

Research Article

Pengaruh Pengaruh Perlakuan Kimia Alkalinasi dan Asetilasi terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrostruktur Serat Abaka

Muhammad Ichsanudin¹, Imam Prabowo^{1,*}, Mochamad Mussoddaq², Mochamad Chalid³

^{1,2}Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia

³Program Studi Teknik Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Indonesia

*Corresponding author: imam.prabowo@upnyk.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 05- 09- 2023

Revised : 17- 10- 2023

Accepted : 26-01- 2024

Available online: 31- 01- 2024

Keywords: *abaca fiber, acetylation treatment; alkali treatment, degradability; fiber tensile strength; surface morphology*

Kata Kunci: *Kuat tarik serat, mampu terurai; morfologi permukaan; perlakuan alkali; perlakuan asetilasi; serat abaka.*

ABSTRACT

Today, environmental problems, especially soil pollution due to inorganic waste or waste that does not decompose, are significant and must be solved, especially in developing countries with high populations, such as Indonesia. One of the causes of soil pollution problems is the use of inorganic fibers such as glass fiber and carbon fiber. The use of materials that are not environmentally friendly in the industry will cause environmental problems due to nature's inability to decompose the glass fiber material in nature. This research focuses on reducing environmental pollution by using natural fibers such as abaca fiber as an alternative to inorganic fibers. This is due to its properties: low density, good specific strength, low price, and a high biodegradable ability to reduce glass fiber or carbon fiber waste that does not decompose. To support this, abaca fiber needs to be hydrophobic to become compatible with other materials when combined with other materials. One way to do this is by alkaline chemical treatment and acetylation using KOH and CH₃COOH. Chemical treatment was done by dipping abaca banana fibers into a solution of alkaline compounds and acetylated compounds KOH and CH₃COOH with a concentration of 5 M and 10 M for 4 hours. After chemical treatment, the abaca fibers were characterized for mechanical properties using ASTM D 3379 standards to determine the fibers' tensile strength and an optical microscope to determine the microstructure of the abaca fibers.

ABSTRAK

Dewasa ini, masalah lingkungan khususnya pencemaran tanah akibat limbah atau sampah anorganik yang tidak terurai menjadi masalah utama dan perlu diselsaikan khususnya di negara berkembang dengan populasi yang tinggi seperti di Indonesia. Salah satu penyebab masalah pencemaran tanah adalah penggunaan serat anorganik seperti serat gelas dan serat karbon. Penggunaan material yang tidak ramah lingkungan di industri akan menimbulkan permasalahan lingkungan akibat dari ketidakmampuan alam untuk mengurai material serat gelas

tersebut di alam. Fokus pada penelitian ini adalah untuk mengurangi pencemaran lingkungan dengan menggunakan serat alami seperti chord 60 serat abaka sebagai alternatif pengganti serat anorganik. Hal ini dikarenakan sifatnya yaitu: densitas yang rendah, kekuatan spesifik yang baik, harga murah, dan memiliki kemampuan biodegradable yang tinggi sehingga dapat mengurangi limbah serat gelas atau serat karbon yang tidak terurai. Untuk mendukung hal tersebut, serat abaka perlu diubah sifatnya menjadi hidrofobik sehingga menjadi kompatibel dengan material lain ketika digabungkan bersama dengan material lain. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan perlakuan kimia alkali dan asetilasi menggunakan KOH dan CH₃COOH. Perlakuan kimia dilakukan dengan mencelupkan serat pisang abaka ke dalam larutan senyawa alkali dan senyawa asetilasi KOH dan CH₃COOH dengan konsentrasi 5 M dan 10 M selama 4 jam. Setelah dilakukan perlakuan kimia, serat pisang abaka tersebut dilakukan karakterisasi sifat mekanik dengan menggunakan standar ASTM D 3379 untuk mengetahui kuat tarik serat dan menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui struktur mikro dari serat abaka tersebut.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, penggunaan serat anorganik seperti serat kaca semakin meningkat, terutama pada industri otomotif dan konstruksi, namun karena sifatnya yang tidak dapat terurai secara alami, hal ini menyebabkan pencemaran tanah akibat meningkatnya volume limbah serat kaca. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan serat alam sebagai pengganti serat kaca. Serat alam merupakan bahan biologis terbarukan yang berasal dari sumber daya alam dan memiliki beberapa keunggulan, antara lain memiliki densitas yang rendah, kekuatan spesifik yang baik, harga yang murah, dan kemampuan *biodegradable* yang tinggi [1]. Serat alam terdiri dari serat hewani dan hayati, seperti serat kayu, kenaf, rami, kapas, sabut kelapa, pinang, daun nanas, sisal, rami, serat pelepah pisang, dan bambu [8].

