

# Sintesis Selulosa Asetat Dari Limbah Sabut Siwalan (*Borassus Flabellifer L*) dengan Metode *Emil Heuser*

Irsyad Zaki Rohman\*, Natasya Salsabila Putri Djunaidy, Ely Kurniati

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: 21031010065@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 6 September 2025

Disetujui: 18 September 2025

## Abstract

Acetate cellulose is a valuable biopolymer with a variety of industrial applications, ranging from textile fibres to biodegradable plastic films. Using local biomass waste, such as palm fibre (*Borassus flabellifer L.*), to produce acetate cellulose offers a sustainable way to reduce dependence on imported raw materials and address organic waste issues. This study aims to synthesise cellulose acetate from palm fibre waste using the Emil Heuser method, optimising the acetylation reaction parameters to produce a product with maximum acetyl content. Synthesis was achieved by varying the volume of glacial acetic acid (30–90 ml) and the acetylation time (5–25 minutes). The acetyl content was measured using the ASTM D-871 titration method and the presence of functional groups was confirmed by FTIR spectroscopy. The highest acetyl content, 34.71%, was obtained under the optimal conditions of 90 ml of glacial acetic acid and an acetylation time of 15 minutes. FTIR analysis confirmed the presence of the characteristic C=O (1,740  $\text{cm}^{-1}$ ) and C–O (1,240  $\text{cm}^{-1}$ ) functional groups, indicating that the acetylation reaction had successfully occurred on the cellulose chain. While the resulting product was classified as cellulose monoacetate and did not meet the SNI commercial standard for cellulose triacetate, these results demonstrate the significant potential of palm fibre as a local, sustainable natural resource for producing cellulose acetate with further optimisation.

**Keywords:** cellulose acetate, siwalan fiber, acetylation, emil heuser method, lignocellulosic biomass

## Abstrak

Selulosa asetat adalah biopolimer bernilai tinggi dengan berbagai aplikasi industri, mulai dari serat tekstil hingga film plastik biodegradable. Pemanfaatan limbah biomassa lokal seperti sabut siwalan (*Borassus flabellifer L.*) untuk produksi selulosa asetat menawarkan solusi berkelanjutan dalam mengurangi ketergantungan pada bahan baku impor sekaligus mengatasi masalah limbah organik. Penelitian ini bertujuan mensintesis selulosa asetat dari limbah sabut siwalan menggunakan metode Emil Heuser dengan mengoptimalkan parameter reaksi asetilasi untuk menghasilkan produk dengan kandungan asetil maksimal. Sintesis dilakukan dengan variasi volume asam asetat glasial (30–90 mL) dan waktu asetilasi (5–25 menit). Kandungan kadar asetil diukur menggunakan metode titrasi ASTM D-871, sementara karakterisasi gugus fungsional dilakukan dengan spektroskopi FTIR untuk mengkonfirmasi keberhasilan reaksi asetilasi. Kandungan asetil tertinggi sebesar 34,71% diperoleh pada kondisi optimum 90 mL asam asetat glasial dengan waktu asetilasi 15 menit. Analisis FTIR mengkonfirmasi adanya gugus fungsional karakteristik C=O (1.740  $\text{cm}^{-1}$ ) dan C–O (1.240  $\text{cm}^{-1}$ ), menandakan reaksi asetilasi berhasil terjadi pada rantai selulosa. Meskipun produk yang dihasilkan tergolong selulosa monoasetat dan belum memenuhi standar komersial SNI untuk selulosa triasetat, hasil penelitian menunjukkan potensi signifikan sabut siwalan sebagai sumber daya alam lokal dan berkelanjutan untuk produksi selulosa asetat dengan optimasi lebih lanjut.

