SATERA
Jurnal Sains dan Teknik Terapan

Jurnal Sains dan Teknik Terapan
2026, vol (no), 4 (2)
p-ISSN: 3025-5740, e-ISSN: 3025-3551
https://journal.akom-bantaeng.ac.id/index.php/jstt
DOI:

Production of Cellulose Acetate from Empty Palm Oil Fruit Bunches (EFB) Waste for Bioplastic Raw Material with Gelatin Variations

Pembuatan Selulosa Asetat dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Rina Lestari, Neny Rasnyanti M Aras*, Awal Rahman, Indira Nurul Magofira
Program Studi Analisis Kimia, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng, Indonesia
*e-Mail Corresponding Author: neny.aras@akom-bantaeng.ac.id

ABSTRACT

The extensive use of petroleum-based plastics has led to serious environmental problems due to their low degradability. Bioplastics derived from renewable biomass resources have emerged as a promising alternative. Indonesia, as one of the largest palm oil producers, generates abundant empty fruit bunches (EFB) as industrial waste, which contain high cellulose content. This study aims to synthesize cellulose from EFB, convert it into cellulose acetate, and apply it as a raw material for bioplastics using the solution casting method with gelatin variation. The research employed an experimental laboratory approach. Cellulose was isolated through acid hydrolysis, delignification, and alkaline pulping, followed by acetylation to produce cellulose acetate. Bioplastic films were prepared with cellulose acetate concentrations of 0, 1, dan 3% (w/v) combined with gelatin. The resulting bioplastics were characterized using microbiological degradation, swelling, and heat resistance tests. The results generally indicate that cellulose acetate derived from EFB can be successfully processed into biodegradable bioplastics with acceptable physical characteristics. This study demonstrates the potential of EFB-based cellulose acetate as an environmentally friendly alternative material for plastic applications.

Keywords: *bioplastic, cellulose acetate, empty fruit bunches, gelatin, solution casting*

ABSTRAK

Penggunaan plastik berbasis petrokimia secara masif telah menimbulkan permasalahan lingkungan akibat sifatnya yang sulit terurai. Bioplastik berbasis biomassa terbarukan menjadi alternatif yang menjanjikan. Indonesia sebagai produsen kelapa sawit menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam jumlah besar yang mengandung selulosa tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis selulosa dari TKKS, mengonversinya menjadi selulosa asetat, serta mengaplikasikannya sebagai bahan baku bioplastik menggunakan metode solution casting dengan variasi gelatin. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium. Selulosa diisolasi melalui tahapan hidrolisis asam, delignifikasi, dan pulping alkali, kemudian dikonversi menjadi selulosa asetat melalui reaksi asetilasi. Bioplastik dibuat dengan variasi konsentrasi selulosa asetat 0, 1, dan 3% (b/v) dengan penambahan gelatin. Karakterisasi bioplastik dilakukan melalui uji mikrobiologi, swelling, dan uji tahan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selulosa asetat dari TKKS dapat digunakan sebagai bahan baku

Lestari, Rina, dkk
Program Studi Analisis Kimia, Akademi Komunitas Industri Manufaktur
Bantaeng, Indonesia
E-mail: neny.aras@akom-bantaeng.ac.id

Article History
Submitted: 1 Jul 2026
In Reviewed: 5 Jul 2026
Accepted: 1 Aug 2026
Published: 31 Aug 2026

bioplastik yang bersifat biodegradable dan memiliki karakteristik fisik yang memadai. Penelitian ini membuktikan potensi TKKS sebagai sumber bahan baku bioplastik ramah lingkungan.

Kata kunci: bioplastik, gelatin, selulosa asetat, solution casting, TKKS

1. PENDAHULUAN

Penggunaan plastik konvensional berbasis petrokimia telah meningkat secara signifikan seiring perkembangan industri modern. Meskipun memiliki keunggulan dari sisi fleksibilitas dan daya tahan, plastik konvensional sulit terdegradasi secara alami dan berkontribusi besar terhadap pencemaran lingkungan (Lovina et al., 2024). Limbah plastik dapat bertahan ratusan hingga ribuan tahun di lingkungan dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Upaya pengurangan dampak lingkungan tersebut mendorong pengembangan material alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya adalah bioplastik. Bioplastik berasal dari sumber daya terbarukan dan dapat terurai secara biologis oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih aman bagi lingkungan (Sriyana et al., 2023).

Indonesia sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar, salah satunya tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Limbah ini umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan sering dibuang atau dibakar, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan (Simatupang et al., 2012).

TKKS mengandung selulosa dalam jumlah tinggi, yaitu sekitar 30–45%, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bioplastik (Dewanti, 2018). Selulosa merupakan polimer alami yang bersifat biodegradable dan dapat dimodifikasi menjadi turunan yang lebih aplikatif, seperti selulosa asetat.

