



Sintesis Selulosa Asetat dari Sabut Buah Lontar (*Borassus flabellifer* Linn) dengan Variasi Volume Anhidrida Asetat

Matius Stefanus Batu*, Risna Erni Yati Adu, Lourenco Pereira Soares

Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Timor, Kefamenanu

* Corresponding Author e-mail: steve_b79@unimor.ac.id

Sejarah Artikel

Diterima: 14-09-2023

Direvisi: 04-10-2023

Dipublikasi: 16-10-2023

Kata Kunci :

sabut lontar, asetilasi, anhidrida asetat, selulosa, selulosa asetat

Abstrak

Kandungan selulosa yang terdapat dalam buah sabut lontar cukup melimpah. Selulosa asetat dapat dibuat dengan memanfaatkan selulosa dari sabut buah lontar. Tujuan dari penelitian ini, untuk menentukan karakteristik selulosa asetat yang terbuat dari sabut buah lontar (*Borassus flabellifer* Linn) dan volume anhidrida asetat optimum pada sintesis selulosa asetat. Tahapan pada penelitian ini antara lain preparasi sampel sabut buah lontar, isolasi selulosa dari sabut buah lontar (tahap delignifikasi dan *bleaching*) dan sintesis selulosa asetat dari sabut buah lontar (aktivasi, asetilasi, hidrolisis). Pengujian kadar air, kadar asetil, derajat substitusi, kelarutan dan analisis gugus fungsi menggunakan *Fourier Transfor Infra-Red* (FTIR). Untuk memperoleh selulosa murni selulosa dari sabut buah lontar harus didelignifikasi dan *dibleaching* agar sisa lignin pada selulosa dapat menghilang. Selulosa diaktivasi menggunakan asam asetat glasial selama 60 menit, diasestilasi dengan variasi volume anhidrad asetat 24, 26, 28, 30 mL selama 1 jam pada suhu 50°C dan dihidrolisis dengan akuades. Hasil kondisi optimum dengan asetat anhidrida adalah volume 30 mL dengan rendemen selulosa asetat 1,95%, kadar air 3,68%, kadar asetil 43,06% dan derajat substitusi 2,79. Sintesis selulosa asetat dengan analisis FTIR menyatakan bahwa, sintesis yang dilakukan berhasil diindikasikan dengan puncak tajam terhadap gugus karbonil dan ester pada bilangan gelombang 1738-1751 cm⁻¹ dan 1228-1247 cm⁻¹. Selulosa asetat yang dihasilkan termasuk jenis selulosa diasetat yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan pembuatan membran, perekat film, filter masker dan pembuatan bioplastik.

Synthesis of Cellulose Acetate from Palmyra Coir (*Borassus flabellifer* Linn) with Volume Variation of Acetate Anhydride

Article History

Received: 14-09-2023

Revised: 04-10-2023

Published: 16-10-2023

Keywords: palmyra coir, acetylation, acetic anhydride, cellulose, cellulose acetate

Abstract

The cellulose content contained in the fruit of coir is quite abundant. Cellulose acetate can be made by utilizing cellulose from palm husk. The purpose of this study was to determine the characteristics of cellulose acetate made from palm husk (*Borassus flabellifer* Linn) and the optimum volume of acetate anhydride in cellulose acetate synthesis. The stages of this study include preparation of coir samples, isolation of cellulose from coir (delignification and bleaching stages) and cellulose acetate synthesis from coir (activation, acetylation, hydrolysis). Testing of moisture content, acetyl content, degree of substitution, solubility and functional group analysis using *Fourier Transfor Infra-Red* (FTIR). To obtain pure cellulose, cellulose from palm husks must be delignified and bleached so that the remaining lignin in cellulose can disappear. Cellulose was activated using glacial acetic acid for 60 min, assestilated with anhydrad acetate volume variations of 24, 26, 28, 30 mL for 1 h at 50°C and hydrolyzed by aquades. The optimum condition result with acetate anhydride is a volume of 30 mL with a cellulose acetate yield of 1.95%, moisture content of 3.68%, acetyl content of 43.06% and a substitution degree of 2.79. Cellulose acetate synthesis by FTIR analysis states that, the synthesis carried out successfully indicated by sharp peaks of carbonyl and ester groups at wavenumbers 1738-1751 cm⁻¹ and 1228-1247 cm⁻¹. The cellulose acetate produced includes a type of cellulose diacetate which can be further utilized as a material for making membranes, film adhesives, mask filters and making bioplastics.

