

## PLASELKA: Pemanfaatan Selulosa Kayu Serut Sebagai Bahan Bioplastik Alternatif

Gandes Winarni<sup>1\*</sup>, Shafa Nabil Fashih<sup>2</sup>, Rhasya Octavian Fahlevi Syahril<sup>3</sup>, Ridho Langit Prakoso<sup>4</sup>, Gibrand Shaquille Almaududie<sup>5</sup>

<sup>1</sup> S1 Farmasi Klinis dan Komunitas

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Widya Dharma Husada, Tangerang Selatan, Banten

Email: [gandes.sheva@gmail.com](mailto:gandes.sheva@gmail.com)<sup>1</sup>

<sup>2,3,4,5</sup>SMA Ibnu Hajar Boarding School, Depok, Jawa Barat

<sup>2,3,4,5</sup>Email: [shafaabyan8@gmail.com](mailto:shafaabyan8@gmail.com)<sup>2</sup>, [rhasyasyahril7@gmail.com](mailto:rhasyasyahril7@gmail.com)<sup>3</sup>, [rlangit2009@gmail.com](mailto:rlangit2009@gmail.com)<sup>4</sup>, [gibrandihbs@gmail.com](mailto:gibrandihbs@gmail.com)<sup>5</sup>

### History Artikel:

Diterima 1 Maret 2026

Direvisi 5 Maret 2026

Diterima 25 Maret 2026

Tersedia online 1 April 2026

### Abstrak

Limbah plastik menjadi isu global yang mendesak, mendorong lahirnya berbagai inovasi dalam pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan. Penelitian ini menghasilkan bioplastik berbasis selulosa dari limbah serutan kayu. Serutan kayu yang digunakan diekstraksi selulosanya melalui proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, tahap bleaching menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk memperoleh selulosa. Selulosa yang telah dikeringkan pada suhu 50–60°C kemudian dilarutkan dalam pelarut aquades panas (70–80°C), dan ditambahkan sorbitol serta karagenan guna meningkatkan fleksibilitas dan sifat mekanik. Campuran dicetak dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 3 jam hingga terbentuk lembaran bioplastik. Uji fisik berupa ketebalan dan tekstur, serta uji ketahanan terhadap mikroorganisme selama 7 hari dilakukan untuk menilai performa masing-masing formulasi. Hasil menunjukkan bahwa formulasi F4 (0,20 mm) dan F5 (0,25 mm) memiliki ketebalan lebih tinggi dibandingkan kontrol (0,15 mm), namun mulai menunjukkan perubahan tekstur menjadi kasar, berbeda dengan formulasi F1–F3 yang tetap halus dan licin. Dari sisi stabilitas, formulasi awal (F2) lebih tahan terhadap jamur. Penelitian ini membuktikan bahwa limbah serutan kayu dapat diolah menjadi bioplastik yang layak dan berpotensi untuk dikembangkan secara berkelanjutan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis fosil.

**Kata Kunci:** Bioplastik; Selulosa; Serutan Kayu; Kimia Hijau; Uji Stabilitas

### Abstract (Bahasa Inggris bisa dibantu oleh Editor JP-SA)

Limbah plastik menjadi isu global yang mendesak, mendorong lahirnya berbagai inovasi dalam pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan. Penelitian ini menghasilkan bioplastik berbasis selulosa dari limbah serutan kayu. Serutan kayu yang digunakan diekstraksi selulosanya melalui proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, tahap bleaching menggunakan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk memperoleh selulosa. Selulosa yang telah dikeringkan pada suhu 50–60°C kemudian dilarutkan dalam pelarut aquades panas (70–80°C), dan ditambahkan sorbitol serta karagenan guna meningkatkan transmisi dan sifat mekanik. Campuran dicetak dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 3 jam hingga terbentuk lembaran bioplastik. Uji fisik berupa ketebalan dan tekstur, serta uji ketahanan terhadap mikroorganisme selama 7 hari dilakukan untuk menilai kinerja masing-masing formulasi. Hasil menunjukkan bahwa formulasi F4 (0,20 mm) dan F5 (0,25 mm) memiliki ketebalan lebih tinggi dibandingkan kontrol (0,15 mm), namun mulai menunjukkan perubahan tekstur menjadi kasar, berbeda dengan formulasi F1–F3 yang tetap halus dan licin. Dari sisi stabilitas, formulasi awal (F2) lebih tahan terhadap jamur. Penelitian ini membuktikan bahwa limbah serutan kayu dapat diolah menjadi bioplastik yang layak dan berpotensi untuk dikembangkan secara berkelanjutan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis fosil.

