

Karakteristik Selulosa Mikrokrystal dan Proses Delignifikasi pada Isolasi dari Berbagai Sumber Limbah Alami

Characteristics of Microcrystalline Cellulose and Delignification Process on Its Isolation from Various Natural Waste Sources

Setia Permana^{1,2}, Fikri Alatas^{1,*}

¹Kelompok Keilmuan Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

²PT. Sinkona Indonesia Lestari, Ciater-Subang, Indonesia

*Email Korespondensi: fikri.alatas@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan selulosa mikrokrystal dalam bidang farmasi umumnya digunakan sebagai eksipien dalam bentuk sediaan tablet. Selulosa mikrokrystal dihasilkan dari proses isolasi selulosa alfa berbagai limbah alami melalui beberapa tahapan proses. Salah satu tahap proses isolasi adalah pemisahan lignin dari selulosa atau delignifikasi yang merupakan tahapan proses yang paling sulit. Kajian literatur ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik khas selulosa mikrokrystal dan proses delignifikasi dari berbagai limbah alami. Artikel review ini ditulis bersumber dari 38 artikel jurnal nasional dan internasional yang terbit pada 10 tahun terakhir (2013-2023) setelah dilakukan penapisan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Selulosa mikrokrystal dapat dianalisis dengan metode *Fourier transform infrared* (FTIR), *powder X-ray diffraction* (PXRD), *scanning electron microscope* (SEM), dan *differential scanning calorimetry* (DSC) dan hasil analisis tersebut bisa menunjukkan identitas, kemurnian, indeks kristalinitas, dan morfologinya. Sebagian besar perlakuan alkali pada proses delignifikasi menggunakan natrium hidroksida dan atau natrium sulfit yang dilanjutkan dengan proses pemutihan dengan natrium klorit atau hidroksi peroksida yang bergantung pada bagian tanamannya. Proses delignifikasi di bagian tanaman yang lunak, seperti daun dan kulit buah umumnya menggunakan larutan natrium hidroksida dan natrium klorit, sementara untuk bagian tanaman yang lebih keras, seperti batang menggunakan natrium hidroksida dan natrium sulfit.

Kata Kunci: selulosa mikrokrystal, sumber selulosa, karakteristik, isolasi, delignifikasi

Abstract

The use of microcrystalline cellulose in the pharmaceutical field is generally used as an excipient in tablet dosage forms. Microcrystalline cellulose is produced from the process of isolating alpha cellulose

from various natural wastes through several stages of the process. One of the stages of the isolation process is the separation of lignin from cellulose or known as the delignification process which is the most difficult process stage. This literature review aims to determine the characteristics of microcrystalline cellulose and its isolation process from various natural wastes. This review article was written based on 38 national and international journal articles published in the last 10 years (2013-2023) after being screened based on inclusion and exclusion criteria. Microcrystalline cellulose can be analyzed using the Fourier transform infrared (FTIR) method, powder X-ray diffraction (PXRD), scanning electron microscope (SEM), and differential scanning calorimetry (DSC) and the results of the analysis can show identity, purity, crystallinity index, and morphology. Most alkali treatments in the delignification process use sodium hydroxide and/or sodium sulfite followed by a bleaching process with sodium chlorite or hydroxy peroxide depending on the part of the plant. The delignification process for soft plant parts, such as leaves and fruit skin, generally uses sodium hydroxide and sodium chlorite solutions, while for harder plant parts, for example stems, sodium hydroxide and sodium sulfite are usually used.

Keywords: microcrystalline cellulose, cellulose sources, characteristics, delignification

Diterima: 04 Agustus 2023

Disetujui: 31 Oktober 2024

DOI: <https://doi.org/10.25026/jsk.v6i5.2005>



Copyright (c) 2024, Jurnal Sains dan Kesehatan (J. Sains Kes.).
Published by Faculty of Pharmacy, University of Mulawarman, Samarinda, Indonesia.
This is an Open Access article under the CC-BY-NC License.

Cara Sitasi:

Permana, S., Alatas, F., 2024. Karakteristik Selulosa Mikrokrystal dan Proses Delignifikasi pada Isolasinya dari Berbagai Sumber Limbah Alami. *J. Sains Kes.*, 6(5). 797-807. **DOI:** <https://doi.org/10.25026/jsk.v6i5.2005>

1 Pendahuluan

Selulosa mikrokrystal adalah salah satu bentuk selulosa yang memiliki struktur kristal yang kecil dan teratur. Selulosa mikrokrystal banyak digunakan sebagai eksipien dalam tablet untuk memberikan kekerasan dan kekakuan yang dibutuhkan [1]. Kemampuan selulosa mikrokrystal dapat meningkatkan kekompakan campuran kompresi tablet dan sifat alir masa cetak tablet pada tablet yang dibuat secara kempa langsung [2]. Selulosa mikrokrystal dapat diperoleh dengan melakukan proses hidrolisis menggunakan asam pada alfa selulosa. Alfa selulosa diperoleh dari berbagai jenis tanaman yang memiliki serat dan karakteristik partikel serbuknya berpori

sehingga mampu menyerap dan mengembangkan dalam air [3].

Indonesia memiliki variasi tanaman berserat yang banyak dibuang sebagai limbah suatu proses. Limbah-limbah dari tanaman ini bisa dimanfaatkan sebagai sumber selulosa mikrokrystal yang berpotensi dalam pengembangan obat. Sumber selulosa mikrokrystal dapat diperoleh dari berbagai serat tanaman berkayu, kapas dan Jerami [4–6]. Untuk memperoleh selulosa mikrokrystal diperlukan tahap isolasi dari serat tanaman tersebut. Proses isolasi selulosa meliputi proses *Pretreatment* alkali, delignifikasi, dan *bleaching*.

Proses *pretreatment* alkali berfungsi untuk merenggangkan antara ikatan lignin dengan

selulosa (lignoselulosa) dan mengurangi tingkat polimerisasi dan kristalinitas selulosa. Proses delignifikasi bertujuan untuk memisahkan antara lignin dengan kandungan lignoselulosa lainnya. *Bleaching* dilakukan untuk proses menghilangkan lignin sehingga diperoleh serbuk selulosa berwarna putih [7]. Teknik proses penghilangan lignin atau delignifikasi dilakukan dengan perlakuan oleh katalis asam untuk memperoleh serat selulosa mikrokrystal. Katalisasi menggunakan asam dapat mendegradasi daerah amorf pada serat selulosa dan membuat stabil gerakan elektrostatik yang disebabkan dari terjadinya *drafting* kelompok klorida. Proses degradasi pada rantai selulosa dengan menggunakan katalis asam dilakukan dengan beberapa tahapan diantaranya pembentukan molekul rendah dengan memutus rantai makromolekul dengan reaksi pada suhu tinggi yang menyebabkan pemecahan lignin menjadi partikel dan selanjutnya terlepas dari selulosa [8]. Dari sudut pandang teknologi, kandungan lignin merupakan parameter penting untuk mengoptimalkan proses *pretreatment* yang diperlukan untuk mengisolasi *pulp* selulosa murni. Lignin dianggap sebagai senyawa kimia yang paling sulit dihilangkan dari bahan lignoselulosa [9]. Proses delignifikasi sangat berpengaruh terhadap kemurnian selulosa. Variasi sumber limbah alami dengan tekstur yang beragam pada tiap bagian tanaman memerlukan perlakuan alkali yang berbeda-beda untuk dapat menghasilkan kemurnian selulosa mikrokrystal yang optimal. Ketepatan penggunaan bahan-bahan kimia dalam proses delignifikasi akan menghasilkan kemurnian selulosa mikrokrystal tinggi. Berdasarkan hal tersebut, kajian literatur secara sistematis ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang dan karakteristik khas selulosa mikrokrystal dan proses delignifikasi dari berbagai limbah alami.