How to Cite: Batu, M., Adu, R., & Soares, L. (2023). Sintesis Selulosa Asetat dari Sabut Buah Lontar (*Borassus flabellifer* Linn) dengan Variasi Volume Anhidrida Asetat. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(5), 751-758. doi:<https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i5.9049>

 <https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i5.9049>

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



PENDAHULUAN

Selulosa mempunyai bentuk empiris $C_6H_{10}O_5$ yang terdiri atas anhidroglukosa dari senyawa polisakarida serta menjadi penyusun utama dari dinding sel pada tumbuhan (Siswati *et al.*, 2021). Alaminya selulosa tidak ditemukan dalam keadaan murni dikarenakan selulosa selalu berikatan dengan polisakarida lainnya (pektin, xilem, lignin, serta hemiselulosa) (Yuliandri, 2020). Untuk mendapatkan selulosa murni perlu dilakukan modifikasi struktur selulosa, sehingga selulosa dan turunannya dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Selulosa asetat merupakan salah satu produk turunan dari selulosa yang banyak diminati (Nurhayati & Kusumawati, 2014).

Selulosa asetat (SA) merupakan biopolymer yang diperoleh dari sumber alami dan banyak digunakan dalam sintesis berbagai material untuk kebutuhan industri (Rehman *et al.*, 2022). Sehingga dapat dijadikan berbagai jenis produk seperti pita perekam suara, membran, film, serta banyak aplikasi lainnya (Fitriyano & Abdullah, 1846). Selulosa asetat juga merupakan ester organik yang memiliki karakteristik berupa padatan putih, tidak berbau, dan tidak berasa (Anugraini *et al.*, 2018). Sintesis selulosa asetat telah dilakukan, seperti yang dilakukan oleh (Rohmawati *et al.*, 2020) menggunakan material berupa limbah sabut kelapa, (Zul Amraini *et al.*, 2020) dari limbah daun nanas, Fitriyano & Abdullah (2016) dari limbah kulit pisang, Lismeri *et al.* (2016) dengan menggunakan limbah batang ubi kayu. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut maka material yang dapat digunakan dalam pembuatan selulosa asetat adalah tanaman yang kaya akan kandungan selulosa (Asparingga *et al.*, 2018) Selain sumber selulosa di atas, tanaman yang bisa digunakan yaitu tanaman lontar.

Indonesia banyak tersebar tanaman lontar seperti di daerah Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Jawa, dan banyak wilayah lainnya. Lontar adalah spesies pinang-pinangan (*famili Palmae*) yang karakteristiknya berupa daunnya tersusun roset batang dan batangnya tegak lurus tidak bercabang serta umumnya mirip seperti pada palem lainnya. Lontar termasuk tanaman serbaguna, dimana hampir seluruh bagiannya dapat dipakai seperti batang, daun, dan buah yang digunakan dalam pembuatan rumah, perabotan, makanan dan minuman, dan lain lain (Baihaqi *et al.*, 2022). Sedangkan pemanfaatan sabut buah siwalan ini masih terbatas sebagai pakan ternak atau dibuang sebagai limbah (Ardiana & Mitarlis, 2012). Menurut Fariha *et al.* (2020) buah lontar terdiri dari 67-75% sabut dan 23-35% buah yang biasa dimakan. Kandungan selulosa yang terdapat pada sabut lontar sebesar 89,2% (Batu *et al.*, 2023), sehingga sabut lontar dapat dijadikan material utama dalam pembuatan selulosa asetat.