Selulosa asetat memiliki sifat mekanik yang lebih baik, fleksibel, dan mudah dibentuk menjadi film, sehingga banyak digunakan dalam pembuatan plastik, film, dan membran (Faizal et al., 2017). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan TKKS sebagai sumber selulosa untuk menghasilkan selulosa asetat dan mengaplikasikannya sebagai bahan baku bioplastik dengan metode solution casting.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Perencanaan Proyek Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada proses pembuatan bioplastik berbasis selulosa dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang meliputi tahap sintesis selulosa, sintesis selulosa asetat, dan pembuatan bioplastik dengan metode solution casting. Fokus utama penelitian ini adalah penambahan gelatin sebagai matriks polimer alami yang berperan dalam meningkatkan fleksibilitas, homogenitas, dan sifat biodegradabel film, serta mendukung sifat mekanik dan potensi antimikroba. Selulosa asetat ditambahkan dengan variasi konsentrasi sebagai bahan penguat untuk melihat pengaruhnya terhadap karakteristik bioplastik. Ruang lingkup pengujian dibatasi pada uji mikrobiologi, uji swelling (daya serap air), dan uji tahan panas sebagai indikator kualitas produk akhir.

.

2.2 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi neraca analitik, hot plate dan magnetic stirrer, oven pengering, beaker glass, gelas ukur, erlenmeyer, corong, kertas saring, termometer, cetakan film, serta peralatan pendukung analisis mikrobiologi. Bahan yang digunakan terdiri atas tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku utama, asam sulfat, asam asetat anhidrida, natrium hidroksida, natrium klorida, akuades, gelatin, serta bahan kimia pendukung lainnya. Seluruh bahan kimia yang digunakan memiliki kualitas pro analysis (p.a).

2.3 Sintesis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran, dikeringkan, dan dipotong menjadi ukuran kecil. Selanjutnya dilakukan pretreatment berupa hidrolisis asam untuk menghilangkan komponen hemiselulosa. Proses delignifikasi dilakukan menggunakan larutan alkali untuk melarutkan lignin sehingga diperoleh pulp selulosa. Pulp kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven hingga diperoleh selulosa kering. Selulosa hasil sintesis ini digunakan sebagai bahan baku tahap berikutnya.

2.4 Sintesis Selulosa Asetat

Selulosa yang telah diperoleh diaktivasi terlebih dahulu dengan perendaman dalam asam asetat glasial. Proses asetilasi dilakukan dengan mereaksikan selulosa dengan asam asetat anhidrida menggunakan katalis asam sulfat pada suhu terkontrol. Setelah reaksi berlangsung, dilakukan hidrolisis parsial untuk mengatur derajat substitusi. Selanjutnya larutan dinetralkan, dicuci hingga bersih, dan dikeringkan untuk memperoleh selulosa asetat.

2.5 Pembuatan Biodegradabel Plastik dengan Variasi Gelatin

Selulosa asetat dilarutkan dalam pelarut aseton dengan variasi konsentrasi 0; 1; dan 3% (b/v). Gelatin dilarutkan terpisah dalam akuades panas hingga homogen. Kedua larutan kemudian dicampurkan dan diaduk hingga membentuk larutan homogen. Campuran dituangkan ke dalam cetakan datar (solution casting) dan dikeringkan pada suhu ruang hingga terbentuk film biodegradable plastik.

2.6 Pengujian dan Output Akhir

Biodegradable plastik yang dihasilkan diuji karakteristiknya melalui beberapa pengujian. Uji mikrobiologi dilakukan untuk mengetahui kemampuan degradasi bioplastik oleh mikroorganisme dengan mengamati penurunan massa setelah inkubasi. Uji swelling dilakukan dengan merendam sampel dalam air dan menghitung persentase daya serap air. Uji tahan panas dilakukan dengan memanaskan bioplastik pada suhu tertentu untuk mengamati perubahan bentuk dan kestabilan material. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi potensi material sebagai bioplastik ramah lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sintesis Selulosa

Berdasarkan hasil analisis, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terbukti mengandung selulosa dalam jumlah signifikan sehingga berpotensi dimanfaatkan

sebagai bahan baku bioplastik. Pada tahap hidrolisis asam, komponen hemiselulosa mengalami degradasi menjadi gula sederhana, sedangkan fraksi selulosa tetap relatif stabil. Reaksi hidrolisis hemiselulosa dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$(C_5H_8O_4)_n + n\ H_2O \rightarrow n\ C_5H_{11}O_5$$

Nilai n pada hemiselulosa umumnya berkisar antara 50–200, yang menunjukkan rantai polimer relatif pendek dan mudah terhidrolisis (Simatupang et al., 2012).