2 Metode Penelitian

Studi penyusunan artikel ini menggunakan metode penelusuran referensi pada jurnal nasional dan internasional dengan bantuan mesin pencari google scholar dan pubMed menggunakan kata kunci isolasi, karakterisasi selulosa mikrokrystal, dan delignifikasi selulosa. Artikel jurnal yang dikumpulkan berjumlah 42 jurnal dan dilakukan penapisan berdasarkan

publikasi 10 tahun terakhir (2013-2023) dan menetapkan beberapa artikel jurnal berdasarkan kelengkapan dan kesesuaian terhadap kriteria dan tema studi literatur.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemanfaatan Selulosa mikrokrystal dalam Bidang Farmasi

Saat ini, kebutuhan bahan baku eksipien di industri farmasi dalam negeri sebagian besar masih diimpor dari negara lain, seperti Tiongkok dan India. Banyaknya sumber selulosa yang ada di Indonesia dapat menjadi peluang untuk memproduksi selulosa mikrokrystal di dalam negeri. Hal ini bisa dilakukan secara kontinyu dengan banyaknya sumber selulosa dari berbagai limbah alami [10]. Selulosa mikrokrystal di industri farmasi banyak digunakan sebagai eksipien pada formulasi tablet [11]. Selulosa mikrokrystal banyak digunakan baik sebagai bahan pengikat [12] maupun sebagai bahan pengisi [13]. Selulosa mikrokrystal yang digunakan di industri farmasi selama ini diperoleh dari bahan sintesis dan yang banyak digunakan adalah Avicel. Avicel sebagai eksipien memiliki harga relatif mahal, di mana penggunaan eksipien ini merupakan bagian terbesar dari komponen tablet sekitar 50-80%. Faktor ini yang membuat harga jual sediaan menjadi relatif mahal [1].

Di industri farmasi, selulosa mikrokrystal banyak digunakan sebagai salah satu bahan pembantu pada proses preparasi tablet secara kempa langsung [3]. Meskipun metode kempa langsung banyak disukai untuk pembuatan tablet namun dibutuhkan karakteristik serbuk dengan kompresibilitas baik [14].

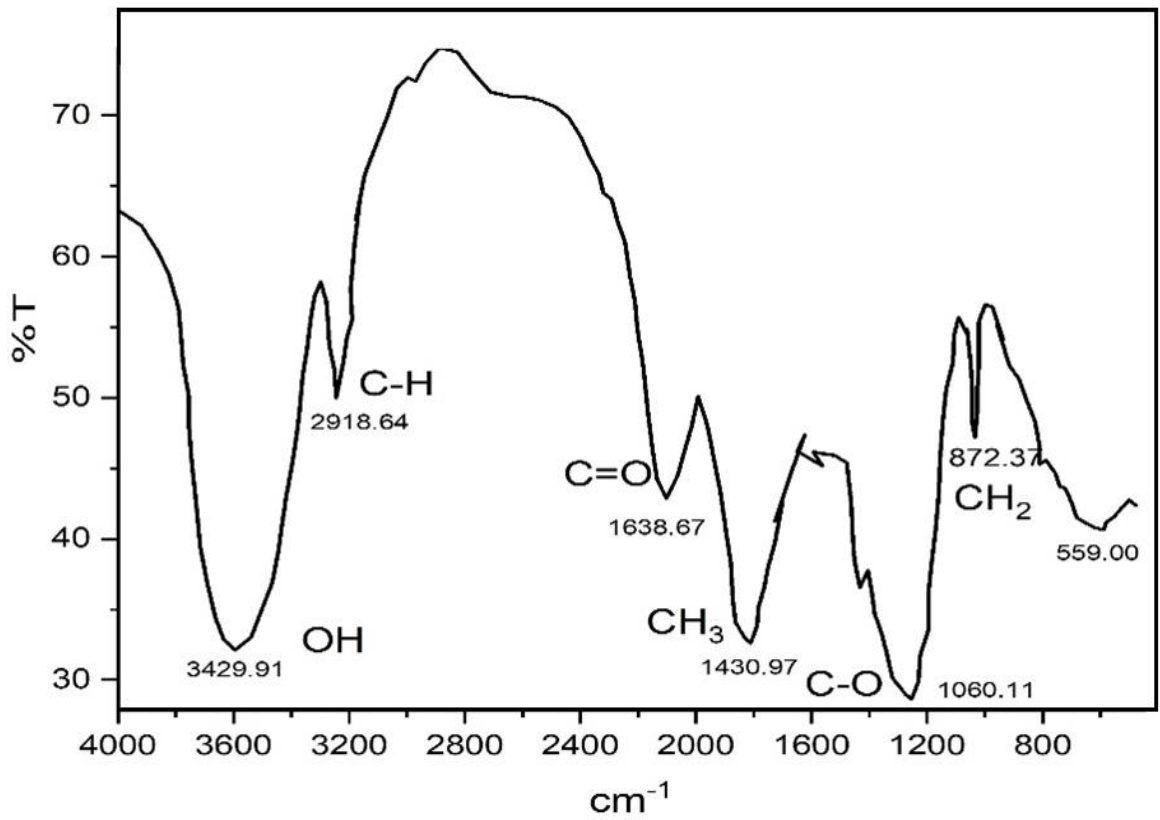
3.2 Karakteristik Selulosa Mikrokrystal

Selulosa mikrokrystal adalah alfa-selulosa yang sebagian terdepolimerisasi, dan pemurniannya sampai diperoleh warna putih, tidak berasa dan berbau, mempunyai derajat polimerisasi ≤ 350 , serta memiliki bentuk serbuk kristal yang terdiri dari partikel berpori [15]. Secara fisik, selulosa mikrokrystal umumnya berdiameter 50-500 μm dan panjangnya lebih dari 1 μm , serta memiliki sifat menarik lainnya, seperti toleransi panas yang tinggi, sifat biokompatibel, dan kemampuan penguat yang tinggi [16]. Karakterisasi selulosa mikrokrystal dapat dilakukan dengan

