

SINTESIS SELULOSA DARI LIMBAH AMPAS TEBU (*Saccharum Officinarum L.*) DENGAN METODE HIDROLISIS ASAM DAN ULTRASONIKASI

SYNTHESIS OF CELLULOSE FROM SUGAR CANE BAGASSE WASTE (*Saccharum Officinarum L.*) USING ACID HYDROLYSIS AND ULTRASONICATION METHOD

Balqis Saniatul Mukarromah dan Dina Kartika Maharani*

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

* Corresponding author, email: dinakartika@unesa.ac.id

Abstrak. Produksi pabrik gula yang tiap tahun meningkat dapat menyebabkan peningkatan limbah ampas tebu tiap tahunnya. Alternatif yang dapat dilakukan untuk meminimalisir peningkatan limbah ampas tebu adalah dengan memanfaatkannya sebagai selulosa. Kandungan selulosa pada ampas tebu yakni sebesar 52,7%, hemiselulosa 20%, dan lignin sebesar 24,2%. Proses sintesis nanoselulosa dilakukan dengan campuran metode kimiawi dan mekanik, yaitu dengan hidrolisis asam dan ultrasonikasi dengan hasil rendemen akhir sebesar 39,96%. Hasil spektrum FTIR antara ampas tebu murni dengan selulosa ampas tebu terisolasi menunjukkan perubahan yang menandakan bahwa sintesis yang dilakukan telah berhasil menghilangkan komponen non-selulosa seperti lignin dan hemiselulosa. Setelah dilakukan proses sintesis selulosa, muncul bahu kecil pada sudut 2θ sebesar $14,5^\circ$ yang menandakan bahwa proses sintesis telah berhasil menghilangkan sebagian besar struktur amorf seperti lignin dan hemiselulosa. Selulosa ampas tebu terisolasi menunjukkan dua puncak difraksi pada sudut 2θ sebesar $16,2^\circ$ dan $22,2^\circ$ yang merupakan karakteristik khas dari selulosa tipe I.

Kata kunci : selulosa, ampas tebu, hidrolisis asam, ultrasonikasi

Abstract. The increasing production of sugar mills each year leads to a corresponding rise in sugarcane bagasse waste. An alternative approach to minimize this growing waste is to utilize bagasse as a source of cellulose. Sugarcane bagasse contains approximately 52.7% cellulose, 20% hemicellulose, and 24.2% lignin. The synthesis of nanocellulose was carried out using a combination of chemical and mechanical methods, namely acid hydrolysis and ultrasonication, resulting in a final yield of 39.96%. The FTIR spectra of raw bagasse compared to isolated bagasse cellulose showed changes indicating that the synthesis process successfully removed non-cellulosic components such as lignin and hemicellulose. After the cellulose synthesis process, a small shoulder appeared at a 2θ angle of 14.5° , indicating that the synthesis successfully eliminated most of the amorphous structures, such as lignin and hemicellulose. The isolated bagasse cellulose exhibited two diffraction peaks at 2θ angles of 16.2° and 22.2° , which are characteristic of cellulose type I.

Key words: cellulose, sugar cane bagasse, acid hydrolysis, ultrasonication

PENDAHULUAN

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*) banyak dibudidayakan dalam jumlah yang besar di negara-negara tropis seperti Indonesia, menurut data dari BPS (Badan Pusat Statistik) tahun 2022, produksi tanaman tebu di Indonesia pada tahun 2017–2019 mencapai 5,1 juta ton dan mengalami

peningkatan menjadi 5,3 juta ton pada tahun 2020–2022. Adanya peningkatan produksi tebu di Indonesia, mengakibatkan meningkatnya jumlah produksi limbah yang tidak diinginkan seperti ampas tebu, sehingga perlu disediakan tempat untuk mengolah limbah tersebut. Berat ampas tebu bisa mencapai 30% dari berat tanaman tebu,

apabila limbah tebu tidak diolah dengan benar, maka akan mengalami penumpukan. Penumpukan limbah tebu dalam waktu tertentu dapat menimbulkan permasalahan lingkungan karena dapat mencemari lingkungan dan menyita lahan untuk penyimpanannya, selain itu limbah tebu juga mudah terbakar. Upaya pemanfaatan limbah tebu saat ini cukup bervariasi, seperti dimanfaatkan untuk pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, sebagai biofuel, dan dapat dimanfaatkan di industri kertas, namun upaya ini masih kurang maksimal untuk meminimalisir jumlah limbah tebu [1]. Alternatif lain yang dapat dilakukan untuk meminimalisir peningkatan limbah tebu adalah dengan memanfaatkan ampas tebu sebagai selulosa. Kandungan selulosa pada ampas tebu yakni sebesar 52.7%, hemiselulosa 20%, dan lignin sebesar 24.2% [2].