**Kata Kunci:** selulosa asetat, sabut siwalan, asetilasi, metode emil heuser, biomassa lignoselulosa

## 1. Pendahuluan

Siwalan (*Borassus flabellifer L.*) adalah komoditas pertanian lokal yang banyak ditemukan di daerah-daerah seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, Madura, Bali, Nusa Tenggara, dan Sulawesi (Apriyanti, 2018)[1]. Buah dan nira tanaman ini sering dimanfaatkan, sementara sabut atau sabut pada kulitnya hanya dibuang sebagai limbah dan kurang dimanfaatkan. Padahal, sabut siwalan mengandung selulosa yang tinggi, hingga 89,2%, yang menunjukkan potensi sebagai bahan baku produksi selulosa asetat yang bernilai ekonomis (Dewati, 2010)[2].

Selulosa asetat adalah turunan selulosa dimana gugus hidroksil digantikan oleh gugus asetil. Senyawa yang dapat terurai secara hayati ini memiliki nilai komersial tinggi karena sifat fisik dan optiknya yang menguntungkan, sehingga banyak dipakai di berbagai industri seperti tekstil, plastik, filter rokok, film

fotografi, cat, pelapis kertas, dan membrane (Souhoka, 2018)[3]. Seiring meningkatnya permintaan selulosa asetat di Indonesia maka, metode produksi lokal yang efisien dan berkelanjutan menjadi sebuah kebutuhan yang mendesak, karena produksi selulosa asetat dalam negeri belum mencukupi permintaan nasional.

Studi sebelumnya telah mengeksplorasi pemanfaatan limbah pertanian lignoselulosa, seperti tandan kosong kelapa sawit dan kulit siwalan, untuk produksi selulosa asetat menggunakan metode *cellanase*. Meskipun efektif, metode ini memiliki keterbatasan pada waktu proses dan penanganan limbah (Yannasandy, 2017)[4]. Sebagai alternatif, metode Emil Heuser menawarkan proses yang lebih sederhana dan efisien. Metode ini menggunakan asam asetat glasial sebagai agen asetilasi dan asam fosfat sebagai pelarut, menghasilkan limbah yang lebih mudah untuk dipulihkan dan digunakan kembali. Selain itu, reagen yang dipakai relatif murah dan mudah diperoleh (Siswati, 2021)[5]. Metode Emil Heuser dapat menghasilkan selulosa asetat dengan kadar asetil yang kompetitif dalam waktu reaksi lebih singkat. Namun, penerapannya pada limbah kulit siwalan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menilai kelayakan penggunaan kulit siwalan dengan metode ini serta mengkaji pengaruh variasi volume asam asetat glasial dan waktu asetilasi terhadap kualitas produk akhir.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan selulosa asetat adalah Natrium Hidroksida (NaOH), Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Asam Asetat glasial (CH<sub>3</sub>COOH), Etil eter dan Aquadest. Alat yang digunakan adalah *magnetic stirrer*, *beaker glass*, neraca analitik, pH meter, pipet tetes, spatula, kertas saring, *oven*, gelas ukur, *thermometer*.

### 2.2 Prosedur Penelitian

Proses pre-treatment dimulai dengan proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 2% pada suhu 80°C selama 2,5 jam untuk mengurangi kadar lignin pada sabut siwalan serta meningkatkan aksesibilitas selulosa. Tahap ini bertujuan untuk memecah struktur lignin dan membuka matriks sabut. Setelah delignifikasi, material dibleaching menggunakan hidrogen peroksida 3% untuk menghilangkan lignin sisa, meningkatkan kecerahan selulosa, dan meningkatkan kemurnian keseluruhan. Langkah-langkah ini penting untuk memastikan reaktivitas tinggi dan kualitas selulosa yang dihasilkan dalam proses asetilasi.

Selulosa yang telah diaktifkan kemudian dilakukan proses asetilasi menggunakan metode Emil Heuser. Selulosa dilarutkan dalam asam fosfat untuk membuka sabut dan memperbesar luas permukaan. Asam asetat glasial digunakan sebagai agen asetilasi, reaksi pada proses ini berlangsung pada suhu 40°C dan pengadukan 300 rpm. Dua variabel utama yang digunakan adalah volume asam asetat glasial (30, 45, 60, 75, 90 mL) dan waktu reaksi asetilasi (5, 10, 15, 20, 25 menit). Selama reaksi, gugus asetil menggantikan gugus hidroksil pada rantai selulosa membentuk selulosa asetat. Reaksi dihentikan dengan penambahan etil eter sebagai pengendap untuk menghentikan asetilasi lebih lanjut dan memisahkan produk.