Menurut Yulandri (2018) terdapat tiga tahapan dalam sintesis selulosa asetat yakni aktivasi, asetilasi, dan hidrolisis. Pada sintesis selulosa asetat terdapat tahapan penting yaitu asetilasi dimana pada tahap ini, asam asetat anhidrida digunakan sebagai media asetilasi untuk menggantikan gugus hidroksil pada selulosa (Nurhayati & Kusumawati, 2014). Suhu yang digunakan dalam reaksi asetilasi sebaiknya berkisar pada 40- 50°C, reaksi berjalan dengan laju reaksi yang lambat apabila suhunya lebih rendah dari 40°C. Jika suhu di atas 50°C, maka material akan mudah terpapar panas dan menguap, sehingga mengurangi jumlah dari hasil reaksi dan sisa bahan menjadi rusak (Fitriyano & Abdullah, 2016). Faktor-faktor yang mempengaruhi asetilasi, yaitu kecepatan pengadukan, waktu, suhu, serta jumlah pereaksi (Wahyusi *et al.*, 2017). Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, tentang asetilasi menggunakan anhidrida asetat diantaranya (Asparingga *et al.*, 2018) melakukan sintesis selulosa asetat dengan material sabut kelapa menunjukkan asetilasi yang dilakukan berhasil, dengan variasi volume anhidrida asetat 20, 40, dan 60 mL dengan waktu asetilasi 4 jam yang

diindikasikan dengan munculnya puncak khas dari gugus C=O dan C-O (1738 cm^{-1} dan 1227 cm^{-1}). (Darmawan et al., 2018) dengan asetilasi selama 2,5 jam pada suhu $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ memperoleh kadar asetil optimum sebesar 40,36% dan mempunyai puncak khas serapan C=O ester pada 1740 cm^{-1} dan serapan C-O asetil pada 1235 cm^{-1} pada spektra FTIR.

Selama ini penelitian mengenai pemanfaatan limbah sabut buah lontar sebagai bahan dasar pembuatan selulosa asetat belum dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah sabut buah lontar untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan selulosa asetat. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan volume asetat anhidrida optimum dari sabut buah lontar (*Borassus flabellifer* L.) beserta karakteristiknya.

METODE PENELITIAN

Isolasi Selulosa Asetat

Sabut lontar (*Borassus flabellifer* Linn) dicuci bersih dan dijemur selama 2-3 hari. Selanjutnya, diblender dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Sebanyak 30 gram serbuk sabut lontar dimasukkan ke dalam larutan NaOH 3% (1:25 (b/v)) pada suhu 70°C selama 120 menit (Listyani, 2021). Selanjutnya, campuran disaring dan dicuci dengan air hangat hingga pH netral. Hasil filtrat kemudian dikeringkan pada suhu 105°C selama 10 jam dalam oven dan ditimbang. Setelah itu dilanjutkan dengan tahap *bleaching* memakai larutan H_2O_2 3% selama 90 menit dengan suhu 60°C . Setelah itu, disaring dan residu yang diperoleh dibersihkan sampai pH netral dengan menggunakan akuades. Setelah itu dioven pada suhu 70°C selama 2 jam sehingga diperoleh selulosa dari sabut lontar (Zulaekha et al., 2018).

Sintesis Selulosa Asetat

Selulosa sabut lontar ditimbang 5 gram lalu ditambahkan kedalam asam asetat glasial sebanyak 125 mL sambil diaduk memakai *magnetic stirrer* dengan suhu 40°C selama 60 menit. Kemudian asam asetat glasial ditambahkan sebanyak 24 mL dan H_2SO_4 pekat 0,1 mL lalu diaduk pada suhu dan waktu yang sama, kemudian larutan didinginkan (Sari, 2021). Selanjutnya dilakukan proses asetilasi dengan menambahkan 0,6 mL H_2SO_4 pekat dan anhidrida asetat dengan variasi volume 24, 26, 28, dan 30 mL sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 50°C . Larutan didiamkan hingga membentuk endapan kemudian ditambahkan 500 mL akuades sambil diaduk hingga terbentuk gumpalan berwarna putih kekuning-kuningan. Selanjutnya, larutan disaring dan endapan dibilas hingga pH netral dan dioven selama 2 jam dengan suhu 105°C , selanjutnya dilakukan pengujian gugus fungsi menggunakan FTIR (Yulandri, 2020).