Selulosa dapat diekstraksi dari berbagai macam bahan biomassa lignoselulosa seperti kulit pisang [3], sekam padi [4], ampas tebu [5], dan kulit Nangka [6]. Selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk penguat pada pembuatan komposit, sehingga dengan menambahkan selulosa ampas tebu yang kaya akan selulosa, hemiselulosa, dan lignin ke dalam matriks bahan seperti plastik atau logam dapat menghasilkan suatu komposit yang lebih kuat dan tahan lama. Selain itu, selulosa yang terekstraksi dari ampas tebu menjadi lebih ramah lingkungan [7]. Proses isolasi nanoselulosa dari serat lignoselulosa biasanya dilakukan *pre-treatment*, *bleaching*, dan hidrolisis. Proses *pre-treatment* dan *bleaching* dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan unsur non selulosa seperti lignin, hemiselulosa, dan pektin. Sedangkan proses hidrolisis dilakukan bertujuan untuk memutus ikatan nanoselulosa yang bersifat amorf dari nanoselulosa kristalin [8].

Metode campuran hidrolisis asam dengan mekanik merupakan cara yang sering digunakan pada proses isolasi nanoselulosa, salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Tibolla (2018) dengan melakukan metode campuran mekanik dan kimiawi pada proses isolasi nanoselulosa dari limbah kulit pisang. Fungsi dari *pre-treatment* yaitu untuk menghilangkan lignin pada serat selulosa. Proses *bleaching* setelah dilakukan *pre-treatment* bertujuan untuk menghilangkan sisa kotoran dan berkontribusi pada modifikasi warna sampel menjadi lebih pudar, karena menghilangkan sisa lignin dan tanin [9].

Berdasarkan latar belakang di atas, perlu dilakukan pemanfaatan ampas tebu lebih lanjut untuk mengurangi peningkatan limbah yang dihasilkan oleh pabrik gula, sehingga penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah ampas tebu untuk diisolasi menjadi selulosa berkualitas tinggi yang akan dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD untuk mengetahui keberhasilan sintesis.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah ampas tebu, 2% dan 12% NaOH, 7,25% H₂O₂, 1% H₂SO₄, dan aquadest.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi neraca analitik, kaca arloji, gelas kimia 1000 mL dan 100 mL, gelas ukur 10 mL dan 100 mL, labu ukur 100 mL, corong kaca, kertas saring, termometer, cawan petri, ayakan 80 mesh, *stopwatch*, *chopper*, *hot plate magnetic stirrer*, sentrifuge, ultrasonifikasi, pH meter, pipet tetes, oven, *freeze dry*, FTIR, dan XRD.

Prosedur Penelitian

Ampas tebu mula-mula dicuci bersih dan dipotong kecil-kecil, kemudian dikeringkan pada suhu 80 °C selama 48 jam. Ampas tebu kering diblender hingga menghasilkan serbuk ampas tebu halus yang kemudian disaring dengan menggunakan saringan ukuran 80 mesh. 20 gram ampas tebu dicampurkan dengan 400 mL larutan NaOH 2% dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 3 jam, kemudian larutan disaring dan dibilas dengan aquadest hingga pH netral. Proses diulang dengan menggunakan larutan NaOH 12% pada suhu 80 °C selama 2 jam. Larutan disaring dan dibilas menggunakan aquadest hingga pH netral. Proses selanjutnya yaitu *bleaching*, residu yang telah disaring ditambahkan 100 mL larutan H₂O₂, kemudian dipanaskan pada suhu 75 °C selama 15 menit. Larutan disaring dan dibilas menggunakan aquadest hingga pH netral. Kemudian dilanjutkan proses hidrolisis asam yaitu dengan menambahkan 100 mL larutan H₂SO₄ dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam. Larutan disaring dan dibilas menggunakan aquadest hingga pH netral dan residu disimpan pada suhu 4 °C [10]. Residu dicentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit, kemudian diultrasonikasi dengan spesifik amplitude 70% pada suhu 60 °C selama 2

jam. Suspensi selulosa yang terbentuk dilakukan proses *freeze dry* hingga menghasilkan serbuk selulosa [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil % Rendemen Selulosa