Selulosa asetat yang disintesis dicuci dengan air suling hingga mencapai pH netral, kemudian dikeringkan dan disimpan. Kandungan asetil diukur menggunakan metode titrasi ASTM yang dimodifikasi untuk menentukan derajat substitusi (DS), yang mengklasifikasikan produk menjadi mono-, di-, atau triasetat. Gugus fungsional dianalisis menggunakan spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) untuk mengkonfirmasi pembentukan gugus ester dan karbonil, menandakan asetilasi yang berhasil.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Analisa Bahan Awal

Karakterisasi bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu limbah sabut siwalan (*Borassus flabellifer L.*). Komposisi bahan tersebut dianalisis menggunakan metode Chesson-Datta untuk menentukan kandungan lignoselulosa, termasuk kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hasil analisis komposisi ditunjukkan pada **Tabel 1**:

**Tabel 1.** Data Analisa Kandungan Lignoselulosa Bahan Awal

Komponen	Konsentrasi (%)
Selulosa	51,29
Hemiselulosa	30,96
Lignin	46,05

Lab. Gizi Unair, 2025

Berdasarkan **Tabel 1** menunjukkan bahwa limbah sabut siwalan mengandung 51,29% selulosa, yang menunjukkan potensi yang cukup sebagai bahan baku untuk produksi selulosa asetat. Studi sebelumnya melaporkan bahwa bahan lignoselulosa dengan kandungan selulosa di atas 50% merupakan sumber yang layak untuk turunan selulosa (Madhu et al., 2018)[6]. Namun, bahan ini juga mengandung 30,96% hemiselulosa dan 46,05% lignin, yang harus dikurangi melalui proses pretreatment untuk meningkatkan kemurnian dan aksesibilitas selulosa dalam proses asetilasi.

### 3.2 Hasil Analisa Bahan Setelah Pre-treatment

Proses pre-treatment yang meliputi pencucian, delignifikasi, dan pemutihan dilakukan pada bahan baku sabut siwalan. Setelah itu, analisis komposisi bahan dilakukan setelah melewati tahapan pre-treatment tersebut. Analisis ini menggunakan metode Chesson-Datta untuk menilai kandungan komposisi material setelah perlakuan. Proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH memecah struktur lignin, sedangkan pemutihan memakai bahan oksidator seperti hidrogen peroksida untuk menghilangkan sisa lignin sehingga meningkatkan kemurnian dan kecerahan selulosa. Tahapan ini penting untuk meningkatkan aksesibilitas selulosa dalam proses asetilasi selanjutnya.

**Tabel 2.** Data Analisa Kandungan Lignoselulosa Setelah Pre-Treatment

Komponen	Konsentrasi (%)
Selulosa	72,19
Hemiselulosa	15,00
Lignin	7,92

Lab. Gizi Unair, 2025

Berdasarkan **Tabel 2** Setelah dilakukannya proses pre-treatment yang terdiri dari pencucian, delignifikasi, dan pemutihan secara signifikan mengubah komposisi lignoselulosa pada sabut siwalan (Zulnazri, 2022)[7]. Analisis setelah perlakuan menunjukkan bahwa hemiselulosa berkurang menjadi 15,00% dan lignin menjadi 7,92%, sementara kandungan selulosa meningkat menjadi 72,19%. Perubahan ini menegaskan bahwa delignifikasi menggunakan NaOH secara efektif melarutkan lignin dan sebagian hemiselulosa, sedangkan selulosa tetap stabil di bawah kondisi alkali (Baharuddin et al., 2016)[8].