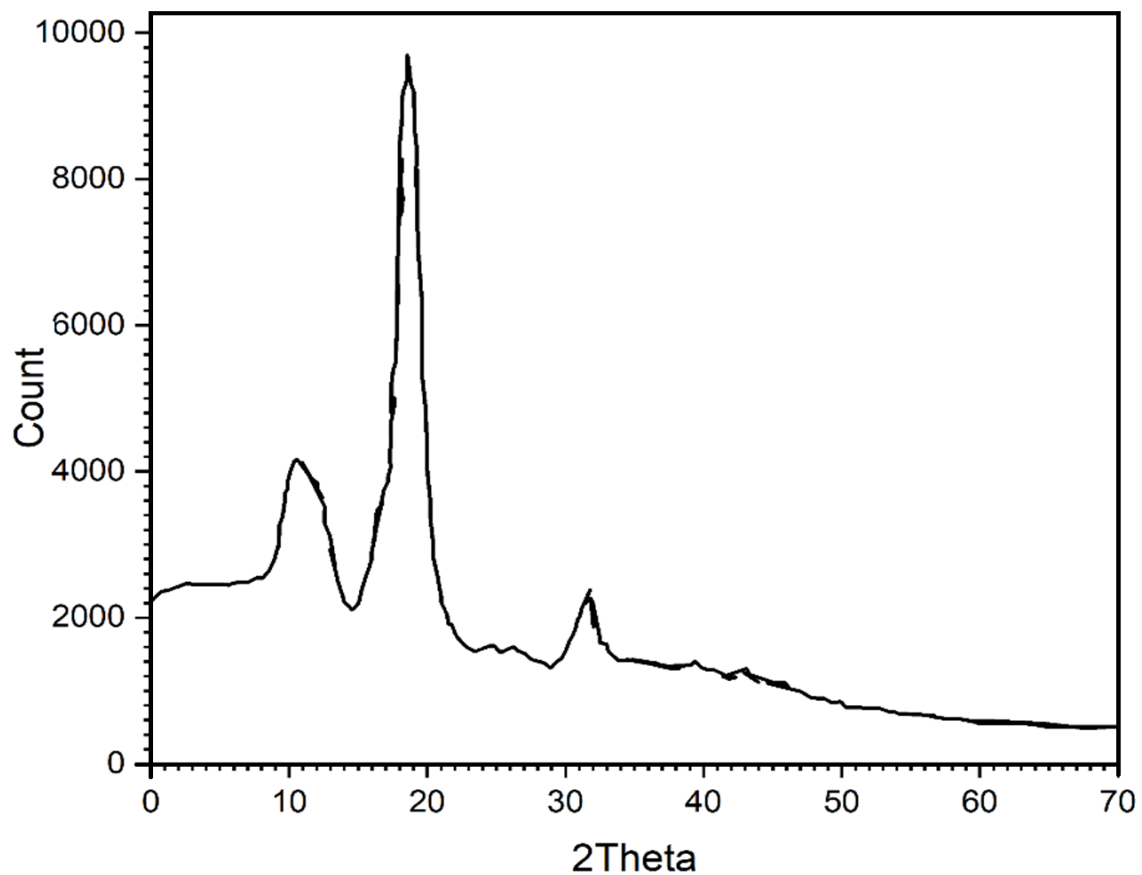
metode *Fourier transform infrared (FTIR)*, *powder X-ray diffraction (PXRD)*, *scanning electron microscope (SEM)*, dan *differential scanning calorimetry (DSC)*. Karakterisasi dengan metode FTIR pada selulosa mikrokrystal dilakukan untuk mengetahui sifat fisikokimianya, menentukan puncak dan kaitannya dengan gugus-gugus standar [17]. Karakterisasi dengan PXRD bertujuan untuk memperoleh indeks kristalinitas selulosa mikrokrystal yang diperoleh dari proses hidrolisis [18]. Karakterisasi dengan SEM

dilakukan untuk mengetahui morfologi selulosa yang diperoleh dari hasil isolasi maupun akibat pengaruh beberapa perlakuan [19]. Karakterisasi DSC merupakan teknik pengukuran energi yang terserap atau teremisikan oleh sampel terhadap pemanasan dan energi transisi pada temperatur tertentu dan digunakan untuk mengetahui perilaku termal, termasuk titik lebur selulosa mikrokrystal [20]. Karakteristik khas pada masing-masing metode ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik selulosa mikrokrystal yang dianalisis dengan berbagai metode

Metode Karakterisasi	Karakteristik Selulosa mikrokrystal	Pustaka
Fourier transform infra Red (FTIR)	 Selulosa mikrokrystal yang baik, akan menunjukkan keberadaan getaran renggang gugus O-H, C-H alkana, C-O eter dan alkohol berturut-turut pada bilangan gelombang sekitar 3344, 2884, 1316 dan 1024 cm^{-1}.	[21,22]

Powder X-
Ray
Diffraction
(PXRD)



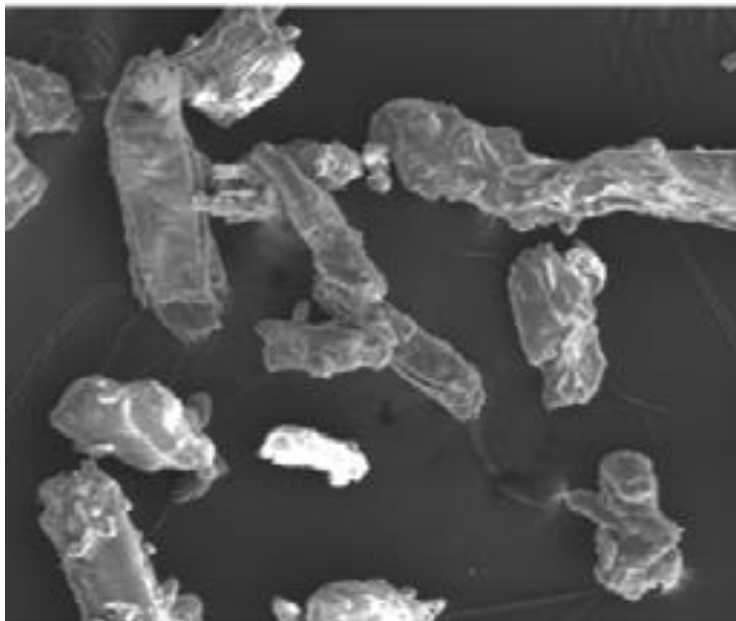
[23-25]

Pola difraksi sinar-X serbuk dari selulosa mikrokrystal ditunjukkan adanya puncak khas di sudut 2θ sekitar $18-19^\circ$ dan $22-23^\circ$. Indeks kristalinitas (CrI), dari sampel diperoleh sesuai dengan persamaan:

$$CrI = \frac{I_{002} - I_{amp}}{I_{002}} \times 100$$

Di mana I_{002} adalah intensitas puncak difraksi maksimum yang terkait dengan kisi kristal di sudut 2θ $22-23^\circ$ dan I_{amp} adalah puncak difraksi minimum yang terkait dengan bagian amorf di sudut 2θ $18-19^\circ$.