Pengujian Kadar Air (Listyanti, 2021)

Cawan porselen dioven selama 120 menit dengan suhu 105°C . Setelah itu didiamkan dalam desikator sampai mencapai suhu kamar, lalu ditimbang beratnya. Selanjutnya sebanyak 1 gram serbuk selulosa asetat ditimbang dalam cawan porselen dan dipanaskan pada oven dengan suhu 105°C selama 2 jam. Kemudian didiamkan dalam desikator dan ditimbang beratnya.

Pengujian Kadar Asetil dan Derajat Substitusi (Asparimangga et al., 2018)

Sebanyak 1 gram selulosa asteta ditambahkan ke dalam NaOH 0,5 N dan etanol sebanyak 5 mL, kemudian direndam selama 1 hari (24 jam). Seteelah itu ditambahkan larutan HCl 0,5 N 10 mL dan diamkan sampai 30 menit. Setelah itu ditambahkan indikator fenolftalein sebanyak 3 tetes, selanjutnya dititrasi menggunakan larutan NaOH 0,5 N.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis selulosa asetat meliputi beberapa tahapan diantaranya, aktivasi, asetilasi, dan hidrolisis. Tahap aktivasi merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengubah selulosa menjadi selulosa asetat. (Yulandri, 2020) Untuk mempercepat proses asetilasi diperlukan proses aktivasi yang bertujuan untuk mengembungkan struktur selulosa sehingga proses asetilasi dapat berlangsung dengan lebih baik. Pada tahap asetilasi terjadi pemberian gugus asetat (CH_3CHOO^-) pada molekul selulosa yang merupakan bagian terpenting dari proses pembuatan selulosa asetat. Asetilasi terjadi karena gugus hidroksil (OH^-) pada molekul selulosa berinteraksi dengan bahan kimia asetat dan gugus asetat (CH_3CHOO^-) ditambahkan ke rantai selulosa (Sari, 2021). Tahapan terakhir pada proses sintesis selulosa asetat yaitu hidrolisis, dimana tahapan ini bertujuan untuk menghentikan reaksi asetilasi dengan penambahan akuades (Anugraini *et al.*, 2018). Hal ini bertujuan untuk mencegah reaksi berlebihan dan pembentukan produk yang tidak diinginkan dengan cara mengencerkan reagen dan produk reaksi yang terbentuk. Hasil dari proses pembuatan selulosa asetat dari sabut buah lontar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Selulosa Asetat dari Sabut Buah Lontar

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengukur intensitas kandungan air yang terdapat dalam selulosa asetat. Jika suatu bahan memiliki kadar air yang tinggi, maka ketahanan pada saat penyimpanan rendah sehingga bahan mudah rusak (Wahab *et al.*, 2016). Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa kadar air dari selulosa asetat berkisar antara 0,34-3,68 %. Menurut (Harianingsih & Maharani, 2018) 3,6-4,76% merupakan yang disarankan untuk kadar selulosa yang baik. Dari hasil pengujian kadar air selulosa dapat disimpulkan bahwa semua variasi sampel selulosa asetat pada penelitian ini memenuhi standar nasional Indonesia (SNI) No. 08-7070 tahun 2005. Data pengukuran kadar air ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penentuan Kadar Air

Volume Anhidrida Asetat (mL)	Kadar Air (%)	SNI 08-7070-2005
24	0,34	Maks. 5%
26	1,73	
28	2,54	
30	3,68	

Pengujian Kadar Asetil dan Derajat Substitusi

Untuk menentukan golongan SA yang didapatkan digunakan pengukuran kadar asetil

menggunakan saponifikasi. Etanol digunakan pada reaksi saponifikasi untuk membantu proses saponifikasi sebagai *swelling agent* serta untuk mengaktifkan gugus-gugus asetil dan juga melarutkan SA agar mempercepat reaksi (Asparingga *et al.*, 2018). Penggolongan SA berdasarkan gugus asetil yang tersubstitusi ke dalam selulosa, yakni selulosa monoasetat dengan derajat substitusi (DS) dan kadar asetil (0-2,0 dan 13-18,6%), selulosa diasetat dengan derajat substitusi (DS) dan kadar asetil (2,0-2,8 dan 3,5-43,5%), dan selulosa triasetat dengan derajat substitusi (DS) dan kadar asetil (2,8-3,5 dan 43,5-44,8%). Hasil pengujian kadar asetil dan derajat substitusi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar asetil dan derajat substitusi.