Penurunan signifikan lignin (sebanyak 38,13%) dan hemiselulosa (sebanyak 15,96%) meningkatkan kemurnian dan aksesibilitas selulosa. Pelunakan hemiselulosa selama pemanasan memudahkan pemecahan sabut, membantu pemisahan selulosa (Vashti, 2024)[9]. Kandungan  $\alpha$ -selulosa yang dihasilkan mencapai 59,27%, menunjukkan bahwa bahan tersebut cukup dimurnikan dan cocok untuk proses asetilasi. Kandungan  $\alpha$ -selulosa yang tinggi sangat penting untuk menghasilkan turunan selulosa berkualitas, karena kemurnian selulosa yang lebih tinggi akan menghasilkan efisiensi reaksi dan konsistensi produk yang lebih baik (Nurhidayah, 2024)[10].

### 3.3 Hasil Analisa Kandungan Asetil

Kandungan asetil yang diperoleh dari penelitian dianalisis menggunakan metode ASTM, dan hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Data Analisa Kandungan Kadar Asetil

Waktu Asetilasi	Volume Asam Asetat Glasial				
	30	45	60	75	90
5	29,23	30,33	31,54	32,31	33,54
10	29,67	30,45	31,39	32,26	32,88
15	31,06	32,23	33,19	33,91	34,71
20	31,98	32,74	33,61	34,26	34,56
25	32,68	33,52	33,99	34,35	34,63

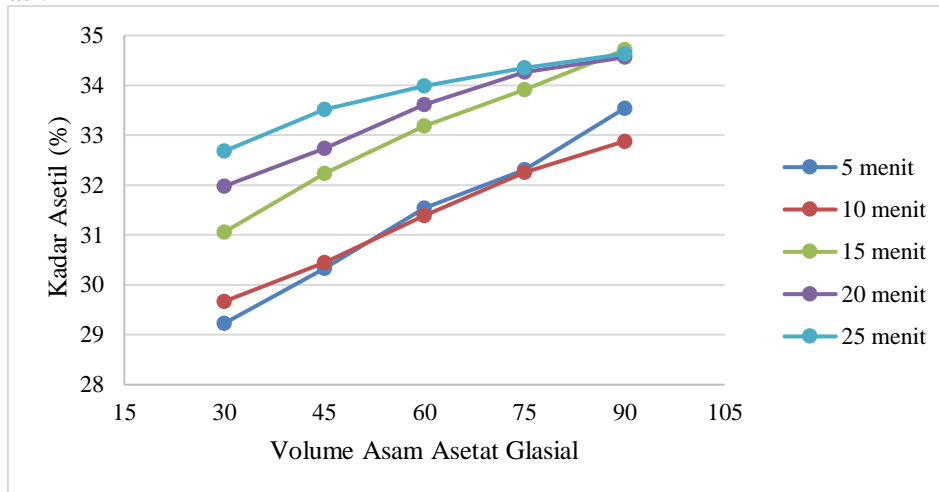
Lab. Gizi Unair, 2025

Berdasarkan **Tabel 3** kadar asetil tertinggi adalah 34,71%, yang dicapai dengan volume asam asetat glasial sebesar 90 mL dan waktu asetilasi selama 15 menit. Kadar asetil terendah adalah 29,23%, diperoleh dengan volume asam asetat glasial sebesar 30 mL dan waktu asetilasi selama 5 menit. Berdasarkan Tabel 3, kadar asetil tertinggi adalah 34,71%, yang diperoleh dengan volume asam asetat glasial sebesar 90 mL dan

waktu asetilasi selama 15 menit. Kadar asetil terendah adalah 29,23%, yang diperoleh dengan volume asam asetat glasial sebesar 30 mL dan waktu asetilasi selama 5 menit.

### 3.3 Pengaruh Volume Asam Asetat Glasial terhadap Kadar Asetil dan Waktu Asetilasi

Berdasarkan Gambar 1, variasi volume asam asetat glasial dan waktu asetilasi menunjukkan pengaruh yang jelas terhadap kadar asetil pada selulosa asetat yang dihasilkan. Data menunjukkan bahwa peningkatan volume asam asetat glasial menyebabkan peningkatan kadar asetil. Kadar asetil tertinggi yang diperoleh adalah 34,71%, dicapai pada variasi volume asam asetat glasial 90 mL dan waktu asetilasi 15 menit. Sebaliknya, nilai terendah sebesar 29,23% ditemukan pada variasi volume asam asetat glasial 30 mL dan waktu reaksi 5 menit. Hasil ini mengkonfirmasi korelasi positif antara ketersediaan gugus asetil dan tingkat asetilasi.

