri, A. , & Nugroho, B. S. (2022). Analisis Pengaruh Densitas Pada Kualitas Papan Komposit Berbahan Baku Limbah Kayu Jabon Dan Serat Bundung (*Scirpus Grossus*). *Prisma Fisika*, *10*(1), 33–39.
- Shahril, S. M., Ridzuan, M. J. M., Majid, M. S. A., Bariah, A. M. N., Rahman, M. T. A., & Narayanasamy, P. (2022). Alkali Treatment Influence On Cellulosic Fiber From *Furcraea Foetida* Leaves As Potential Reinforcement Of Polymeric Composites. *Journal Of Materials Research And Technology*, *19*, 2567–2583. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.06.002>
- Syarief, A., Basyir, A. A., & Nugraha, A. (2021). Pengaruh Orientasi Serat Dan Waktu Alkalisasi Pada Laminates Composite Polyester-Serat Berman (*Donax Canniformis*) Terhadap Kekuatan Bending, Impact Dan Bentuk Patahan. *Keilmuan Dan Aplikasi Teknik*, *22*, 209–226.
- Yudha, V., Yudhanto, F., & Waluyo, J. (2023). Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Hibrid Serat Jute/Karbon Yang Difabrikasi Dengan Metode Vacuum Infusion Sebagai Alternatif Bahan Helm The Physical And Mechanical Properties Analysis Of Composite Hybrid Jute/Carbon Fiber Fabricated Through By Vacuum Infusion Method As An Alternative Helmet Material. *Scientific Journal Of Mechanical Engineering*, *8*(1), 25–35. <https://doi.org/10.20527/sjme kinematikav8i1.248>
- Yulianto, Putri, D. N., Perdani, M. S., Arbianti, R., Suryanegara, L., & Hermansyah, H. (2020). Effect Of Cellulose Fiber From Sorghum Bagasse On The Mechanical Properties And Biodegradability Of Polylactic Acid. *Energy Reports*, *6*, 221–226. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.08.048>