Sebenarnya, serat alam telah banyak digunakan dalam aplikasi tradisional, antara lain: sebagai bahan baku pembuatan sikat, sapu, saringan selokan, saringan air, keset kaki, dan lain-lain. Selain itu, penggunaan serat alam sebagai bahan pengganti serat sintetis yang kemudian digunakan sebagai bahan penguat dalam pembuatan material komposit memiliki banyak keuntungan, seperti: dapat terurai di alam, memiliki sifat mekanik yang baik, tersedia di alam dalam jumlah yang banyak, dan ringan [3].

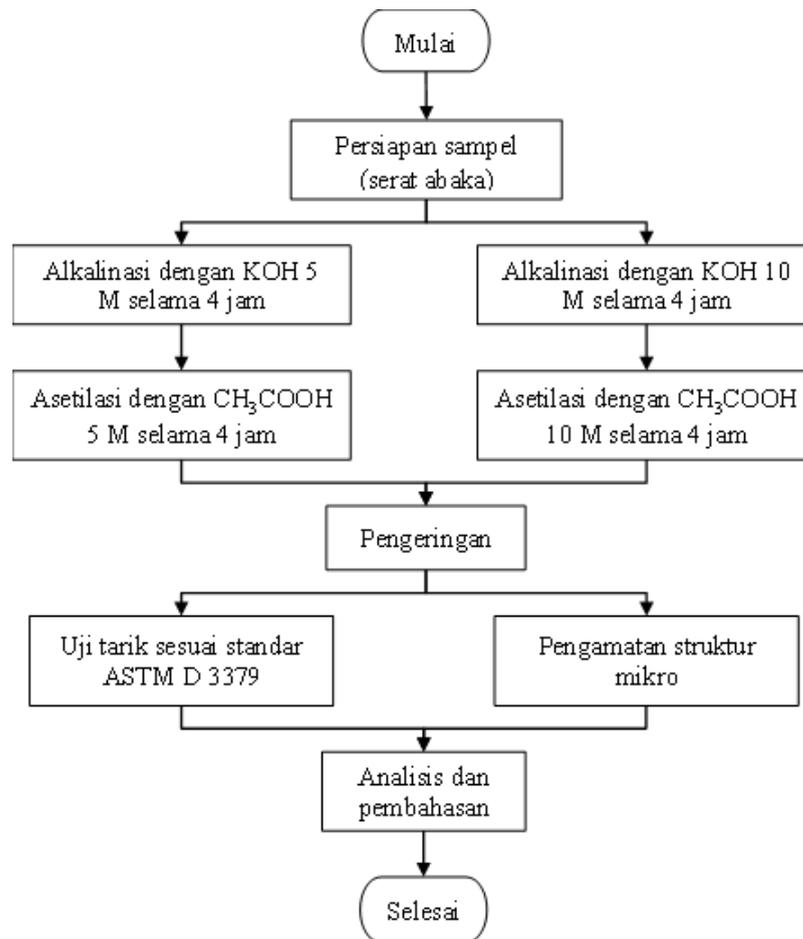
Biofiber termasuk dalam jenis lignoselulosa yang terdiri dari struktur lignin, hemiselulosa, selulosa, pektin, dan lilin [12]. Pada umumnya kandungan serat alam terdiri dari 60-80% selulosa, 6-22% hemiselulosa, dan 0,6-13% lignin [9], sedangkan serat abaka memiliki kandungan selulosa 56-63%, hemiselulosa 15-17%, lignin 7-9%, dan abu 3% [7]. Kandungan selulosa yang tinggi pada serat abaka menjadikan serat abaka sangat potensial sebagai bahan penguat pada material komposit karena memiliki sifat mekanik yang baik dan ramah lingkungan. Selain itu, berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2022), produksi pisang Indonesia mencapai 8,74 juta ton dan Jawa Tengah menempati urutan ke-4 sebagai provinsi penghasil pisang terbesar di Indonesia. Hal ini dikarenakan seluruh bagian dari tanaman pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, sandang, dan papan. Serat pelepah pisang

merupakan serat yang diambil dari batang pisang [5]. Limbah pisang berupa batang dihasilkan dari perkebunan dan merupakan sumber biomassa karena kandungan selulosanya yang dapat diisolasi dan dimanfaatkan sebagai bahan baku serat selulosa [13].