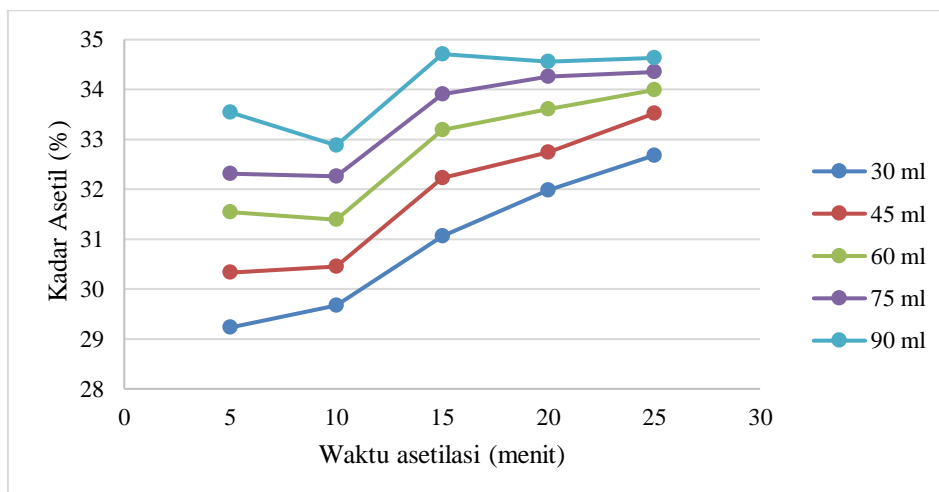


Gambar 1. Hubungan Volume Asam Asetat Glasial pada berbagai Waktu Asetilasi terhadap Kadar Asetil

Temuan ini juga didukung oleh (Seto, 2013)[11], yang menyatakan bahwa kadar asetil berbanding lurus dengan derajat substitusi, yang memengaruhi sifat utama seperti kelarutan, stabilitas termal, dan kemampuan pembentukan film selulosa asetat. Selain itu, (Baharuddin et al, 2016)[8] menegaskan bahwa keberhasilan asetilasi tidak hanya bergantung pada konsentrasi reagen, tetapi juga pada pengendalian kondisi reaksi seperti waktu dan suhu.

### 3.4 Pengaruh Waktu Asetilasi terhadap Kadar Asetil dan Volume Asam Asetat Glasial

Berdasarkan Gambar 2, mengilustrasikan hubungan antara waktu asetilasi dan kadar asetil pada berbagai volume asam asetat glasial. Data menunjukkan bahwa baik waktu reaksi maupun volume asam mempengaruhi derajat substitusi dalam asetilasi selulosa. Kadar asetil tertinggi, yaitu 34,71%, dicapai pada waktu 15 menit dengan volume asam asetat glasial 90 mL, menandakan kombinasi tersebut memberikan kondisi terbaik untuk reaksi.