% Rendemen selulosa yang diperoleh dari proses isolasi ampas tebu dihitung menggunakan persamaan (1)

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \quad (1)$$

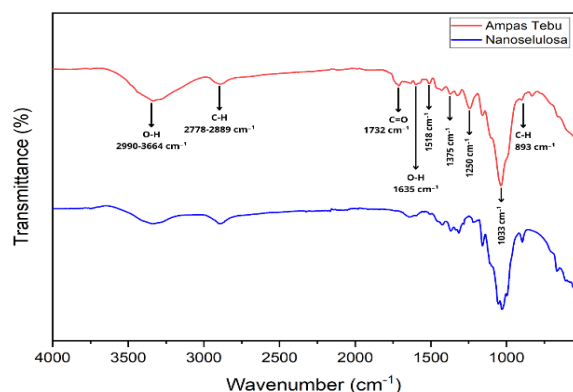
Tabel 1. Nilai Rendemen Selulosa Ampas Tebu

Proses	Massa (g)	Rendemen (%)
Basa 1	40,01	79,78
Basa 2	34,38	68,55
Bleaching	24,44	48,73
Hidrolisis	20,04	39,96
Asam		

Presentase rendemen selulosa ampas tebu dihitung dengan perbandingan massa selulosa kering dengan massa ampas tebu awal sebesar 50,15 gram. Nilai rendemen selulosa akhir yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 39,96%. Pada penelitian yang telah dilakukan Ardie (2017) diberikan perlakuan hidrolisis asam dengan konsentrasi H_2SO_4 sebesar 3% didapatkan % rendemen selulosa sebesar 37% [12].

Karakterisi FTIR

Karakterisasi FTIR dapat digunakan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi yang terdapat pada ampas tebu hingga menjadi selulosa. Serat ampas tebu murni memiliki tiga unsur penting, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat diidentifikasi melalui pita serapan. Pita serapan ampas tebu murni dan selulosa ditunjukkan pada Gambar 1.