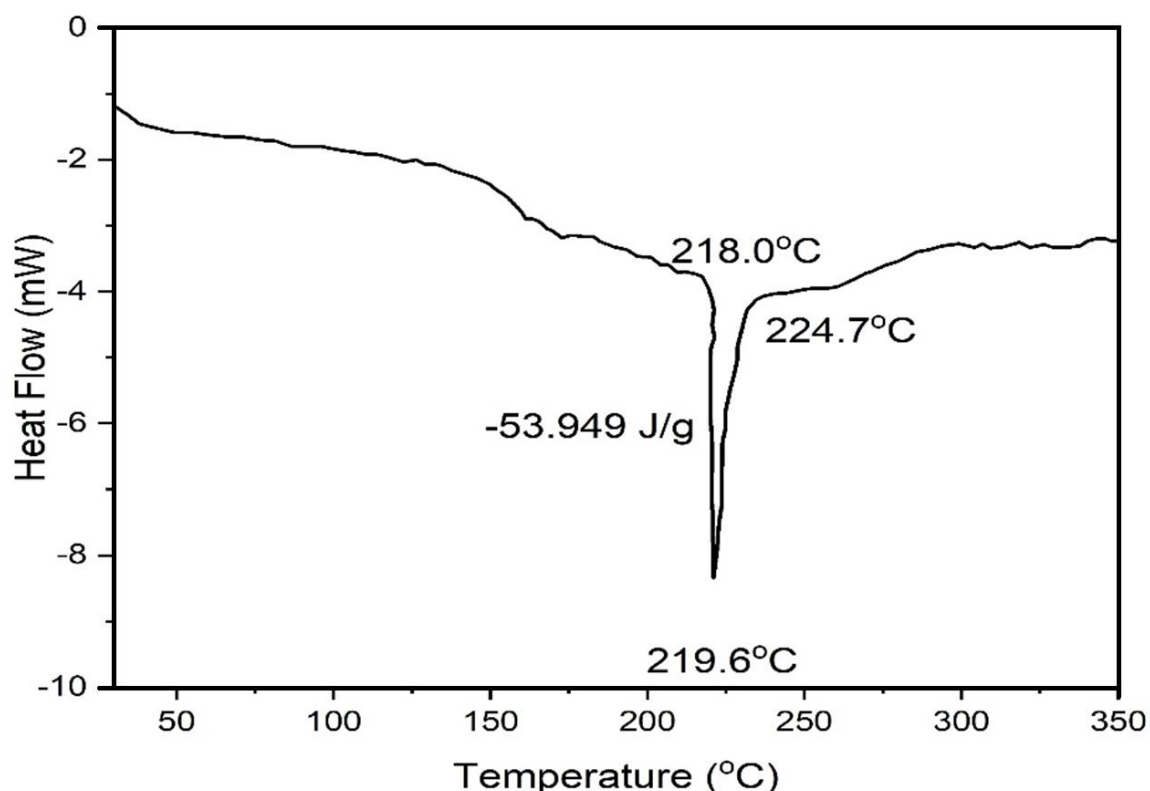
Scanning
Electron
Microscope
(SEM)



[1,9]

Fotomikrograf SEM bisa menunjukkan morfologi padatan, termasuk permukaan dan ukuran selulosa mikrokrystalin. Sebelum proses hidrolisis, selulosa menunjukkan bentuk yang tidak beraturan dalam bentuk fibril, luas permukaan kasar, dan sering teragregasi.

Diffraction
Scanning
Calorimetry
(DSC)



[11,26,27]

Selulosa mikrokrystal dari berbagai limbah memiliki titik lebur yang variatif tergantung kemurnian dan kristalinitasnya. Umumnya selulosa mikrokrystalin mulai melebur pada suhu diatas 200°C, di mana terjadinya penyerapan termal oleh sampel yang menyebabkan terjadinya transisi fase dari padat ke cair yang akibat melemahnya ikatan antar molekul selulosa.

3.3 Sumber dan Jenis Selulosa

Sumber selulosa secara komersial umumnya diperoleh dari tanaman berkayu dan bahan lignoselulosa non kayu [28]. Molekul selulosa terbentuk dari rantai lurus dari ratusan hingga puluhan ribu ikatan β -1,4 unit D-glukosa. Pada tiap monomer glukosa terdapat tiga gugus hidroksi (-OH). Rantai selulosa saling terikat membentuk fibril elementer dan kemudian penggabungan fibril elementer akan membentuk mikrofibril. Mikrofibril bergabung menjadi bentuk fibril lalu terbentuk serat-serat selulosa. Susunan-susunan serat selulosa akan menghasilkan daerah kristalin, jika susunan molekulnya teratur, dan menghasilkan daerah amorf, jika susunan molekulnya tidak teratur. Daerah kristalin dan amorf sangat bervariasi dan memiliki perbandingan sekitar 50-70% [9].

Berdasarkan tingkat polimerisasi dan kelarutannya dalam larutan natrium hidroksida selulosa terdapat beberapa jenis diantaranya, (1) selulosa alfa merupakan salah satu jenis selulosa yang memiliki rantai panjang dan sukar larut dalam larutan alkali kuat dengan tingkat