Selanjutnya, proses delignifikasi menggunakan larutan alkali menyebabkan terlepasnya lignin dari matriks lignoselulosa, sehingga diperoleh pulp selulosa dengan kemurnian lebih tinggi. Reaksi delignifikasi secara umum dapat dituliskan sebagai:

$$Lignin + NaOH \rightarrow Fragmen\ Lignin\ Larut + (C_6H_{11}O_5)_n$$

Selulosa yang dihasilkan memiliki nilai n yang lebih besar, yaitu sekitar 500–1500, yang mencerminkan struktur polimer linear dengan kestabilan mekanik yang baik (Dewanti, 2018).

3.2 Sintesis Selulosa Asetat

Selulosa hasil isolasi kemudian dikonversi menjadi selulosa asetat melalui reaksi asetilasi. Reaksi ini melibatkan substitusi gugus hidroksil (–OH) pada unit anhidroglukosa oleh gugus asetil (–$OCOCH_3$). Reaksi asetilasi selulosa dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(C_6H_{11}O_5) + x\ (CH_3CO)_2O \rightarrow (C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3)_n + x\ (CH_3COOH)$$

Selama proses asetilasi, sebagian rantai polimer mengalami pemutusan sehingga nilai n selulosa asetat menurun dibandingkan selulosa awal, dengan kisaran sekitar 200–800. Penurunan nilai n ini masih berada dalam rentang yang sesuai untuk aplikasi pembentukan film bioplastik (Faizal et al., 2017).

3.3 Pembuatan Biodegradabel Plastik

Pada tahap pembuatan biodegradable plastik dengan metode solution casting, selulosa asetat dicampurkan dengan gelatin. Pada proses ini terbentuk interaksi fisik berupa ikatan hidrogen antara rantai selulosa asetat dan gelatin. Interaksi ini berkontribusi terhadap terbentuknya film bioplastik yang homogen dan lebih fleksibel (Hartatik et al., 2016).

3.4 Pengujian Output Akhir

3.4.1 Uji Mikrobiologi (Biodegradasi)

Uji mikrobiologi dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan bioplastik berbasis selulosa asetat–gelatin dalam mengalami degradasi secara biologis. Berdasarkan hasil pengamatan, bioplastik menunjukkan adanya penurunan massa setelah proses inkubasi, yang menandakan bahwa material dapat didegradasi oleh aktivitas mikroorganisme. Penurunan massa ini terjadi akibat kerja enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme, yang secara bertahap memutus rantai polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana. Data hasil pengamatan uji biodegradasi disajikan pada Tabel 3.1 dan persentase degradasi pada Tabel 3.2.

.

Tabel 3.1 Data Pengamatan Penurunan Massa Uji Biodegradasi

Pengulangan	Konsentrasi 0%		Konsentrasi 1%		Konsentrasi 3%	
	W(a) (g)	W(b) (g)	W(a) (g)	W(b) (g)	W(a) (g)	W(b) (g)
Simplo	0,0033	0,0018	0,0185	0,0115	0,0164	0,0102
Duplo	0,0078	0,0046	0,0197	0,0128	0,0076	0,0045
Triplo	0,0058	0,0033	0,0168	0,0104	0,0084	0,0051

Tabel 3.2 Persentase Uji Biodegradasi Bioplastik

Konsentrasi (%)	Biodegradasi (%)
0	43,86%
1	36,99%
3	39,29%

Hasil ini menunjukkan bahwa bioplastik yang dihasilkan bersifat biodegradable dan memiliki potensi untuk terurai secara alami di lingkungan, sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa polimer berbasis selulosa dan gelatin mudah terdegradasi secara biologis (Fachrul et al., 2023).

3.4.2 Uji Swelling

Uji swelling dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik dalam menyerap air serta kestabilan struktur material ketika berada dalam lingkungan berair. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bioplastik mengalami peningkatan massa setelah perendaman, yang menandakan terjadinya penyerapan air ke dalam matriks polimer. Daya serap air ini dipengaruhi oleh keberadaan gugus hidrofilik pada selulosa asetat dan gelatin, yang memungkinkan terjadinya interaksi dengan molekul air. Data penimbangan uji swelling disajikan pada Tabel 3.3 dan rekapitulasi persentase swelling pada Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Data Pengamatan Massa Uji Swelling

Pengulangan	Konsentrasi 0%		Konsentrasi 1%		Konsentrasi 3%	
	w_0 (g)	w (g)	w_0 (g)	w (g)	w_0 (g)	w (g)
Simplo	0,482	0,734	0,488	0,717	0,491	0,681
Duplo	0,497	0,753	0,501	0,732	0,503	0,694
Triplo	0,509	0,776	0,514	0,759	0,517	0,720

Tabel 3.4 Persentase Rata-rata Uji Swelling

Konsentrasi (%)	Swelling (%)
0	52,0%
1	46,9%
3	38,7%

.