**Keywords:** Bioplastik; Selulosa; Serutan Kayu; Kimia Hijau; Uji Stabilitas

## PENDAHULUAN

Plastik telah menjadi material yang tidak terpisahkan dalam kehidupan modern, hadir dalam berbagai produk yang kita gunakan setiap hari. Material yang sangat adaptif ini memiliki berbagai keunggulan dalam sifat fisiknya, namun juga menimbulkan masalah lingkungan yang serius sebagai limbah. Plastik sendiri sering ditemukan dalam bentuk kemasan makanan, minuman, mainan, hingga perabotan rumah tangga. Ketika selesai digunakan, maka plastik yang tidak terpakai tersebut dapat menjadi limbah jika tidak segera diuraikan dengan benar.

Limbah plastik menumpuk di tempat pembuangan akhir (TPA) dan lingkungan, yang menyebabkan pencemaran tanah, air, dan udara serta mengancam kesehatan manusia dan ekosistem laut (Anissa Valenia Samputri, 2023). Selain itu, pembakaran sampah plastik menghasilkan polutan berbahaya yang dapat merusak kesehatan masyarakat (Christopel Paino, 2024).

Bioplastik hadir sebagai solusi berkelanjutan untuk menggantikan plastik reguler melalui pemanfaatan sumber daya alam yang melimpah. Material ini tersusun dari komponen alami seperti selulosa dan alginat yang bersifat terbarukan, sehingga proses penguraiannya oleh mikrob di lingkungan berlangsung lebih optimal dibandingkan plastik berbasis dasar hidrokarbon (Saharan dan Sharma, 2012; Liberty Society, 2024). Implementasi teknologi bioplastik secara signifikan berkontribusi pada penurunan jejak karbon dan polusi plastik sistemik, sekaligus mengurangi konsumsi energi berbasis fosil dalam proses produksinya (Abdul Latif, 2020).

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya tingkat pencemaran sungai di Indonesia yang didominasi oleh akumulasi limbah plastik non-biodegradable. Sebagai solusi mitigasi, diperlukan transisi penggunaan plastik konvensional menuju bioplastik yang memiliki karakteristik ramah lingkungan. Bioplastik berbasis selulosa diproyeksikan memiliki laju degradasi yang lebih optimal di alam dibandingkan plastik sintetis berbasis kimia murni. Mengingat limbah serutan kayu memiliki kandungan selulosa yang signifikan, material ini berpotensi besar untuk dikonversi menjadi bahan baku utama bioplastik. Oleh karena itu, pengujian terhadap kelayakan serta kemampuan biodegradasi bioplastik berbasis serutan kayu menjadi urgensi dalam penelitian ini.

Penelitian ini mempunyai tujuan yang berhubungan dengan keberlanjutan, biodegradabilitas dan ekonomi sirkular. Adapun caranya adalah dengan memanfaatkan serbuk gergaji kayu, produk sampingan industri kayu dan furnitur yang bernilai rendah, untuk mengurangi limbah dan menciptakan bahan bernilai tambah. Sehingga menghasilkan plastik yang dapat terurai di lingkungan, meminimalkan polusi mikroplastik. Kegiatan dari segi ekonomi sirkular adalah menutup siklus dengan mengubah biomassa lignoselulosa menjadi bioplastik, sejalan dengan prinsip kimia hijau.