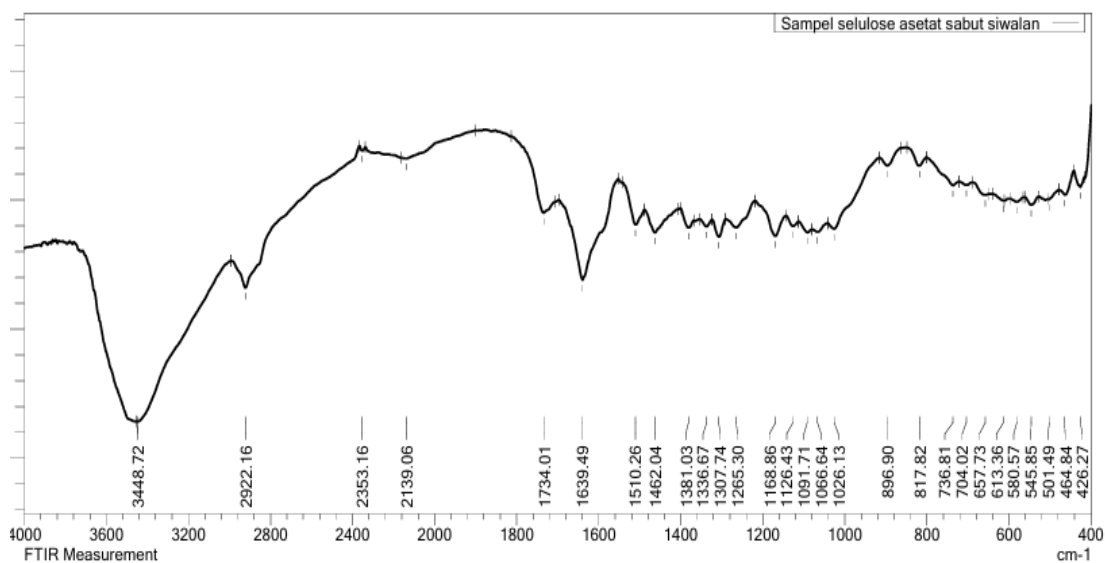
Gambar 2. Hubungan Waktu Asetilasi pada berbagai Volume Asam Asetat Glasial terhadap Kadar Asetil

Terjadi penurunan kadar asetil pada waktu reaksi 10 menit di berbagai volume asam. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh suhu reaksi. Menurut (Fitriyano, 2016)[12], proses asetilasi idealnya berlangsung pada suhu 40–45°C. Jika reaksi terjadi pada suhu  $\geq 50^\circ\text{C}$ , komponen volatil dapat menguap cepat dan produk terekspos panas berlebih yang menyebabkan degradasi selulosa asetat dan penurunan hasil.

Percobaan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya. (Wahyusi, 2017)[13] melaporkan waktu asetilasi optimal sekitar 15 menit menggunakan metode Emil Heuser. (Batu, 2020)[14] juga menyatakan waktu asetilasi lebih lama umumnya meningkatkan kadar asetil, namun terlalu lama menyebabkan degradasi.

### 3.5 Hasil Analisa FTIR (Fourier Transform Infrared)

Analisis FTIR dilakukan pada sampel dengan kadar asetil tertinggi, yang diperoleh pada waktu asetilasi 15 menit dan volume asam asetat glasial 90 mL. Spektrum menunjukkan puncak serapan khas dari selulosa asetat, khususnya gugus karbonil (C=O) dan gugus ester (C–O) yang berasal dari gugus fungsional asetil.



**Gambar 3.** Hasil Spektrum FTIR Sampel Selulosa Asetat  
Sumber: Lab. Farmasi Unair, 2025

Pada **Gambar 3**, menggambarkan spektrum FTIR dari selulosa asetat yang disintesis dari limbah sabut siwalan menggunakan metode Emil Heuser. Sampel yang digunakan dalam analisis ini adalah sampel dengan kadar asetil tertinggi (34,71%) yang diperoleh pada volume asam asetat glasial 90 mL dan waktu asetilasi 15 menit. Spektrum FTIR menunjukkan beberapa puncak serapan utama yang mengindikasikan keberhasilan modifikasi kimia struktur selulosa. Terutama, puncak serapan yang menonjol pada 1734,01  $\text{cm}^{-1}$  sesuai dengan getaran peregangan gugus karbonil (C=O) dari gugus asetil — penanda penting pembentukan selulosa asetat.

Selain itu, puncak serapan pada 1265,30  $\text{cm}^{-1}$  terkait dengan peregangan C–O dari ikatan ester, yang mengkonfirmasi bahwa gugus asetil berhasil digantikan ke rantai selulosa. Munculnya dua puncak ini, yang biasanya tidak ada pada selulosa asli, mendukung hipotesis bahwa asetilasi benar-benar terjadi.