Volume Anhidrida Asetat (mL)	Kadar Asetil (%)	Derajat Substitusi	Jenis Selulosa Asetat
24	38,05	2,28	Diasetat
26	39,56	2,42	
28	41,21	2,59	
30	43,06	2,79	

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa selulosa asetat yang dihasilkan adalah selulosa diasetat yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan pembuatan membran, perekat film, pembuatan bioplastik dan filter masker. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, volume anhidrida asetat serta kadar asetil dan derajat substitusi berbanding lurus. Hal ini sesuai dengan pernyataan asparingga *et al.* (2018) bahwa semakin banyak volume anhidrad asetat maka kadar asetil dan derajat substitusi juga semakin tinggi.

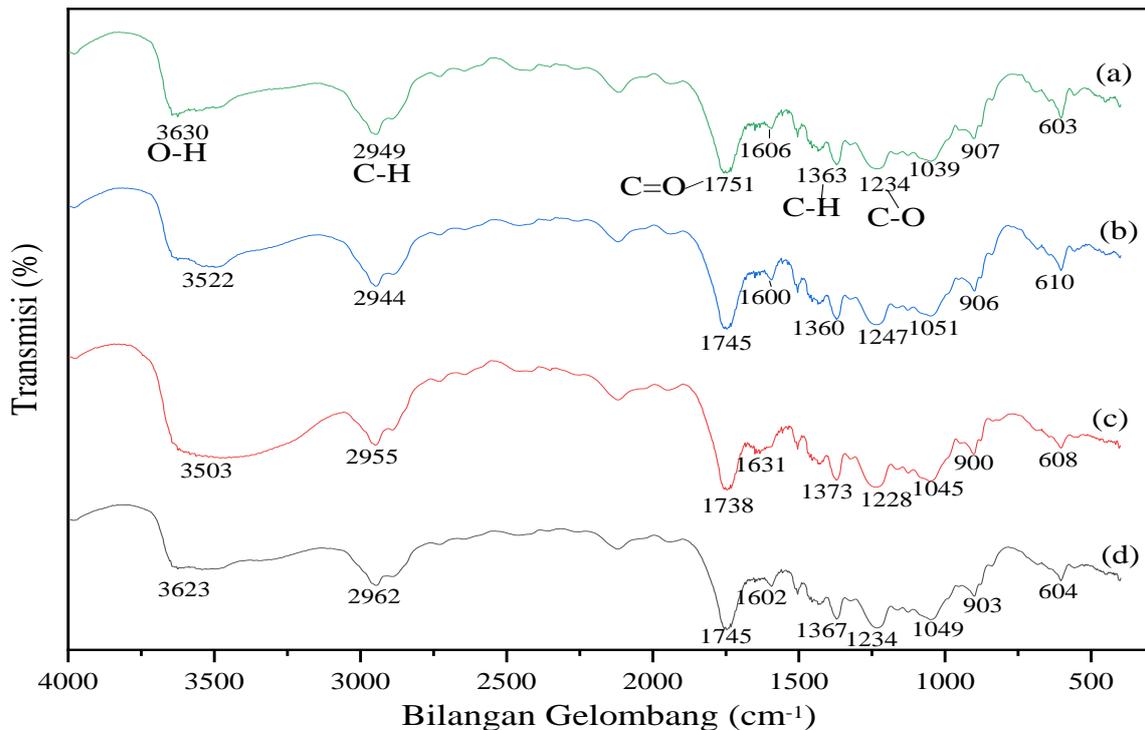
Analisis Gugus Fungsi Menggunakan Spektroskopi FTIR

Analisa menggunakan FTIR (*Fourier Transform infrared spectra*), ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis selulosa asetat dengan mengidentifikasi pola serapan khas dan perubahan gugus fungsi selulosa asetat dari sabut buah lontar (Indah *et al.*, 2021). Berdasarkan analisis spektroskopi FTIR dengan sampel selulosa asetat dari sabut lontar dengan variasi volume anhidrad asetat didapatkan hasil spektrum inframerah pada Gambar 11 serta perbandingannya dengan selulosa asetat komersial ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan spektrum selulosa asetat dari sabut lontar dengan komersial.