Hasil uji swelling menunjukkan bahwa seluruh sampel bioplastik mengalami peningkatan massa setelah perendaman, yang menandakan adanya penyerapan air oleh matriks polimer. Persentase swelling menurun seiring meningkatnya konsentrasi selulosa asetat hingga 3%. Bioplastik dengan konsentrasi 3% menunjukkan daya serap air yang lebih rendah dibandingkan 0% dan 1%, sehingga memiliki kestabilan struktur yang lebih baik dalam lingkungan berair. Nilai swelling yang terukur membuktikan bahwa bioplastik memiliki sifat hidrofilik yang proporsional namun tetap mampu mempertahankan bentuknya, menunjukkan keseimbangan antara sifat biodegradabilitas dan kestabilan material (Dewi et al., 2021).

3.4.3 Uji Tahan Panas

Uji tahan panas dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan bioplastik terhadap pengaruh suhu. Berdasarkan hasil pengamatan, bioplastik masih mempertahankan bentuknya pada suhu pengujian, meskipun terjadi pelunakan pada tingkat tertentu. Fenomena ini menunjukkan bahwa material mengalami perubahan fisik tanpa adanya perubahan struktur kimia. Kestabilan termal yang ditunjukkan oleh bioplastik mengindikasikan bahwa interaksi antar rantai polimer cukup kuat untuk mempertahankan struktur film pada suhu menengah. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa bioplastik berbasis selulosa asetat memiliki ketahanan panas yang cukup baik untuk aplikasi tertentu (Lovina et al., 2024).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terbukti dapat dimanfaatkan sebagai sumber selulosa yang selanjutnya dikonversi menjadi selulosa asetat dan diaplikasikan sebagai bahan baku bioplastik dengan metode solution casting menggunakan gelatin. Variasi konsentrasi selulosa asetat 0%, 1%, dan 3% menunjukkan pengaruh terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Uji swelling menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi selulosa asetat hingga 3% mampu menurunkan daya serap air sehingga meningkatkan kestabilan struktur material. Uji tahan panas secara kualitatif menunjukkan bahwa bioplastik dengan konsentrasi 3% memiliki tingkat kerapuhan paling rendah dan kestabilan termal terbaik dibandingkan konsentrasi lainnya. Dengan demikian, selulosa asetat dari TKKS berpotensi sebagai bahan baku bioplastik ramah lingkungan dengan karakteristik fisik yang memadai.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode isolasi selulosa dari TKKS yang lebih efisien dan praktis. Optimalisasi tahapan proses diharapkan dapat mempercepat waktu pengerjaan serta menekan penggunaan bahan kimia, sehingga biaya produksi dapat menjadi lebih ekonomis. Dengan demikian, pemanfaatan TKKS sebagai sumber selulosa berpotensi untuk diterapkan secara lebih luas dan berkelanjutan.

REFERENSI

Dewanti, D. P. (2018). Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan Cellulose Potential of Empty

.

Fruit Bunches Waste as The Raw Material of Bioplastics Environmentally Friendly. Jurnal Teknologi Lingkungan, 19(1), 81–88.

Dewi, I. M. P., Albert, Z. J., Redi, P. K., Minsyahril, B., & Hadi, I. S. (2021). PEMBUATAN BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI LIMBAH KERTAS. 6(2), 91–96.

Fachrul, M. F., Astri, R., Tazkiaturrizki, T., Salmiati, S., & Thalia, S. (2023). DEGRADATION OF POLYETHYLENE PLASTIC WASTE BY INDIGENOUS MICROBIAL CONSORTIUM AND FUNGI. Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology, 5(1), 86–103.

Faizal, M., Jaksen, J., & Fadarina, F. (2017). KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU BIOPLASTIK SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CELLULOSE ACETATE FROM EMPTY PALM OIL BUNCHES AS RAW MATERIAL FOR BIOPLASTIC. Kinetika, 13(02), 17–23.

Hartatik, Y. D., Lailatin, N., & Iswarin, I. (2016). Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik. Doctoral Dissertation, Barawijaya Univercity, 3–6.

Lovina, R., Samsul, B., & Lily, V. (2024). Dampak Pencemaran Mikroplastik Pada Ikan , Kerang dan Sedimen di Perairan Indonesia : Review Impact of Microplastic Pollution on Fish , Shellfish and Sediments in Indonesian Waters : A Review. Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL), 6(2), 9–18.

Simatupang, H., Andi, N., & Netti, H. (2012). STUDI ISOLASI DAN RENDEMEN LIGNIN DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS). Jurnal Teknik Kimia, 1(1), 20–24.

Sriyana, H. Y., Lucia, H. R., & Margaretta, E. F. (2023). No Title. Inovasi Teknik Kimia, 8(1), 40–44.