Keberadaan puncak peregangan O–H sekitar 3448  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bahwa substitusi bersifat parsial, menghasilkan selulosa asetat tipe monoasetat. Ini konsisten dengan kadar asetil sebesar 34% yang berkaitan dengan derajat substitusi (DS) antara 0 dan 2), selulosa asetat monoasetat biasanya masih memiliki beberapa gugus hidroksil yang masih terdeteksi pada spektrum FTIR sebagai pita serapan lebar di sekitar 3400  $\text{cm}^{-1}$  (Souhoka, 2018)[3]. Kehadiran gugus fungsional C=O dan C–O menjadi bukti kuat keberhasilan asetilasi dan dianggap sebagai tolok ukur utama dalam karakterisasi produk selulosa asetat.

**Tabel 4.** Data Analisa Spektrum FTIR Selulosa Asetat

Bilangan Gelombang Selulosa Asetat Komersial	Bilangan Gelombang Selulosa Asetat Percobaan	Gugus Fungsi
3486.97	3448.72	O-H
2960.38	2922.16	C-H
1754.63	1734.01	C=O
1383.89	1381.03	C-H
1238.12	1265.30	C-O
1049.69	1066.64	C-O

Pada **Tabel 4** merangkum nilai bilangan gelombang yang diperoleh dari spektrum FTIR selulosa asetat hasil sintesis beserta gugus fungsional yang bersesuaian. Jika dibandingkan dengan standar selulosa asetat komersial, nilai bilangan gelombang di **Tabel 4** sangat mirip dengan yang ditemukan pada produk industri, mengindikasikan bahwa material hasil sintesis memiliki struktur kimia yang serupa (Faizal, 2022)[15], juga mengamati puncak C=O dan C–O pada bilangan gelombang yang hampir sama saat memproduksi selulosa asetat dari biomassa kelapa sawit dengan kondisi sintesis serupa. Hal ini memvalidasi keandalan hasil FTIR dan mendukung kesimpulan bahwa proses asetilasi menggunakan metode Emil Heuser efektif untuk limbah sabut siwalan.

Kesesuaian antara bilangan gelombang yang diperoleh dengan hasil studi sebelumnya memperkuat keberhasilan modifikasi struktural reaksi. Selain itu, kemunculan gugus fungsi ini pada spektrum FTIR menunjukkan bahwa produk telah mencapai tingkat modifikasi kimia yang memadai untuk diklasifikasikan sebagai selulosa asetat.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah sabut siwalan (*Borassus flabellifer L.*) berpotensi sebagai bahan baku produksi selulosa asetat menggunakan metode Emil Heuser. Proses pretreatment yang meliputi delignifikasi dan pemutihan berhasil meningkatkan kadar selulosa menjadi 72,19% dan kadar  $\alpha$ -selulosa menjadi 59,27%, menandakan kesesuaian bahan untuk sintesis selulosa asetat. Proses asetilasi sangat dipengaruhi oleh variasi waktu asetilasi dan volume asam asetat glasial yang digunakan. Kondisi optimal diperoleh pada waktu asetilasi 15 menit dengan volume asam asetat glasial 90 mL, menghasilkan kadar asetil sebesar 34,71%. Analisis FTIR mengonfirmasi pembentukan selulosa asetat melalui kemunculan puncak serapan khas yang berkaitan dengan gugus karbonil (C=O) dan ester (C–O).

Berdasarkan kadar asetil yang diperoleh, selulosa asetat yang dihasilkan tergolong monoasetat yang dapat diaplikasikan di industri plastik dan cat. Namun, kadar asetil tersebut belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 06-2115-1991) untuk selulosa asetat komersial yang mensyaratkan kandungan asetil 36–41%. Oleh karena itu, disarankan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan volume asam asetat glasial atau parameter operasional lain guna meningkatkan kualitas produk.