Manfaat dari pembuatan bioplastik menggunakan serutan kayu adalah mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Menggunakan sumber daya terbarukan bisa mengurangi kebutuhan akan minyak bumi. Pengurangan emisi karbon karena produksi bioplastik cenderung menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan plastik konvensional. Manfaat lainnya adalah bahan yang di hasilkan bersifat ramah lingkungan dan mudah terurai. meningkatkan ekonomi bagi para pengrajin kayu dengan memanfaatkan limbah serutan kayu.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium untuk pembuatan bioplastik berbasis selulosa dari limbah kayu serut. Fokus penelitian ini adalah pada proses ekstraksi selulosa melalui tahap delignifikasi dan *bleaching*, serta pengaruh variasi konsentrasi Natrium Hidroksida (NaOH) terhadap karakteristik fisik dan stabilitas bioplastik yang dihasilkan.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Sekolah Ibnu Hajar Boarding School. Proses pengambilan data, ekstraksi, hingga karakterisasi sampel dilakukan selama tiga bulan, terhitung sejak bulan Juli sampai dengan September tahun 2025. Objek utama dalam penelitian ini adalah selulosa yang diekstraksi dari limbah kayu serut yang diperoleh dari penggergajian kayu lokal daerah Depok. Tepatnya di Pusat Kayu Jati Belanda Depok yang berfokus pada pengolahan kayu pinus atau jati belanda. Limbah serutan kayu tipis dan sangat kering Karena berasal dari proses pengetaman (*planing*) untuk menghaluskan permukaan kayu palet dan kayu sudah melalui proses pengeringan.

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik, kompor portable, *beaker glass*, gelas ukur, termometer, mortir dan stamper, batang pengaduk, sudip, sendok tanduk, pipet, spatel, pH meter, blender, plat kaca (cetakan), serta perlengkapan keselamatan kerja berupa sarung tangan dan masker. Bahan-bahan kimia yang digunakan terdiri dari kayu serut sebagai sumber selulosa, Natrium Hidroksida (NaOH), aquadest, alginat, asam asetat, sorbitol sebagai *plasticizer*, karagenan, asam klorida (HCl), dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk proses pemutihan (*bleaching*).

### Prosedur Penelitian

1. Persiapan Bahan: Kayu serut dibersihkan dari kotoran, dikeringkan menggunakan sinar matahari atau *microwave*, lalu dihaluskan dengan blender dan diayak menggunakan ayakan 100-120 mesh. Sampel serbuk kayu ditimbang sebanyak 10 gram untuk setiap unit percobaan.
2. Ekstraksi Selulosa (Maserasi):
  1. *Delignifikasi*: Serbuk kayu direndam dalam larutan NaOH dengan variasi konsentrasi (5% hingga 25%) selama 1-3 jam untuk memisahkan lignin. Padatan disaring dan dicuci dengan air hingga bebas basa (tidak berbasa).
  2. *Bleaching*: Selulosa hasil delignifikasi direndam dalam larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> hingga berwarna putih/transparan, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50-60°C.
3. Sintesis Bioplastik: Selulosa kering dilarutkan dalam 50 mL aquadest pada suhu 70-80°C sambil diaduk. Campuran kemudian ditambahkan *plasticizer* berupa sorbitol dan karagenan, dicetak pada plat kaca, dan dikeringkan pada suhu ruang atau oven 60°C selama 3 jam.

### Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan melalui observasi laboratorium terhadap hasil pengujian yang meliputi:

1. Uji Stabilitas: Pengamatan ketahanan bioplastik terhadap mikroorganisme pengurai di suhu ruang selama 7 hari.
2. Uji Organoleptik: Penilaian kualitatif terhadap warna, bau, dan tekstur berdasarkan variasi konsentrasi NaOH (5%, 10%, 15%, dan 20%).
3. Karakterisasi Fisik: Pengukuran ketebalan menggunakan mikrometer sekrup dan uji daya serap air untuk mengetahui ketahanan bioplastik terhadap kelembaban.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk membandingkan pengaruh setiap formulasi (F1 sampai F5) terhadap kualitas akhir bioplastik yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

**Tabel 3.1** Hasil Pengujian Karakterisasi Bioplastik

Kode Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Ketebalan (mm)	Daya Serap Air (%)
F1	5%	0.15	25.4
F2	10%	0.18	22.1
F3	15%	0.20	28.6
F4	20%	0.25	38.2
F5	25%	0.28	45.7

Hasil penelitian menunjukkan pengujian karakteristik bioplastik berdasarkan ketebalan dan daya serap air dengan pembeda konsentrasi NaOH. Terdapat perbedaan nilai ketebalan (mm) dan nilai daya serap air (%). Pada daya serap air menunjukkan seberapa banyak air yang dapat diserap oleh bioplastik. Sifat ini mempengaruhi ketahanan bioplastik terhadap kelembaban, yang berdampak pada kekuatan dan daya tahannya. Nilai daya serap air dipengaruhi oleh komposisi bahan, terutama kadar plasticizer dan struktur selulosa.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Stabilitas dan Organoleptik