Berdasarkan hal tersebut, untuk mengurangi limbah dan juga kepedulian terhadap lingkungan, maka limbah pisang digunakan sebagai serat alami pengganti serat sintetis yang dapat didaur ulang dan ramah lingkungan [4] karena serat limbah tanaman memiliki komposisi, sifat, dan struktur yang sesuai untuk digunakan sebagai serat pada komposit [10]. Kekurangan dari serat alam yang bersifat hidrofilik karena adanya kandungan hemiselulosa, lignin, dan pektin membuat material komposit berpenguat kurang baik pada sifat mekaniknya karena akan menyebabkan rendahnya kompatibilitas antara matriks komposit yang bersifat hidrofobik [6]. Untuk meminimalisir dampak tersebut, maka serat alam diberikan perlakuan kimia. Perlakuan kimia yang dapat diberikan pada serat abaka antara lain perlakuan kimia alkalinisasi dengan perlakuan kimia hidrolisis. Perlakuan kimia alkalinisasi merupakan proses modifikasi permukaan serat dengan tujuan untuk meningkatkan nilai kompatibilitas antara serat alam dengan matriks polimer. Metode yang dilakukan adalah dengan cara melarutkan dan merendam serat alam dengan larutan basa, seperti NaOH atau KOH sehingga hasil dari perlakuan kimia alkalinisasi adalah berkurangnya sifat hidrofilik serat dan meningkatnya kompatibilitas dengan matriks komposit [11]. Proses perlakuan asetilasi pada serat alam menggunakan penambahan reagen dengan gugus asetil (CH_3CO) seperti; asam asetat (CH_3COOH) dan asetat anhidrida (CH_3CO)₂O. Terjadi reaksi antara gugus asetil dengan serat selulosa, serta reaksi penghilangan kandungan gugus hidroksil yang berakibat berkurangnya sifat hidrofilik/berkurangnya daya serap air pada serat alam [2].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan metode eksperimen dengan diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Serat Abaka yang diperoleh dari Pasar Tradisional di Bogor, Jawa Barat. Sedangkan bahan kimia berupa KOH dan CH_3COOH dibeli dari toko bahan kimia di Sleman, Yogyakarta. Pertama-tama, serat dipotong dan kemudian dibersihkan dengan menggunakan akuades hingga PH menjadi netral sekaligus untuk membersihkan serat dari debu dan kotoran. Kemudian, serat direndam ke dalam larutan KOH 5 M selama 4 jam, lalu serat dikeringkan menggunakan oven dan dicuci dengan akuades agar serat menjadi netral, selanjutnya serat direndam kembali menggunakan larutan CH_3COOH 5 M selama 4 jam. Terakhir, serat dicuci dengan akuades hingga netral dan dikeringkan dengan oven. Setelah itu dilakukan prosedur yang sama untuk serat abaka dengan menggunakan bahan kimia dengan konsentrasi 10 M. Sampel yang telah siap akan diuji tarik berdasarkan ASTM D 3379 dengan alat universal testing machine (UTM) yang berada di Laboratorium Rekayasa Bahan, Institut Teknologi Sumatera. Proses laju regangan pada sampel dibuat konstan yaitu dipertahankan pada 10 mm/menit, sedangkan morfologi/struktur makro permukaan serat diamati dengan menggunakan mikroskop optik di Laboratorium Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

2.1.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Gunting (1 buah);
- Gelas piala (4 buah);
- Alat pelindung diri (APD) seperti: jas lab, sarung tangan, masker, dan kacamata google (secukupnya);
- Timbangan digital (1 buah);
- Universal *Testing Machine* *zwick roell z250sr* (1 unit); dan
- Mikroskop optik Olympus SZX16 (1 unit)

2.1.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Serat abaka (*Musa sp*);
- Aquades
- Larutan KOH 5 M dan 10 M; dan
- Laturan CH₃COOH 5 M dan 10 M

2.2. Pengambilan Data

Pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi: waktu perendaman, kekuatan tarik, dan struktur mikro.