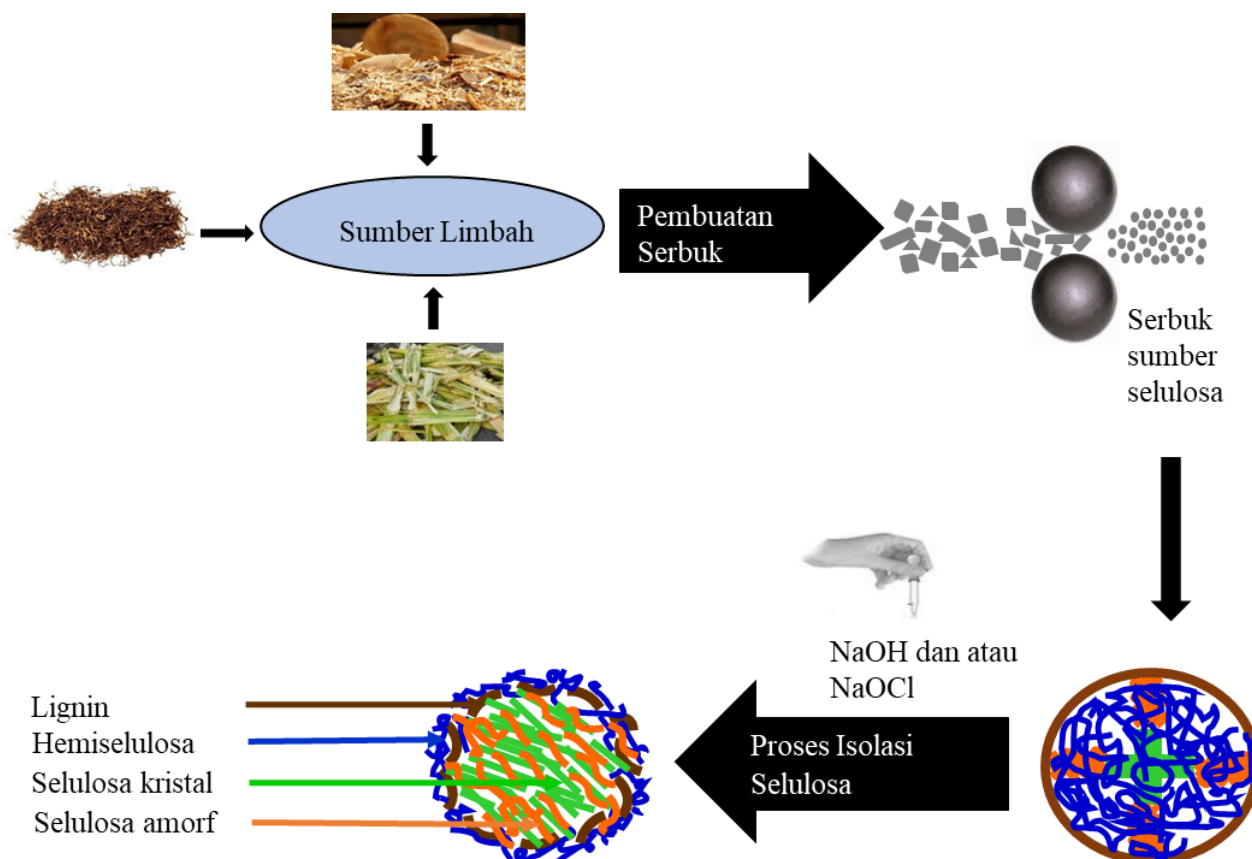
polimerisasi antara 600 hingga 1500. Selulosa alfa merupakan tingkat penentu untuk kemurnian selulosa, sehingga semakin tinggi kemurnian alfa selulosa maka semakin tinggi kualitas bahan tersebut, (2) Selulosa beta merupakan jenis selulosa berantai pendek dan larut dalam larutan alkali kuat dengan tingkat polimerisasi antara 600 hingga 1500, namun jika dinetralkan akan membentuk endapan, (3) Selulosa gamma memiliki sifat yang mirip dengan selulosa beta, namun tingkat polimerisasinya lebih kecil dari 15. Besarnya kandungan selulosa alfa menunjukkan kemurnian selulosa [29]. Selulosa larut di dalam larutan asam pekat yang menyebabkan pemecahan pada rantai selulosa dengan cara hidrolisis. Selulosa alfa merupakan jenis selulosa yang memiliki kualitas dan kemurnian yang tinggi [30].

3.4 Pembuatan Selulosa mikrokrystal

Pembuatan selulosa mikrokrystal terdiri dari dua proses penting, yaitu isolasi selulosa dari berbagai sumber dan proses hidrolisis selulosa alfa. Tahapan proses isolasi selulosa

secara lengkap ditampilkan pada Gambar 1. Proses Isolasi atau pemisahan selulosa dan α -selulosa dari lignin (delignifikasi) umumnya menggunakan metode pengolahan asam-alkali konsentrasi rendah. Perlakuan asam-alkali adalah metode paling efektif untuk isolasi selulosa individu dari struktur kompleks lignoselulosa. Perlakuan alkali adalah proses yang digunakan untuk melarutkan lignin dan pektin serta hemiselulosa yang tersisa. Hidrolisis asam digunakan untuk mendegradasi selulosa amorf [31]. Sebelum hidrolisis lakukan proses pemanasan pada suhu 105°C selama satu jam. Kemudian pisahkan sampel dari pelarutnya melalui proses penyaringan dan sampel yang telah disaring dibilas hingga diperoleh pH netral. [32]. Tahapan proses ini bertujuan untuk mempermudah proses pemecahan ikatan pentose/hemiselulosa sebelum penambahan larutan alkali yang dipanaskan [33]. Proses isolasi berikutnya pemanasan alkali dengan menggunakan larutan natrium hidroksida dan dipanaskan selama satu jam pada suhu 105°C. Perbandingan sampel dengan natrium

hidroksida adalah 1:20 [34]. Tahapan proses ini terjadi pembentukan pulp selulosa yang dan sebagai residu yang terbentuk merupakan selulosa alfa, karena selulosa alfa tidak larut dalam natrium hidroksida atau basa kuat, dengan terjadinya seperti ini dapat digunakan untuk melakukan degradasi polimer lignin yang terlarut dalam air, oleh sebab itu tahapan proses ini disebut sebagai proses delignifikasi. Lignin terlarut akibat adanya pemindahan ion hidrogen pada gugus hidroksil yang terdapat di struktur lignin [32]. Lignin adalah salah satu bahan aromatik yang paling umum dengan struktur amorf tiga dimensi. Lignin terdiri dari unit fenilpropana yang memiliki gugus fungsi seperti eter, karboksil, dan karbonil, serta hidroksil aromatik dan alifatik. Berbagai macam sifat, termasuk aktivitas antibakteri, antimikroba, dan antioksidan, dihasilkan dari adanya berbagai gugus fungsi [35]. Delignifikasi menyebabkan terjadinya penyelubungan pada dinding sel yang diseling dalam struktur microfibril selulosa dan menyebabkan terikatnya serat di antara lignin [36].



Gambar 1. Proses isolasi selulosa.