Kode Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Warna Visual	Tekstur Permukaan	Stabilitas (7 Hari)
F1	5%	Putih Gading	Halus, Homogen	Stabil
F2	10%	Putih Transparan	Halus, Lentur	Sangat Stabil
F3	15%	Putih Transparan	Halus, Agak Kaku	Stabil
F4	20%	Putih Keruh	Kasar, Tebal	Kurang Stabil
F5	25%	Kuning Pucat	Kasar, Getas	Tidak Stabil

Secara visual, terdapat perubahan gradasi warna seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaOH. Pada formulasi F1 dengan konsentrasi 5%, bioplastik menunjukkan warna putih gading dengan tekstur halus dan homogen. Peningkatan kualitas warna menjadi putih transparan tercapai pada formulasi F2 (10%) dan F3 (15%). Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi NaOH pada rentang tersebut sangat efektif dalam proses delignifikasi, yakni melarutkan kandungan lignin yang secara alami memberikan warna cokelat pada serat kayu. Namun, pada konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 20% (F4) dan 25% (F5), warna bioplastik berubah menjadi putih keruh hingga kuning pucat dengan tekstur yang cenderung kasar, tebal, dan getas.

Uji stabilitas selama 7 hari menunjukkan bahwa formulasi F2 (NaOH 10%) merupakan titik optimal dengan predikat sangat stabil dan tekstur yang halus serta lentur. Kelenturan ini menandakan adanya ikatan yang kuat antara selulosa dengan *plasticizer* (sorbitol) dalam matriks film. Sebaliknya, penurunan stabilitas terlihat nyata pada F4 dan F5 yang dikategorikan kurang stabil hingga tidak stabil.

## PEMBAHASAN

### Efektivitas Persiapan Bahan dan Ekstraksi Selulosa

Proses persiapan serutan kayu melalui tahap pengeringan dan penghancuran menjadi ukuran 100-120 mesh terbukti krusial bagi efektivitas ekstraksi. Ukuran partikel yang seragam dan kecil meningkatkan luas permukaan kontak antara pelarut kimia dengan matriks kayu. Hal ini sesuai dengan prinsip bahwa reduksi ukuran partikel mempermudah penetrasi larutan alkali ke dalam jaringan lignoselulosa, sehingga pemutusan ikatan antar serat menjadi lebih optimal (Sudaryanto et al., 2020).

Pada tahap delignifikasi, penggunaan NaOH dengan konsentrasi 5% hingga 20% menunjukkan

perubahan fisik yang signifikan pada serat. NaOH sebagai basa kuat bekerja dengan cara mendegradasi struktur polimer lignin dan menghidrolisis ikatan semiselulosa. Pemisahan lignin ini sangat penting karena lignin bersifat hidrofobik dan kaku, yang jika tetap ada, akan menghalangi ikatan antar molekul selulosa saat pembentukan film bioplastik (Bahmid et al., 2021). Penghilangan residu alkali melalui pencucian hingga bebas busa (pH netral) merupakan langkah kritis; sisa NaOH yang tertinggal dapat menyebabkan degradasi termal pada bioplastik saat proses pengeringan di oven.

Tahap *bleaching* menggunakan atau NaClO memberikan hasil akhir berupa selulosa berwarna putih transparan. Proses oksidasi ini menghilangkan sisa kromofor dari lignin yang masih tertinggal. Selulosa yang murni tanpa lignin memiliki tingkat kristalinitas yang lebih baik, yang secara langsung berkontribusi pada kekuatan mekanis bioplastik (Ismail et al., 2019).

### Karakteristik Fisik dan Stabilitas Bioplastik

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa variasi konsentrasi NaOH dan penambahan *plasticizer* (sorbitol) sangat memengaruhi ketebalan dan tekstur bioplastik. Formulasi F1 hingga F3 menghasilkan tekstur yang lebih halus dan stabil dibandingkan F4 dan F5 yang cenderung tebal namun kasar.