2.2.1 Pengukuran waktu perendaman

Waktu perendaman diukur dengan menggunakan *timer*. Pada saat serat abaka mulai direndam di dalam larutan KOH atau CH₃COOH, *timer* dinyalakan untuk mencatat waktu perendaman sesuai dengan waktu perendaman yang ditentukan yaitu 4 jam. Setelah 4 jam, serat abaka dapat diangkat dari larutan dan dibersihkan kembali dengan menggunakan aquades, dikeringkan, dan dilakukan pengujian tarik dan pengamatan struktur mikro.

2.2.2 Penentuan kekuatan tarik

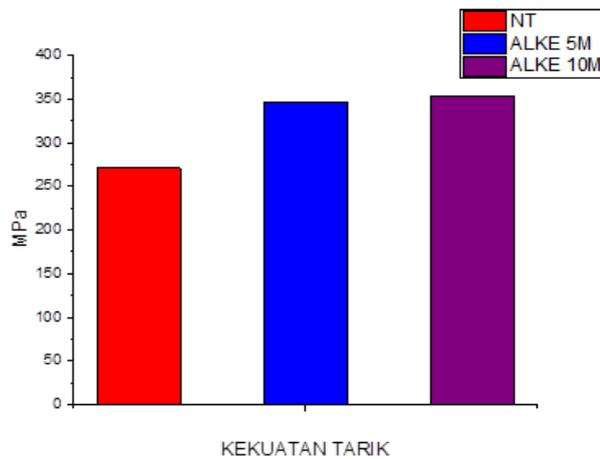
Kekuatan tarik serat abaka diuji menggunakan *Universal Testing Machine* dengan menggunakan standar ASTM D 3379 mengenai metode pengujian standar untuk menguji kekuatan tarik dan modulus kekakuan untuk material filamen tunggal bermodulus tinggi. Pengujian tarik dilakukan pada laboratorium Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Sumatera. Pengujian tarik dilakukan sebanyak lima (5) kali pada setiap spesimen. Nilai uji tarik serat abaka didapatkan dengan merata-rata nilai pengujian tarik dari kelima spesimen tersebut.

2.2.3 Pengamatan struktur mikro

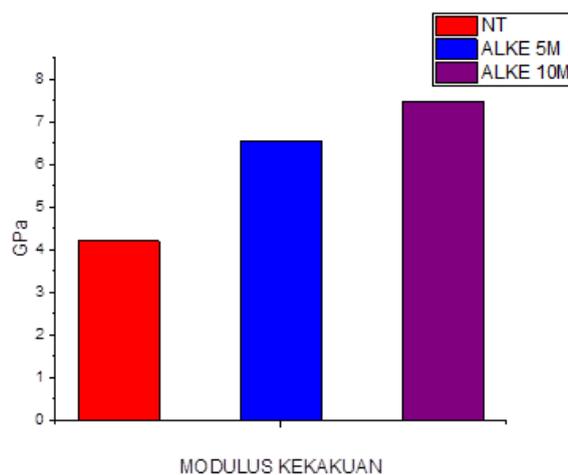
Struktur mikro diamati dengan menggunakan mikroskop optik Olympus SZX16. Pengujian dilakukan pada Laboratorium Bahan, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Setiap spesimen diamati sebanyak dua (2) kali untuk melihat struktur mikro serat abaka secara lebih komprehensif.