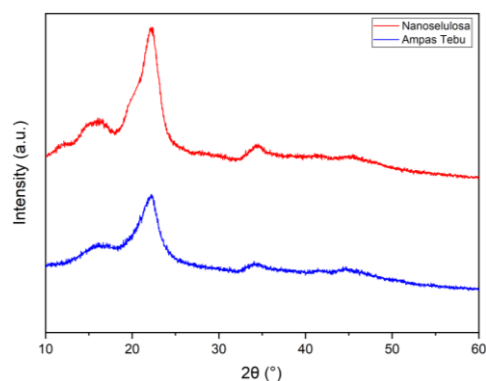


Gambar 1. Spektra FTIR ampas tebu murni dan nanoselulosa ampas tebu

Spektra FTIR di atas menunjukkan beberapa perubahan bilangan gelombang. Komponen penting penyusun ampas tebu murni seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin berada pada rentang bilangan gelombang 2990 – 3664 cm^{-1} yang menunjukkan adanya getaran regangan gugus hidroksil (-OH). Setelah proses sintesis nanoselulosa, pita serapan tersebut mengalami penurunan, hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat penurunan material dalam menyerap kelembaban. Selain itu, penurunan pita serapan pada rentang tersebut mengindikasikan bahwa komponen amorf seperti lignin dan hemiselulosa telah hilang. Pita serapan pada daerah 2776 – 2889 cm^{-1} menunjukkan adanya regangan gugus alifatik (-CH), daerah ini tetap terlihat pada spektra FTIR ampas tebu murni maupun nanoselulosa karena gugus C-H umumnya ditemukan pada struktur selulosa dan turunannya, hal ini menunjukkan bahwa proses hidrolisis asam dan ultrasonikasi tidak mempengaruhi perubahan kerangka karbon utama pada selulosa. Pada bilangan gelombang 1732 cm^{-1} yang muncul pada spektra FTIR ampas tebu murni menunjukkan adanya getaran regangan gugus karbonil (C=O) yang berasal dari hemiselulosa dan lignin. Setelah proses sintesis nanoselulosa, puncak pada bilangan gelombang tersebut hilang, sehingga dapat dikatakan bahwa proses sintesis telah berhasil menghilangkan komponen non-selulosa [13]. Pita serapan berikutnya terdapat pada daerah 1518, 1375, dan 1250 cm^{-1} yang mengindikasikan getaran rangka aromatik dari lignin. Setelah proses sintesis, pita pada bilangan gelombang 1250 cm^{-1} mengalami penurunan signifikan yang menandakan bahwa unsur lignin telah berkurang. Pada bilangan gelombang 1033 cm^{-1} dan 897 cm^{-1} mengalami peningkatan setelah proses sintesis nanoselulosa, bilangan gelombang tersebut menunjukkan adanya getaran regangan gugus C-O dan C-H. Peningkatan pada bilangan gelombang tersebut menandakan bahwa selulosa murni telah terbentuk [14].

Karakterisasi XRD

Karakterisasi XRD dapat digunakan untuk mengetahui fasa dan keberhasilan dari proses sintesis. Data yang diperoleh dari instrumen ini disajikan dalam grafik sudut difraksi 2θ dan intensitas. Gambar 2. merupakan difraktogram yang diperoleh dari hasil uji XRD pada ampas tebu murni dan nanoselulosa.



Gambar 2. Hasil difaktogram XRD ampas tebu dan nanoselulosa

Analisis XRD pada nanoselulosa ampas tebu menunjukkan dua puncak difraksi pada sudut 2θ sebesar $16,2^\circ$ dan $22,2^\circ$ yang berkaitan dengan bidang kristal (1-01) dan (002). Kedua puncak tersebut merupakan karakteristik khas dari selulosa tipe I yang biasanya ditemukan pada berbagai macam bahan lignoselulosa [13]. Setelah dilakukan proses sintesis nanoselulosa, terlihat muncul bahu kecil pada sudut 2θ sebesar $14,5^\circ$ yang berkaitan dengan bidang (110), hal tersebut menandakan bahwa proses sintesis telah berhasil menghilangkan sebagian besar struktur amorf seperti lignin dan hemiselulosa yang sebelumnya terkandung dalam ampas tebu murni. Puncak difraksi pada penelitian ini telah sesuai dengan puncak difraksi nanoselulosa pada penelitian yang telah dilakukan oleh [15]. Analisis XRD ampas tebu dan nanoselulosa tersebut dapat dikonfirmasi bahwa puncak difraksi yang diperoleh hampir sama dalam data standar JCPDS 00-050-22411 [16].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil sintesis nanoselulosa yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat perubahan pada pita serapan spektrum FTIR antara ampas tebu murni dengan nanoselulosa ampas tebu. Perubahan tersebut menandakan bahwa sintesis yang dilakukan telah berhasil menghilangkan komponen non-selulosa seperti lignin dan hemiselulosa, serta dapat mempertahankan struktur dasar selulosa. Selain itu, karakterisasi dengan FTIR dapat menunjukkan bahwa nanoselulosa yang disintesis dari ampas tebu murni telah mengalami peningkatan kristalinitas. Puncak difraksi nanoselulosa ampas tebu yang diperoleh dari karakterisasi XRD menunjukkan karakteristik khas dari selulosa tipe I dan telah menandakan bahwa proses sintesis