Tabel 2. Proses delignifikasi dan rendemen selulosa dari berbagai sumber limbah

Sumber limbah	Proses Delignifikasi	Hasil selulosa	Pustaka
Limbah Daun Teh	Perlakuan alkali dengan menghilangkan lignin menggunakan larutan natrium hidroksida 4 % dan dipanaskan pada suhu 80°C dengan pengadukan mekanis. Setelah tiga jam, serat disaring dari larutan natrium hidroksida dan dicuci dengan air suling beberapa kali untuk menghilangkan kelebihan natrium hidroksida. Proses alkali ini diulang sebanyak tiga kali. Selanjutnya, proses pemutihan atau <i>bleaching</i> menggunakan natrium klorit 1,7%, dapar asetat (2,7 g natrium hidroksida dan 7,5 mL asam asetat glasial dalam 100 mL akuades), dan air. Kemudian dipanaskan pada suhu 80°C dengan pengadukan mekanis. Setelah empat jam, serat disaring dan dicuci. Perlakuan ini diulangi sampai warna serat berubah menjadi putih. Kemudian serat dikeringkan di udara pada suhu kamar.	Rendemen 87,9%	[19]
Limbah Kulit Jeruk Baby	Perlakuan alkali untuk menghilangkan lignin menggunakan larutan natrium hidroksida 17,5 % dan dipanaskan selama satu jam. Setelah dipanaskan, saring serbuk dan kemudian direndam dalam satu liter air dingin selama 24 jam untuk optimalisasi. Selanjutnya tambahkan natrium klorit 3,5% untuk memperoleh serbuk yang berwarna lebih putih bersih, dicuci sampai bebas alkali, dan dikeringkan.	Rendemen 82,53%	[10]
Limbah Batang Kayu Ubi	Perlakuan alkali untuk menghilangkan lignin menggunakan natrium sulfit 20% dengan perbandingan sampel:larutan, 1:20 yang dipanaskan pada suhu 105°C selama satu jam. Selulosa dipisahkan dari pelarut melalui proses penyaringan, dicuci dengan air, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C. Selulosa yang diperoleh dari proses delignifikasi dilarutkan dalam larutan hidrogen peroksida dengan perbandingan sampel:larutan, 1:20, dipanaskan pada suhu 60°C selama dua jam, dicuci, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C.	Rendemen 99,68%	[37]
Limbah Kulit Kacang Tanah	Perlakuan alkali dengan menghilangkan lignin menggunakan larutan NaOH 10% dan dipanaskan pada suhu 35°C dengan pengadukan mekanis. Setelah lima jam, serat disaring dan dicuci dengan air suling sebanyak dua kali. Sebanyak 25 g selulosa ditambahkan 100 ml air, 5 ml asam asetat 10%, dan 2 g natrium klorida, dan campuran tersebut dipanaskan di suhu 75°C selama satu jam sambil diaduk dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Selulosa dipisahkan dari pelarut melalui proses penyaringan, dan dikeringkan pada suhu 50°C selama 16 jam.	Rendemen 64,42%	[38]
Limbah Kulit Buah Kakao	Serat kulit buah kakao dilarutkan dengan larutan natrium hidroksida 4% pada suhu 80°C selama 2 jam, diikuti dengan pemutihan dengan larutan natrium klorit 1,7% (pH-nya diatur hingga 4 dengan penambahan asam asetat) pada suhu 80°C selama empat jam untuk mendapatkan serat selulosa. Campuran reaksi dalam setiap kasus dibiarkan mendingin hingga mencapai suhu kamar dan residunya dicuci dengan air. Serat selulosa ditempatkan di dalam oven bersuhu 60°C selama satu hari hingga diperoleh serat yang kering.	-	[25]
Limbah Batang Pisang	Perlakuan alkali untuk menghilangkan lignin menggunakan natrium sulfit 20% dengan perbandingan sampel:larutan, 1:10. Panaskan pada suhu 105°C selama dua jam. Selulosa dipisahkan dari pelarut melalui proses penyaringan, dicuci dengan air, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C. Proses selanjutnya proses pemutihan menggunakan larutan hidrogen peroksida dengan perbandingan sampel:larutan, 1:12. Panaskan pada suhu 60°C selama dua jam. Selulosa dipisahkan dari pelarut melalui proses penyaringan, dicuci dengan air, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C.	Rendemen 52,46%	[7]
Serat Rosella	Perlakuan pemutihan dilakukan dengan larutan natrium klorit 10,0% selama satu jam pada suhu 70-80°C. Rasio serat terhadap natrium klorit sebesar 1:60 (g/ml). Larutan diasamkan dengan asam asetat sampai pH 4 tercapai. Serat yang telah diputihkan disaring dan dicuci dengan air suling sebanyak dua kali untuk mendapatkan warna serat yang putih kekuningan. Serat yang telah diputihkan lalu dikeringkan di oven bersuhu 60°C selama satu hari. Serat yang telah diputihkan kemudian dilarutkan dalam larutan natrium hidroksida 8,0% di suhu kamar selama tiga puluh menit dengan rasio serat dan larutan natrium hidroksida 1:50 (g/ml). Kemudian pulp yang telah diputihkan disaring, dicuci, dan dikeringkan di oven bersuhu 60°C selama satu hari.	-	[39]
Serat Batang Zaitun	Perlakuan pemutihan dilakukan dengan larutan natrium klorit 10% selama satu jam pada suhu 70-80°C. Rasio serat terhadap natrium klorit sebesar 1:60 (g/ml). Larutan diasamkan dengan asam asetat sampai pH 4 tercapai. Serat yang telah diputihkan disaring dan dicuci dengan air suling sebanyak dua kali untuk mendapatkan warna serat yang putih kekuningan. Serat yang telah diputihkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Kemudian, serat yang telah diputihkan dilarutkan dalam larutan natrium hidroksida 8% selama 30 menit pada suhu kamar dengan rasio serat dan larutan natrium hidroksida 1:50 (g/ml). Pulp yang telah diputihkan kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.	-	[40]
Serat batang Conocarpus	Perlakuan pemutihan dilakukan dengan 500 mL natrium klorit 2% (diasamkan dengan 5 mL asam asetat) selama dua jam pada suhu 80°C dengan pengadukan konstan, dan menghasilkan serat berwarna putih jernih. Residu serat yang telah diberi perlakuan natrium klorit disaring dengan air suling menggunakan kain nilon. Setelah itu, serat dilarutkan dengan 500 mL natrium hidroksida 5% selama lima jam pada suhu 80°C. Residu serat yang diolah dengan natrium hidroksida dinetralkan dengan air suling hingga pH 7 melalui kain nilon hingga menunjukkan warna putih.	-	[18]
Serat Kelapa Sawit	Serat kelapa sawit dilarutkan dengan larutan natrium hidroksida 4% pada suhu 80°C selama tiga jam. Perlakuan alkali ini dilakukan sebanyak tiga kali, dan setelah setiap perlakuan, serat disaring dan dicuci dengan air suling. Serat yang telah diolah dengan alkali kemudian diputihkan sebanyak tiga kali menggunakan buffer asetat (larutan 2,7 g natrium hidroksida dan 7,5 mL dapar asetat), klorit encer (1,7% b/v), dan air suling. Kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama empat jam. Serat yang telah diputihkan kemudian disaring, dicuci dengan air suling, dan dikeringkan di udara.	Rendemen 81,11%	[41]
Ampas Tebu	Perlakuan alkali dengan menghilangkan lignin menggunakan larutan natrium hidroksida 25% dengan perbandingan serat: larutan, 1:20. Kemudian dipanaskan pada suhu 105°C dengan pengadukan mekanis selama satu jam. Serat disaring dan dicuci dengan air suling berulang kali sampai pH netral. Serat yang telah diberi perlakuan natrium hidroksida kemudian direndam selama 15-20 menit menggunakan larutan natrium klorit, dengan rasio sampel-pelarut (1:8). Kemudian saring dan pulp yang telah disaring dibilas menggunakan akuades sampai dengan pH netral lalu keringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama satu hingga dua hari.	Rendemen 26,03%	[32]

Tahapan proses berikutnya yaitu *bleaching* di mana proses ini bertujuan untuk melepaskan sisa-sisa lignin dan karbohidrat yang belum seluruhnya terlepas dari pulp, sehingga pulp yang diperoleh berwarna putih dan hal ini disebabkan terbentuknya produk larut air akibat teroksidasi. Pulp dipisahkan dari larutan melalui proses penyaringan dan dibilas berulang menggunakan air sampai diperoleh pH netral. Pulp dikeringkan di dalam oven, dan pulp kering yang diperoleh disebut sebagai α -selulosa [34]. Berbagai studi tentang proses delignifikasi dari berbagai sumber limbah ditampilkan pada Tabel 2. Pada tabel tersebut, Sebagian besar perlakuan alkali pada proses delignifikasi menggunakan natrium hidroksida yang dilanjutkan dengan proses pemutihan dengan natrium klorit atau natrium sulfit bergantung pada bagian tanamannya.