3. HASIL DAN DISKUSI

Data pengujian tarik yang telah dilakukan *dengan* menggunakan *Universal Testing Machine zwick roell z250sr* berdasarkan ASTM D 33789, diperoleh nilai kekuatan tarik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik serat abaka meningkat setelah perlakuan kimia dengan perendaman dalam larutan KOH dan CH₃COOH selama 4 jam. Sebelum perlakuan kimia, nilai *kekuatan* tarik serat abaka adalah 270,9 MPa. Kemudian setelah dilakukan perlakuan kimia dengan perendaman ke dalam larutan KOH 5 M selama 4 jam dan dilanjutkan dengan perendaman ke dalam larutan CH₃COOH 5 M selama 4 jam juga, nilai kekuatan tarik serat meningkat menjadi 347,1 Mpa (terjadi peningkatan sebesar 28,12%). Hal yang sama juga terjadi setelah serat abaka direndam ke dalam larutan KOH 10 M dan dilanjutkan dengan perendaman ke dalam larutan CH₃COOH 10 M selama 4 jam, nilai kekuatan tarik serat abaka meningkat menjadi 353,2 Mpa (Terjadi peningkatan sebesar 30,38%). Hal-hal tersebut sejalan dengan peningkatan nilai modulus kekakuan serat abaka yang semakin meningkat sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Data perbandingan nilai kekuatan tarik serat abaka yang tidak mendapatkan perlakuan kimia, mendapatkan perlakuan kimia alkalinasi dan asetilasi 5 M, dan mendapatkan perlakuan kimia alkalinasi dan asetilasi 10 M

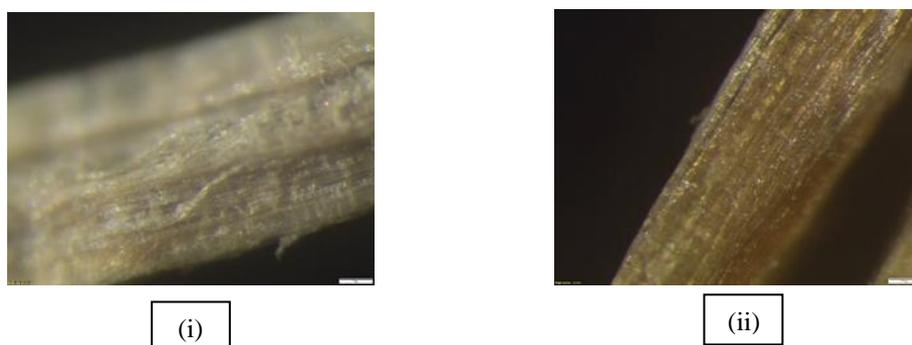


Gambar 3. Data perbandingan nilai modulus kekakuan serat abaka yang tidak mendapatkan perlakuan kimia, mendapatkan perlakuan kimia alkalinasi dan asetilasi 5 M, dan mendapatkan perlakuan kimia alkalinasi dan asetilasi 10 M.

Gambar 3 menunjukkan peningkatan nilai modulus kekakuan yang terjadi pada serat abaka setelah perlakuan kimia dengan perendaman dalam larutan KOH dan CH_3COOH selama 4 jam. Pada saat belum dilakukan perlakuan kimia, nilai modulus kekakuan serat abaka hanya sebesar 4,2 GPa, sedangkan setelah dilakukan perendaman dengan larutan KOH 5 M selama 4 jam dan dilanjutkan dengan perendaman menggunakan larutan CH_3COOH 5 M selama 4 jam juga, nilai modulus kekakuan meningkat secara signifikan menjadi 6,54 Gpa (terjadi peningkatan sebesar 55,71%). Peningkatan nilai modulus kekakuan semakin besar setelah serat abaka direndam dengan menggunakan larutan KOH 10 M selama 4 jam dan dilanjutkan

larutan dengan CH_3COOH 10 M selama 4 jam. Nilai modulus kekakuan meningkat menjadi 7,46 Gpa (terjadi peningkatan sebesar 77,62%).

Peningkatan dalam nilai kekuatan tarik dan modulus kekakuan terjadi karena berkurangnya kandungan lignin dan hemiselulosa dalam serat, yang menyebabkan daerah acak (*amorf*) dalam serat abaka menjadi *lebih* sedikit. Hal ini mengakibatkan permukaan serat abaka menjadi lebih kasar karena sebagian besar dari struktur serat abaka terdiri dari selulosa yang memiliki bentuk kristal. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 yang menampilkan morfologi permukaan serat abaka sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan kimia alkalinasi menggunakan larutan KOH dan asetilasi menggunakan larutan CH_3COOH .