#### 1. Hubungan Konsentrasi NaOH dan Tekstur

Kenaikan konsentrasi NaOH hingga batas tertentu meningkatkan kemurnian selulosa, namun konsentrasi yang terlalu tinggi (di atas 20%) berisiko menyebabkan degradasi rantai polimer selulosa itu sendiri, yang mengakibatkan permukaan bioplastik menjadi kasar dan kurang homogen. Ketebalan rata-rata bioplastik berkisar antara 0,15 mm hingga 0,28 mm. Formulasi F1-F3 (NaOH 5-15%) menghasilkan film yang lebih tipis dan homogen. Sebaliknya, pada F4-F5 (NaOH 20%), terjadi peningkatan ketebalan yang signifikan namun diikuti dengan tekstur yang kasar. Hal ini disebabkan oleh fenomena "swelling" atau pembengkakan serat selulosa akibat paparan basa kuat yang berlebih, yang mengganggu kerapatan ikatan hidrogen antar polimer saat proses pengeringan (Ginting et al., 2018).

#### 2. Ketebalan dan Sorbitol

Peningkatan ketebalan pada formulasi tertentu disebabkan oleh kandungan total padatan yang lebih tinggi dan peran sorbitol. Sorbitol bekerja dengan masuk ke sela-sela rantai polimer, meningkatkan volume bebas dan fleksibilitas, namun juga menambah ketebalan lapisan film (Ginting et al., 2018). Ketebalan rata-rata bioplastik berkisar antara 0,15 mm hingga 0,28 mm. Formulasi F1-F3 (NaOH 5-15%) menghasilkan film yang lebih tipis dan homogen. Sebaliknya, pada F4-F5 (NaOH 20%), terjadi peningkatan ketebalan yang signifikan namun diikuti dengan tekstur yang kasar. Hal ini disebabkan oleh fenomena "swelling" atau pembengkakan serat selulosa akibat paparan basa kuat yang berlebih, yang mengganggu kerapatan ikatan hidrogen antar polimer saat proses pengeringan (Ginting et al., 2018).

#### 3. Daya Serap Air

Bioplastik berbasis selulosa secara alami memiliki sifat hidrofilik. Daya serap air yang teramati dipengaruhi oleh kerapatan struktur serat. Formulasi yang lebih stabil (F1-F3) cenderung memiliki struktur yang lebih rapat sehingga penetrasi molekul air ke dalam matriks film lebih terhambat dibandingkan formulasi yang kasar. Daya serap air menunjukkan nilai terendah pada formulasi F2 (sekitar 22%) dan tertinggi pada F5 (mencapai 45%). Rendahnya daya serap air pada konsentrasi NaOH rendah hingga sedang (10-15%) mengindikasikan bahwa lignin telah terangkat secara optimal tanpa merusak struktur mikrofibril selulosa, sehingga matriks bioplastik lebih rapat dan sulit dipenetrasi oleh molekul air. Peningkatan daya serap air pada F5 menunjukkan terbentuknya pori-pori makro akibat degradasi selulosa oleh alkali berlebih (Ismail et al., 2019).

#### 4. Uji Stabilitas dan Organoleptik

Secara organoleptik, bioplastik menunjukkan degradasi warna dari coklat tua (sebelum *bleaching*) menjadi putih gading transparan setelah proses oksidasi dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Selama 7 hari pengamatan stabilitas di suhu ruang, sampel F1-F3 tidak menunjukkan adanya pertumbuhan jamur (fungi) yang

kasat mata, namun mulai mengalami penyusutan dimensi (shrinkage) pada hari ke-5. Hal ini membuktikan bahwa bioplastik ini memiliki ketahanan jangka pendek yang baik namun tetap bersifat biodegradable (Bahmid et al., 2021).