Tahapan selanjutnya adalah hidrolisis selulosa untuk memperoleh selulosa mikrokrystal. Pada umumnya metode yang digunakan untuk proses sintesis selulosa mikrokrystal dari selulosa adalah metode hidrolisis dalam suasana asam [42]. Mekanisme hidrolisis asam ini adalah proses reaksi terperinci yang menggambarkan zat kimia yang berubah menjadi zat lain. Beberapa ikatan atau hubungan terputus dan ikatan baru terbentuk. Dengan demikian, mekanisme reaksi ini dapat melibatkan serangkaian kecil produk sampingan seperti atom, molekul, elektron, radikal bebas, dan elektron antar zat [9]. Perlakuan hidrolisis ini bertujuan untuk membuang bagian amorf sekaligus memisahkan selulosa mikrokrystal dari substrat selulosa. Sampel selulosa terhidrolisis kemudian diencerkan dengan air suling dingin untuk menghentikan reaksi asam [16]. Reaksi hidrolisis asam bisa dihentikan dengan mengencerkannya menggunakan air suling air dingin. Selulosa mikrokrystal yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan oven sampai berat konstan tercapai [40].

4 Kesimpulan

Selulosa mikrokrystal dihasilkan dari proses isolasi selulosa alfa menggunakan larutan asam encer menggunakan suhu tinggi yang berasal dari bahan tanaman berserat melalui beberapa tahapan proses isolasi.

Selulosa mikrokrystal memiliki karakteristik khas bila dianalisis dengan metode *Fourier transform infrared* (FTIR), *powder X-ray diffraction* (PXRD), *scanning electron microscope* (SEM), dan *differential scanning calorimeter* (DSC), sehingga bisa diketahui identitas, kemurnian, indeks kristalinitas, dan morfologinya. Kajian literatur menunjukkan bahwa proses delignifikasi bisa dilakukan menggunakan natrium hidroksida yang dilanjutkan dengan pemutihan dengan natrium klorit atau natrium sulfit. Bahan kimia yang digunakan pada proses delignifikasi untuk sumber bahan selulosa dari bagian tanaman yang lebih lunak, seperti daun dan kulit buah umumnya menggunakan natrium hidroksida dan natrium klorit, sementara untuk sumber bahan selulosa dari bagian tanaman yang lebih keras, seperti batang dapat menggunakan natrium hidroksida dan natrium sulfit.

5 Pernyataan

5.1 Penyandang Dana

Penulisan artikel ini tidak didanai dari sumber manapun.

5.2 Kontribusi Penulis

Semua penulis berkontribusi dalam penulisan artikel ini.

5.3 Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan.

6 Daftar Pustaka

- [1] Adiyati Rum, I., Lestari, H., Santoso, R., 2018. Preparasi dan karakterisasi selulosa mikrokrystal dari nata de pina sebagai bahan eksipien dalam sediaan tablet. *Journal of Pharmacopolium* 1(3): 149–61.
- [2] Ivanovic, J., Djuriš, J., Medarevic, D., 2020. Tableting properties of microcrystalline cellulose obtained from wheat straw measured with a single punch bench top tablet press 28: 710–8, Doi: 10.1016/j.jsps.2020.04.013.
- [3] Agustin, N., Abdassah, M., 2021. Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Pharmaceutical Journal of Indonesia* 18(01): 111–21.
- [4] Ramos, M., Laveriano, E., Sebasti, L.S., Perez, M., Jim, A., Vallverdú-queral, A., et al., 2023. Rice straw as a valuable source of cellulose and

- polyphenols : Applications in the food industry. Trends in Food Science & Technology 131(April 2022): 14–27, Doi: 10.1016/j.tifs.2022.11.020.
- [5] Kale, R.D., Shobha, P., Vikrant, B., 2018. Extraction of Microcrystalline Cellulose from Cotton Sliver and Its Comparison with Commercial Microcrystalline Cellulose. Journal of Polymers and the Environment 26(1): 355–64, Doi: 10.1007/s10924-017-0936-2.
 - [6] Bauli, C.R., Rocha, D.B., Oliveira, S.A. De., Rosa, D.S., 2019. Cellulose nanostructures from wood waste with low input consumption. Journal of Cleaner Production 211: 408–16, Doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.099.
 - [7] Lismeri, L., Darni, Y., Iqbal, M., S, M.D., 2017. Isolasi mikrofibril selulosa dengan pretreatment alkali dari limbah batang pisang. Prosiding Dalam Rangka Seminar Nasional Riset Industri Ke 3 (September): 40–5.
 - [8] Rewini, W., Kimia, K.J., 2017. Kajian tentang isolasi selulosa mikrokristalin (sm) dari limbah tongkol jagung. Jurnal Entropi 12(1): 105–8.
 - [9] Trache, D., Hussin, M.H., Hui Chuin, C.T., Sabar, S., Fazita, M.R.N., Taiwo, O.F.A., et al., 2016. Microcrystalline cellulose: Isolation, characterization and bio-composites application—A review. International Journal of Biological Macromolecules 93: 789–804, Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.09.056.
 - [10] Pratiwi, Y., Lestari, I., Falya, Y., Chasanah, U., Kusumo, D.W., 2022. Mikrokristalin selulosa dari limbah kulit jeruk baby (Citrus sinensis) 26(3): 119–23, Doi: 10.20956/mff.v26i3.22070.
 - [11] Anggraini, D., Susanti, E., Nurizky, S., 2018. Preparasi dan karakterisasi mikrokristalin selulosa daun nenas(Ananas comusus L. Merr). Jurnal Katalisator 3(2): 135–44.
 - [12] Thoorens, G., Krier, F., Leclercq, B., Carlin, B., Evrard, B., 2014. Microcrystalline cellulose, a direct compression binder in a quality by design environment - A review. International Journal of Pharmaceutics 473(1–2): 64–72, Doi: 10.1016/j.ijpharm.2014.06.055.
 - [13] Suksaeree, J., Monton, C., Chankana, N., Charoenchai, L., 2023. Microcrystalline cellulose promotes superior direct compressed Boesenbergia rotunda (L.) Mansf. extract tablet properties to spray-dried rice starch and spray-dried lactose. Arab Journal of Basic and Applied Sciences 30(1): 13–25, Doi: 10.1080/25765299.2022.2153527.
 - [14] Bala, R., Khanna, S., Pawar, P., 2013. Formulation and optimization of fast dissolving intraoral drug delivery system for clobazam using response surface methodology. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research 4(3): 151–9, Doi: 10.4103/2231-4040.116785.
 - [15] Schuh, V., Allard, K., Herrmann, K., Gibis, M., Kohlus, R., Weiss, J., 2013. Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages. Meat Science 93(2): 240–7, Doi: 10.1016/j.meatsci.2012.08.025.
 - [16] Azum, N., Jawaid, M., Kian, L.K., Khan, A., Alotaibi, M.M., 2021. Extraction of microcrystalline cellulose from washingtonia fibre and its characterization. Polymers 13(18): 1–11, Doi: 10.3390/polym13183030.
 - [17] Ningsi, S., Nining Iklasita, Munifah Wahyuddin, & S.S., 2020. Karakterisasi mikrokristalin selulosa dari kulit jagung pulut (Zea mays L. Var Ceratina Kulesh). Jurnal Kesehatan (December): 53–9.
 - [18] Fouad, H., Kian, L.K., Jawaid, M., Alotaibi, M.D., Alothman, O.Y., Hashem, M., 2020. Characterization of microcrystalline cellulose isolated from conocarpus fiber. Polymers 12(12): 1–11, Doi: 10.3390/polym12122926.
 - [19] Rahman, N.H.A., Chieng, B.W., Ibrahim, N.A., Rahman, N.A., 2017. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from tea leaf waste fibers. Polymers 9(11): 1–11, Doi: 10.3390/polym9110588.
 - [20] Silitonga, N., Tarigan, N., Saragih, G., 2019. Pengaruh konsentrasi NaOH pada karakteristik α -selulosa dari pelepah kelapa sawit. Jurnal Ready Star 2(1): 103–8.
 - [21] Nurhayati, N., Kusumawati, R., 2014. Sintesis selulosa asetat dari limbah pengolahan agar. Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan 9(2): 97, Doi: 10.15578/jpbkp.v9i2.103.
 - [22] Ardiana, C., 2019. Isolasi dan karakterisasi selulosa mikrokristal dari nata de coco untuk bahan pembuatan tablet. Jurnal Life Science 1(2): 1–7, Doi: 10.31980/jls.v1i2.681.
 - [23] Suryadi, H., Sutriyo., Angeline, M., Murti, M.W., 2018. Characterization of microcrystalline cellulose obtained from enzymatic hydrolysis of alpha-cellulose and its application. Journal of Young Pharmacists 10(2): s87–92, Doi: 10.5530/jyp.2018.2s.17.
 - [24] Choi, M., Kang, Y.-R., Lim, I.-S., Chang, Y.H., 2018. Structural characterization of cellulose obtained from extraction wastes of graviola (Annona muricata) leaf. Preventive Nutrition and Food Science 23(2): 166–70, Doi: 10.3746/pnf.2018.23.2.166.
 - [25] Akinjokun, A.I., Petrik, L.F., Ogunfowokan, A.O., Ajao, J., Ojumu, T.V., 2021. Isolation and characterization of nanocrystalline cellulose from cocoa pod husk (CPH) biomass wastes. Heliyon 7(4): e06680, Doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06680.