Gambar 4. Morfologi permukaan serat abaka sebelum (i) dan sesudah (ii) perlakuan kimia alkalinasi dan asetilasi

Sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4, permukaan serat abaka sebelum perlakuan kimia terlihat kusam karena banyaknya *kandungan* lignin dan hemiselulosa, namun setelah dilakukan perlakuan kimia alkalinasi menggunakan larutan KOH dan asetilasi menggunakan larutan CH_3COOH , permukaan serat terlihat lebih cerah karena kandungan lignin dan hemiselulosa berkurang. Hal tersebut yang menyebabkan serat abaka menjadi lebih kuat karena terjadi peningkatan sifat mekanik baik kekuatan tarik maupun modulus kekakuan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- 4.1. Kekuatan tarik dan modulus kekakuan serat abaka mengalami peningkatan setelah dilakukan proses alkalinasi dan asetilasi. Kekuatan tarik dan modulus kekakuan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan KOH dan CH_3COOH dari 5 M menjadi 10 M.
- 4.2. Peningkatan sifat mekanik tersebut terjadi karena berkurangnya kandungan lignin dan hemiselulosa yang menyebabkan daerah acak (*amorf*) dalam serat abaka sehingga sebagian besar dari struktur serat abaka terdiri dari selulosa yang memiliki bentuk kristal yang ditunjukkan pada morfologi permukaan serat abaka yang terlihat lebih cerah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A, A. G., Farid, M., & Ardhyananta, H. (2017). Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong. 6(2), 228–231.
- [2] Ali, A., Shaker, K., Nawab, Y., Jabbar, M., Hussain, T., Militky, J., & Baheti, V. (2018). Hydrophobic treatment of natural fibers and their composites—A review. *Journal of Industrial Textiles*, 47(8), 2153–2183. <https://doi.org/10.1177/1528083716654468>
- [3] Chalid, M., & Prabowo, I. (2015). The Effects of Alkalization to the Mechanical Properties of the Ijuk Fiber Reinforced PLA Biocomposites. *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, 9(2), 342–346. scholar.waset.org/1999.2/10000897
- [4] Ismojo, Pratama, R., Ramahdhita, G., Syahrial, A. Z., & Chalid, M. (2018). Feasibility study of chemical treatments on sorghum fibres for compatibility enhancement in polypropylene composites. *Materials Science Forum*, 929 MSF, 70–77. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.929.70>
- [5] Ismojo, Yuanita, E., Rosa, E. M., Calvin, L., & Chalid, M. (2019). Effect of time alkali treatment on chemical composition and tensile strength properties of kenaf single fibers. *AIP Conference Proceedings*, 2175(November). <https://doi.org/10.1063/1.5134623>
- [6] Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T., & Cardona, F. (2012). Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *Composites Part B: Engineering*, 43(7), 2883–2892. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.04.053>
- [7] Kenned, J. J., Sankaranarayanan, K., & Kumar, C. S. (2021). Chemical, biological, and nanoclay treatments for natural plant fiber-reinforced polymer composites: A review. *Polymers and Polymer Composites*, 29(7), 1011–1038. <https://doi.org/10.1177/0967391120942419>
- [8] Kusuma, S. S. W., Saputra, H. C., & Widiastuti, I. (2021). Manufacturing of Natural Fiber-Reinforced Recycled Polymer-a Systematic Literature Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1808(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1808/1/012005>
- [9] Nurjannah, N. R., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi sebagai Biokomposit Hidrogel. *Al-Kimiya*, 7(1), 19–27. <https://doi.org/10.15575/ak.v7i1.6490>
- [10] Sampathkumar, D., Punyamurth, R., Venkateshappa, S. C., & Bennehalli, B. (2012). Effect of chemical treatment on water absorption of areca fiber. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(11), 5298–5305.
- [11] Wang, B., Panigrahi, S., Tabil, L., & Crerar, W. (2007). Pre-treatment of flax fibers for use in rotationally molded biocomposites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 26(5), 447–463. <https://doi.org/10.1177/0731684406072526>
- [12] Yan, L., Chouw, N., & Jayaraman, K. (2014). Flax fibre and its composites - A review. *Composites Part B: Engineering*, 56, 296–317. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.08.014>
- [13] Yannasandy, D., Hasyim, U. H., & Fitriyano, G. (2017). Pengaruh Waktu Delignifikasi Terhadap Pembentukan Alfa Selulosa Dan Identifikasi Selulosa Asetat Hasil Asetilasi Dari Limbah Kulit Pisang Kepok. *Prosiding Semnastek*, 0(0), 1–2. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/2040>