Selulosa Asetat Komersial (Nurhayati dan Kusmawati, 2014)	Hasil Sintesis Selulosa Asetat dari sabut lontar dengan variasi volume anhidrad asetat (mL)				Gugus Fungsi
	24	26	28	30	
3486	3630	3522	3503	3623	O-H regangan
2960	2949	2944	2955	2962	C-H regangan
1754	1751	1745	1738	1745	C=O regangan
1383	1363	1360	1373	1367	C-H bengkok
1238	1234	1247	1228	1234	C-O asetil
1049	1039	1051	1045	1049	C-O regangan

Dari Spektra FTIR hasil sintesis selulosa asetat dari sabut lontar dapat terlihat adanya serapan gugus C=O karbonil dan gugus C-O ester dari gugus asetil pada bilangan gelombang yang berkisar antara 1228-1247 cm^{-1} dan 1738-1751 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1738-1751 cm^{-1} terdapat puncak tajam yang menandakan terbentuknya senyawa selulosa asetat serta pada puncak tersebut terjadi penyusutan jumlah gugus hidroksil dikarenakan digantikan oleh gugus asetil. Sintesis selulosa asetat dikatakan berhasil apabila adanya puncak dari karbonil (C=O) dan ester (C-O) dari gugus asetil (Asparingga *et al.*, 2018).



Gambar 2. Spektrum Inframerah Selulosa Asetat dari Sabut Lontar dengan Variasi Volume Anhidrida Asetat (a) 24, (b) 26, (c) 28, dan (d) 30 mL.

Berdasarkan spektrum FTIR hasil sintesis selulosa asetat disimpulkan bahwa, pembuatan selulosa asetat dari sabut buah lontar pada keempat variasi telah berhasil disintesis, ditandai dengan munculnya bilangan gelombang pada 1738-1751 cm^{-1} (C=O) dan 1227-1247 cm^{-1} (C-O) yang adalah karakteristik senyawa selulosa asetat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang sintesis selulosa asetat dari sabut buah lontar dengan variasi volume anhidrida asetat maka dapat disimpulkan bahwa volume optimum anhidrida asetat dalam sintesis selulosa asetat dari sabut buah lontar adalah 30 mL dan Karakteristik selulosa asetat sabut buah lontar hasil sintesis yaitu kadar air 0,34-3,68% memenuhi SNI No. 08-7070 tahun 2005, kadar asetil 38,05- 43,06%, derajat substitusi 2,28-2,79, dan tergolong jenis selulosa diasetat sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan pembuatan membran, perekat film, pembuatan bioplastik dan filter masker.

SARAN

Berdasarkan penelitian ini disarankan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai volume optimum asam asetat glasial dalam proses sintesis selulosa asetat. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian selulosa asetat sabut buah lontar yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugraini, A., Syahbanu, I., & Melati, H. A. (2018). Pengaruh Waktu Sonikasi Terhadap Karakteristik Selulosa. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 18–26.
- Ardiana, R., & Mitarlis. (2012). Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Furfural . *Utilization Rind*