- [26] Istinanda, R., Harlia, H., Alimuddin, A.H., 2018. Sintesis dan karakterisasi komposit zeolit-selulosa dari serat daun nanas (*Ananas comosus*) sebagai bahan pengisi cat tembok emulsi akrilik. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 7(3): 1–9.
- [27] Gichuki, J., Kareru, P.G., Gachanja, A.N., Ngamau, C., 2022. Characteristics of Microcrystalline Cellulose from Coir Fibers. *Journal of Natural Fibers* 19(3): 915–30, Doi: 10.1080/15440478.2020.1764441.
- [28] Pratiwi, Y., Lestari, I., Falya, Y., Chasanah, U., Kusumo, D.W., 2022. Isolasi α -selulosa, pembuatan & karakterisasi mikrokristalin selulosa (MCC) dari limbah kulit jeruk baby (*Citrus sinensis*). *Majalah Farmasi Dan Farmakologi* 26(3): 119–23, Doi: 10.20956/mff.v26i3.22070.
- [29] Diana, N.E., Septiadi, D., Usman, A., 2019. The effects of temperature on alpha-cellulose content and extraction result of tobacco stem. *Journal of Physics: Conference Series PAPER* 1280: 1–6, Doi: 10.1088/1742-6596/1280/2/022012.
- [30] Rivai, H., Hamdani, A.S., Ramdani, R., Lalfari, R.S., Andayani, R., Armin, F., et al., 2018. Production and characterization of alpha cellulose derived from rice straw (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 52(1): 45–8.
- [31] Galiwango, E., Abdel Rahman, N.S., Al-Marzouqi, A.H., Abu-Omar, M.M., Khaleel, A.A., 2019. Isolation and characterization of cellulose and α -cellulose from date palm biomass waste. *Heliyon* 5(12): e02937, Doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02937.
- [32] Nawangsari, D., 2019. Isolasi dan karakterisasi selulosa mikrokristal dari ampas tebu (*Saccharum Officinarum* L.). *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia* 16(2): 67–72.
- [33] Thakur, V.K., Thakur, M.K., 2014. Processing and characterization of natural cellulose fibers/thermoset polymer composites. *Carbohydrate Polymers* 109: 102–17, Doi: 10.1016/j.carbpol.2014.03.039.
- [34] Mohamad Haafiz, M.K., Eichhorn, S.J., Hassan, A., Jawaid, M., 2013. Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from oil palm biomass residue. *Carbohydrate Polymers* 93(2): 628–34, Doi: 10.1016/j.carbpol.2013.01.035.
- [35] S., S., Shabbirahmed, A.M., Haldar, D., Patel, A.K., Singhanian, R.R., 2023. Influence of reaction conditions on synthesis and applications of lignin nanoparticles derived from agricultural wastes. *Environmental Technology and Innovation* 31: 103163, Doi: 10.1016/j.eti.2023.103163.
- [36] Tribot, A., Amer, G., Abdou Alio, M., de Baynast, H., Delattre, C., Pons, A., et al., 2019. Wood-lignin: Supply, extraction processes and use as bio-based material. *European Polymer Journal* 112(October 2018): 228–40, Doi: 10.1016/j.eurpolymj.2019.01.007.
- [37] Lismeri, L., 2020. Preparasi dan karakterisasi mikrokristalin selulosa dari limbah ubi kayu. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri (JTII)* 1(1), Doi: 10.23960/jtii.v1i1.11.
- [38] Coniwanti, P., Dani, M., Daulay, Z.S., 2015. Pembuatan natrium karboksimetil selulosa (Na-CMC) dari selulosa limbah kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* l.). *Jurnal Teknik Kimia* 21(4): 58–65.
- [39] Kian, L.K., Jawaid, M., Ariffin, H., Alothman, O.Y., 2017. Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from roselle fibers. *International Journal of Biological Macromolecules* 103: 931–40, Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.05.135.
- [40] Kian, L.K., Saba, N., Jawaid, M., Fouad, H., 2020. Characterization of microcrystalline cellulose extracted from olive fiber. *International Journal of Biological Macromolecules* 156: 347–53, Doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.04.015.
- [41] Chieng, B.W., Lee, S.H., Ibrahim, N.A., Then, Y.Y., Loo, Y.Y., 2017. Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from oil palm mesocarp fiber. *Polymers* 9(8): 1–11, Doi: 10.3390/polym9080355.
- [42] Amalia, A.R., Kumara, R.F., Putri, N.P., 2019. Manufacturing of bioplastics from cellulose empty fruit bunches waste with addition of glycerol as plasticizer. *Konversi* 8(2): 69–76, Doi: 10.20527/k.v8i2.6839.