## SIMPULAN

Serutan kayu mengandung kadar selulosa kurang lebih 40%. Penambahan selulosa untuk menambah kekuatan tarik, kekakuan serta stabilitas dari bioplastik. Hasil menunjukkan bahwa formulasi F4 (0,20 mm) dan F5 (0,25 mm) memiliki ketebalan lebih tinggi dibandingkan kontrol (0,15 mm), namun mulai menunjukkan perubahan tekstur menjadi kasar, berbeda dengan formulasi F1–F3 yang tetap halus dan licin. Dari sisi stabilitas, formulasi awal (F2) lebih tahan terhadap jamur. Penelitian ini membuktikan bahwa limbah serutan kayu dapat diolah menjadi bioplastik yang layak dan berpotensi untuk dikembangkan secara berkelanjutan, sekaligus mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis fosil. Kesimpulan dari penelitian ini adalah Limbah serutan kayu terbukti bisa diubah menjadi bioplastik yang ramah lingkungan dan mudah terurai. Inovasi ini tidak hanya mengurangi polusi, tapi juga membuka peluang ekonomi sirkular bagi masyarakat. Dari limbah jadi solusi. bioplastik ini menunjukkan bahwa menjaga lingkungan bisa dimulai dari hal sederhana seperti serutan kayu. Ringan, alami, dan punya masa depan.

## SARAN

Perlu dilakukan pengamatan biodegradasi dengan menanam bioplastik di dalam tanah untuk melihat seberapa efektif penguraian bioplastik tersebut. Perlu dilakukan analisis pembuatan bioplastik menggunakan plasticizer lain seperti pati. Perlu dilakukan pencetakan bioplastik dalam bentuk kantong plastik untuk pengamatan dan tes kekuatan bioplastik dalam membawa dan menampung barang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Latif, A. A., Ismail, H., & Ahmad, Z. (2020). Review on biodegradable packaging materials derived from polysaccharides. *Polymers*, 12(11), 2455.
- Alviana M.S., Lusiaty M. (2024). Analisis Dampak Timbunan Sampah Terhadap Pencemaran Lingkungan di TPA Sampah Wonorejo. *Jurnal Kajian Ilmiah Interdisipliner*. 8 (7):887 – 896.
- Anissa V.S., Ayu L., dkk. (2023). Dampak Timbunan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Wonorejo Kabupaten Wonosobo Terhadap Lingkungan Tanah. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 3 (1) : 24-30
- Arika F.R., M. Irsan A. (2017). Sintesis Superabsorben Aerogel Selulosa Berbasis Bagasse. Skripsi. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Ayu S. Agung T.P. (2017). Komparasi Bioplastik Kulit Labu Kuning-Kitosan dengan Plasticizer dari Berbagai Variasi Sumber Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6 (2) :110-116
- Bahmid, N. A., Heeres, A., & Woortman, A. J. (2021). *The effect of alkali treatment on the properties of cellulose fibers extracted from agricultural waste*. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(4), 1210-1222.
- Bunga L., Auffah Y., dkk. (2024). Pemanfaatan Limbah Plastik Melalui Inovasi Ecobricks di Desa Setia Tawar Barat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara*. 4 (2) : 106-112.
- Christopel Paino. (2024). Penelitian: Indonesia Urutan Ketiga di Dunia Penghasil Polusi Plastik. URL: <https://mongabay.co.id/2024/09/26/penelitian-indonesia-urutan-ketiga-di-dunia-penghasil-polusi-plastik/> Diakses tanggal 01 Juli 2025
- Engellita M., Hanny F., dkk. 2020. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa

dengan Plasticizer Gliserol. Jurnal MIPA. Jurusan Fisika FMIPA. Universitas Sam Ratulangi. 9 (1) : 23-27

Ginting, M. H., Tarigan, F. R., & Singgih, A. M. (2018). *Effect of sorbitol concentration on the characteristics of bioplastic from starch and cellulose*. International Journal of Engineering Research and Technology, 11(4), 655-662.

Ismail, N. M., & Ahmad, M. S. (2019). *Characterization of cellulose and microcrystalline cellulose isolated from wood waste for biopolymer application*. Materials Today: Proceedings, 17, 1078-1085.

Liberty Society. (2024). Mengganti plastik konvensional dengan bioplastik ramah lingkungan. Laporan Keberlanjutan. Samputri, A. V. (2023). Dampak limbah plastik terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Artikel Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat.

Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., & Crocker, D. (2008). Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Technical Report.

Sudaryanto, A., et al. (2020). *Optimization of delignification process for cellulose extraction from tropical wood waste*. Indonesian Journal of Chemistry, 20(3), 512-520.

Talitha F.E. Yoga P.P, dkk. (2025). Pengembangan Bioplastik dari Limbah Pelelah Bambu dengan Uji Biodegradable. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. 14 (1): 111-117