- Of Siwalan Fruit (*Borassus Flabellifer L.*) *UNESA Journal of Chemistry*, 1(2), 69–74.
- Asparingga, H., Syahbanu, I., & Hairil Alimuddin, A. (2018). Pengaruh Volume Anhidrida Asetat pada Sintesis Selulosa Asetat Dari Sabut Kelapa (*Cocos nucifera L.*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 10–17.
- Baihaqi, L., Wisanti, & Putri, E. K. (2022). Pemanfaatan Tradisional dan Pengetahuan Lokal Tanaman Lontar (*Borassus flabellifer L.*) oleh Masyarakat Pamekasan Madura Traditional Uses and Local Knowledge of Lontar (*Borassus flabellifer L.*) in Pamekasan , Madura. *Journal.Unesa*, 11(2016), 208–216.
- Batu, M. S., Kolo, M. M., & Taek, M. F. (2023). *Utilization of Borrassus flabellifer L. Palm Coir Activated with Potassium Hydroxide (KOH) as an Efficient Adsorbent for Rhodamine B Dye Removal*. 11(June).
- Darmawan, M. T., Elma, M., & Ihsan, M. (2018). Sintesis Dan Karakterisasi Selulosa Asetat Dari Alfa Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 4(1), 50–55. <https://doi.org/10.20527/jukung.v4i1.4658>
- Fariha, C. N., Setiawan, A., & Ramadani, T. A. (2020). Karakterisasi Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*) dan Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca var . Raja*) dalam Proses Produksi Bioetanol. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri*, 3, 1–7.
- Fitriyano, G., & Abdullah, S. (1846). *Sintesis selulosa asetat dari pemanfaatan limbah kulit pisang diaplikasikan sebagai masker asap rokok*. November 2016, 1–7.
- Harianingsih, & Maharani, F. (2018). Karakterisasi Selulosa Asetat dari Ketela Pohon (*Manihot esculanta*). *Prosiding SNST Ke-9*, 1(1), 74–79.
- Indah, D. R., Hatimah, H., & Hulyadi. (2021). Efektivitas Ampas Tahu Sebagai Adsorben Logam Tembaga Pada Air Limbah Industri Mataram. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 8(2), 57–66.
- Lismeri, L., Zari, P. M., Novarani, T., & Darni, Y. (2016). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Batang Ubi Kayu Cellulose Acetate Synthesis from Cassava Stem. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 11(2), 82–91.
- Listyani, A. dwi. (2021). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*.
- Nurhayati, N., & Kusumawati, R. (2014). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 9(2), 97–107. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v9i2.103>
- Rehman, A., Jahan, Z., Sher, F., Noor, T., Khan Niazi, M. B., Akram, M. A., & Sher, E. K.(2022). Cellulose acetate based sustainable nanostructured membranes for environmental remediation. *Chemosphere*, 307(P1), 135736.
- Rohmawati, U., Rimasani, A., Pamungkas, A. J. I., & Fillaeli, A. (2020). Optimalisasi Filtrasi Masker Kain Dengan Filter Cartridge Dari Limbah Sabut Kelapa Untuk Mewujudkan Sustainable Development Goals 2030. 2(September), 441–448.
- Sari, D. A. (2021). Sintesis Selulosa Asetat dari Selulosa Rumput Teki (*Cyperus rotundus L.*). 1–67. https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/18122/1/Desi_Aida_Sari_160704023_FST_KIM_085212570234.pdf.
- Siswati, D. N., Wachidah, A. N., Eka, A., & Ariyani, P. (2021). Selulosa asetat dari ampas sago cellulose acetate from sago waste. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 90–94.
- Wahab, H., Ahmadi, A., & Hulyadi, H. (2016). Perbandingan Volume Dan Massa Nutrien

- Optimum Pada Karakteristik Kimia Nata De Leri Dari Limbah Air Cucian Beras. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 4(1), 26. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v4i1.43>
- Wahyusi, K. N., Siswanto, & Utami, L. I. (2017). Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu Study of Acetylation Process on Acetyl Content of Cellulose Acetate From Bagasse. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 35–39.
- Yuliandri, A. (2020). Sintesis Selulosa Asetat dari Agar Rumput Laut Merah *Gracilaria vermiculophylla*. *Sains, Fakultas Teknologi, D A N Ar-Raniry, Universitas Islam Negeri Aceh, Banda*.
- Zul Amraini, S., Zahrina, I., Susanto, R., & Wulandari, R. (2020). Potensi Limbah Daun Nanas Dalam Pembuatan Selulosa Asetat Sebagai Bahan Filter Masker Kain. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2), 129–134.
- Zulaekha, R., Nawafil, S. A., Harianti, S. F., Mujiburohman, M., Hidayati, N., Kimia, T., & Surakarta, U. M. (2018). Isolasi Alfa Selulosa Batang Pisang Klutuk (*Musa balbisiana colla*). *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2(2), 129–134.