Dari perspektif praktis, penelitian ini menyediakan alternatif pemanfaatan limbah pertanian khususnya sabut siwalan untuk menghasilkan bahan biodegradable bernilai tambah. Secara teoritis, temuan ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan terkait sintesis selulosa asetat dari sumber biomassa non-konvensional. Untuk penelitian selanjutnya disarankan meneliti pengaruh peningkatan volume agen asetilasi di atas 90 mL serta modifikasi proses lainnya agar selulosa asetat yang dihasilkan memenuhi standar industri sepenuhnya dan memperluas potensi aplikasinya. Studi ini mengonfirmasi bahwa limbah sabut siwalan dapat menjadi alternatif berkelanjutan dan bersumber lokal untuk produksi selulosa asetat di Indonesia.

#### 5. Referensi

- [1] Apriyanti, I. dkk., (2018), "Studi Potensi Pemanfaatan Limbah Serat Batok Siwalan (*Borassus Flabellifer L*) Sebagai Bahan Baku Kerajinan Lokal Gresik", Jurnal Teknologia, Vol. 1, No. 1, hh. 81-88
- [2] Dewati, R. dkk., (2010). "Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>", Jurnal Penelitian Ilmu Teknik, Vol. 10, No. 1, hh. 29-37
- [3] Souhoka, F. A., & Latupeirissa, J. (2018). Sintesis dan karakterisasi selulosa asetat (CA). *Indo. J. Chem. Res*, 5(2), 58-62.
- [4] Yannasandy, D., (2017), "Pengaruh Waktu Delignifikasi Terhadap Pembentukan Alfa Selulosa dan Identifikasi Selulosa Asetat Dari Limbah Kulit Pisang Kepok", Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta, Vol. 7, No. 1, hh. 1-9

- [5] Siswati, N. D. dkk., (2021) “Selulosa Asetat dari Ampas Sagu”, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.15, No.2, Hh. 90-94.
- [6] Madhu, P., Sanjay, S. Kannan, S. Pradeep, S. S. Saravanakumar, dan B. Yogesa, (2018), “A Review on Synthesis and Characterization of Commercially Available Natural Fiber”, *Journal of Natural Fibers*, Vol.1, No.1, Hh. 1-12.
- [7] Zulnazri, Z, dkk. (2022), “Isolasi Sabut Kelapa Dengan Metode Chessson-Datta Sebagai Sumber Alfa Selulosa”, *Chemical Engineering Journal*, Vol.2, No. 1, Hh. 40-51.
- [8] Baharuddin, M., Sappewali, Karisma, & Fitriyani, J., (2016), “Produksi Bioetanol Dari Jerami Padi (*Oryza Sativa L.*) Dan Kulit Pohon Dao (*Dracontamelon*) Melalui Proses Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak (Sfs)”, *Chimica et Natura Acta Journal*, Vol. 4, No. 1, Hh. 1-6.
- [9] Vashiti R. A. et al., (2024), “Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Derived from Corn Stalk Cellulose Using FTIR Analysis”, *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, Vol. 9, No. 2, hh. 58-66.
- [10] Nurhidayah, P., & Siswanto, A. P., (2024), “Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Daun Nanas Memanfaatkan DES ChCl-OA untuk Meningkatkan Ekstraksi Selulosa sebagai Bahan Filter Masker Kain”, *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 18, No. 2, Hh 118-128.
- [11] Seto, A. S., & Sari, A. M., (2013), “Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata De Soya”, *Jurnal Konversi*, Vol. 2, No. 2, Hh 1-12.
- [12] Fitriyano, G. dkk., (2016),” Sintesis Selulosa Asetat dari Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Diaplikasikan sebagai Masker Asap Rokok” *Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta*, Vol. 2, No. 1, hh. 1-7
- [13] Wahyusi, K. N., dkk., 2017, “Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu”, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 12, No, 1, Hh. 35-39.
- [14] Batu, M. S., Adu, R. E., & Soares, L. P., 2023, “Sintesis Selulosa Asetat dari Sabut Buah Siwalan (*Borassus flabellifer Linn*) dengan Variasi Volume Anhidrida Asetat”, *Jurnal Kependidikan Kimia*, Vol. 11, No. 5, Hh. 751-758.
- [15] Faizal, S. dkk., 2022, “Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate from Empty Palm Oil Bunches as Raw Material for Bioplastic”, *Kinetika Journal*, Vol. 13, No. 2, Hh 17-23