berhasil menghilangkan sebagian struktur amorf seperti lignin dan hemiselulosa yang terkandung dalam ampas tebu murni.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. D. Saptati, N. Hidayati, S. Kurniawan, N. W. Restu, and B. Ismuyanto, "Kandungan Ampas Tebu," vol. 3, no. 4, 2016.
- [2] A. Fadilla, V. Amalia, I. Ryski Wahyuni, J. Kimia, F. Sains dan Teknologi, and U. Sunan Gunung Djati Bandung, "Pengaruh Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Zat Pengisi Plastik Biodegradable berbasis Pati Kulit Singkong (*Manihot fsculenta*)," *Gunung Djati Conf. Ser.*, vol. 34, pp. 69–80, 2023, [Online]. Available: <https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/view/1940>
- [3] V. Kumar *et al.*, "Potential of banana based cellulose materials for advanced applications: A review on properties and technical challenges," *Carbohydr. Polym. Technol. Appl.*, vol. 6, no. September, p. 100366, 2023, doi: 10.1016/j.carpta.2023.100366.
- [4] N. Samsalee, J. Meerasri, and R. Sothornvit, "Rice husk nanocellulose: Extraction by high-pressure homogenization, chemical treatments and characterization," *Carbohydr. Polym. Technol. Appl.*, vol. 6, no. August, p. 100353, 2023, doi: 10.1016/j.carpta.2023.100353.
- [5] J. E. James and H. I. Maarof, "Production of cellulose from sugarcane bagasse for adsorption of copper ions," *Desalin. Water Treat.*, vol. 257, no. September 2021, pp. 204–212, 2022, doi: 10.5004/dwt.2022.28173.
- [6] C. Trilokesh and K. B. Uppuluri, "Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from jackfruit peel," *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-53412-x.
- [7] M. A. Mahmud and F. R. Anannya, "Sugarcane bagasse - A source of cellulosic fiber for diverse applications," *Heliyon*, vol. 7, no. 8, p. e07771, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07771.
- [8] A. B. Nugraha, A. Nuruddin, and B. Sunendar, "Isolasi Nanoselulosa Terkarboksilasi dari Limbah Kulit Pisang

- Ambon Lumut dengan Metode Oksidasi,” *J. Sci. Appl. Technol.*, vol. 5, no. 1, p. 236, 2021, doi: 10.35472/jsat.v5i1.413.
- [9] H. Tibolla, F. M. Pelissari, J. T. Martins, A. A. Vicente, and F. C. Menegalli, “Cellulose nanofibers produced from banana peel by chemical and mechanical treatments: Characterization and cytotoxicity assessment,” *Food Hydrocoll.*, vol. 75, pp. 192–201, 2018, doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.08.027.
- [10] M. S. Anjarwati, A. Meidinariasty, and M. Yerizam, “Sintesis Selulosa Asetat dari Ampas Tebu sebagai Bahan Baku Biodegradable Foam,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 7160–7167, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i4.5893.
- [11] E. KUSTIYAH, D. NOVITASARI, L. A. WARDANI, H. HASAYA, and M. WIDIANTORO, “Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Metode Melt Intercalation,” *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 24, no. 2, pp. 300–306, 2023, doi: 10.55981/jtl.2023.993.
- [12] A. Surya Pradana *et al.*, “Pemanfaatan Ampas Tebu Untuk Pembuatan Pulp,” *Pros. Semin. Nas.*, vol. 6, no. Desember, p. 2, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29103/sntk.v4.2024>
- [13] K. Charoensopa, K. Thangunpai, P. Kong, T. Enomae, and W. Ploysri, “Extraction of Nanocellulose from the Residue of Sugarcane Bagasse Fiber for Anti-Staphylococcus aureus (S. aureus) Application,” *Polymers (Basel)*, vol. 16, no. 11, 2024, doi: 10.3390/polym16111612.
- [14] L. M. Dewi, “Sintesis Nanokristal Selulosa Dari Ampas Tebu Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga(Ii) Synthesis of Cellulose Nanocrytals From Bagasse and Application As a Copper(Ii) Metal Ion Adsorben,” *Eprints.Unram.Ac.Id*, no. Ii, 2023.
- [15] J. Gong, J. Li, J. Xu, Z. Xiang, and L. Mo, “Research on cellulose nanocrystals produced from cellulose sources with various polymorphs,” *RSC Adv.*, vol. 7, no. 53, pp. 33486–33493, 2017, doi: 10.1039/c7ra06222b.
- [16] O. A. Oyewo, A. Adeniyi, B. B. Sithole, and M. S. Onyango, “Sawdust-Based Cellulose Nanocrystals Incorporated with ZnO Nanoparticles as Efficient Adsorption Media in the Removal of Methylene Blue Dye,” *ACS Omega*, vol. 5, no. 30, pp. 18798–18807, 2020, doi: 10.1021/acsomega.0c01924.