

Kajian Karakterisasi SEM pada Mikrokrystalin Selulosa Kulit Sukun (*Artocarpus astilis*) Melalui Proses Hidrolisa

Rinette Visca*, Siti Nurjanah dan Novita Yuliana

Fakultas Teknologi Industri, Program Studi Teknik Kimia
Universitas Jayabaya

*) *Corresponding author*: rinettevisca@ftijayabaya.ac.id

(Received: 10 Oct 2020 • Revised: 05 Nov 2020 • Accepted: 10 Nov 2020)

Abstract

lignocellulose. The process is carried out to obtain microcrystalline cellulose-based on breadfruit peel according to the standard of Handbook of Pharmaceutical Excipients, Farmakope Indonesia, dan SNI 0494:2008, which include the manufacture of breadfruit peel powder, α -cellulose isolation stage, delignification, bleaching, and hydrolysis. The results of the isolation from the breadfruit peel in the form of microcrystalline cellulose powder were characterized. The microcrystalline cellulose characterization includes the water content test, organoleptic test, determining pH, permanganate number test, morphology analysis with SEM-EDS. The results showed that the water content was 4,24%. It has pH 6.8 has met Indonesian Pharmacopoeia. The results of the permanganate number test showed lignin levels of 5.13 % had met SNI 0494: 2008 with a maximum of 6%. SEM-EDS analysis showed that the crystal size ranged from 46.20 - 48.80 μm , the surface was uneven, and the cellulose was stretched. Microcrystalline cellulose of breadfruit peel was dominated by C 47,56 %, O 51,67 %, and Al 0,77 %.

Abstrak

Selulosa merupakan salah satu polimer biodegradabilitas dan komponen biomassa terbanyak di alam, yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi industri. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh mikrokrystalin selulosa dengan memanfaatkan limbah kulit sukun yang mengandung lignoselulosa dalam memenuhi pasokan kebutuhan industri dalam negeri. Proses yang dilakukan untuk memperoleh mikrokrystalin selulosa berbasis kulit sukun sesuai persyaratan standar *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Farmakope Indonesia, dan SNI 0494:2008 yang meliputi pembuatan serbuk kulit sukun, tahap isolasi α -selulosa, delignifikasi, pemutihan dan hidrolisa. Hasil isolasi dari kulit sukun berupa serbuk mikrokrystalin selulosa dikarakterisasi. Adapun karakterisasi mikrokrystalin selulosa yang dilakukan meliputi pengujian kadar air, uji organoleptik, penentuan pH, bilangan permanganat, dan analisa morfologi menggunakan SEM-EDS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air sebesar 4.24 % yang memenuhi standar *Handbook of Pharmaceutical Excipients* yaitu maksimum 5 %. Mikrokrystalin selulosa memiliki pH 6.8 sesuai dengan persyaratan Farmakope Indonesia dalam rentang pH 5.0-7.5. Hasil uji bilangan permanganat diperoleh kadar lignin 5.13 % yang memenuhi SNI 0494:2008. Analisa SEM-EDS menunjukkan ukuran kristal berkisar antara 46,20 – 48,80 μm , permukaan tidak rata dan adanya renggangan pada selulosa. Mikrokrystalin selulosa kulit sukun didominasi oleh unsur C 47,56 %, O 51,67 %, dan Al 0,77 %.

Keywords: *α -cellulose, breadfruit peel, hydrolysis, microcrystalline cellulose, SEM-EDS*

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan Indonesia terhadap mikrokristalin selulosa terlihat dari data Badan Pusat Statistik yang menyebutkan data impor komoditas mikrokristalin selulosa dengan *HS Code* 39129090 pada tahun 2017 sebesar 3,471,275 kg/tahun (US\$ 25,024,995), tahun 2018 sebesar 4,269,139 kg/tahun (US\$ 26,628,483), dan tahun 2019 sebesar 4,359,762 kg/tahun (US\$ 27,309,530) [1, 2]. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor, perlu dikembangkan manufakturisasi mikrokristalin selulosa di Indonesia. Mikrokristalin selulosa berupa serbuk selulosa murni yang diisolasi dari α -selulosa sebagai pulp yang berasal dari bahan tanaman berserat [2]. Proses yang dilakukan untuk memperoleh mikrokristalin selulosa berbasis kulit sukun sesuai persyaratan standar yang meliputi pembuatan serbuk kulit sukun yaitu tahap isolasi α -selulosa, delignifikasi, bleaching pulp, dan hidrolisa. Proses delignifikasi bertujuan untuk melarutkan lignin yang terdapat pada kulit buah sekun sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat. Proses delignifikasi dilakukan dengan menggunakan larutan basa, salah satunya adalah NaOH [3]. Penelitian serupa terhadap mikrokristalin selulosa pernah dilakukan dari bahan baku jerami padi dengan delignifikasi terbaik diperoleh pada konsentrasi NaOH 10 % [4]. Hasil penelitian lainnya menyebutkan bahwa proses delignifikasi terbaik pada ubi kayu menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 25 % [5]. Setelah isolasi selulosa diikuti tahapan delignifikasi untuk menghilangkan lignin maupun hemiselulosa yang masih tersisa pada serat. Biasanya digunakan dalam proses *bleaching* berupa H_2O_2 dan NaOCl untuk menghilangkan/mencerahkan warna pulp [6]. Indonesia memiliki berbagai jenis buah-buahan dalam jumlah yang banyak, salah satunya buah sukun (*Artocarpus altilis*). Saat ini sukun dibudidayakan secara intensif di Cilacap, Malang, Talaud, dan Molo [11]. Sukun mengandung karbohidrat dan gizi yang baik seperti kalsium, posforus, dan vitamin C. Setiap pohon menghasilkan 200 – 700 buah sukun per tahun [7]. Tanaman sukun dapat menghasilkan limbah pertahun \pm 350 kg per pohon diantaranya berupa kulit dan isi [8]. Kulit buah sukun termasuk biomassa yang mengandung selulosa sehingga sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi mikrokristalin selulosa. Mikrokristalin selulosa mendapat banyak perhatian di bidang industri karena berasal dari sumber daya alam terbarukan dan biodegradabilitas. Kombinasi filler mikrokristalin selulosa dan matriks sangat penting untuk menghasilkan komposit berbasis selulosa yang lebih baik disebabkan kendala kompatibilitas antara hidrofilik polimer selulosa dan hidrofobik. Mikrokristalin selulosa umumnya dihidrolisis secara asam sehingga menyebabkan perubahan sebagian gugus hidroksil menjadi gugus ester sulfat. Keberadaan gugus hidroksil menyebabkan mikrokristalin selulosa bersifat hidrofilik sehingga kompatibilitas dengan matriks polimer yang bersifat hidrofobik sangat rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Sakuri [9] terhadap mikrokristalin selulosa dengan poliester tak jenuh sebagai matriks, melaporkan bahwa penambahan mikrokristalin selulosa ke poliester tak jenuh dapat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastis. Limbah pertanian memiliki beberapa keunggulan seperti harga rendah, biodegradabilitas, aksesibilitas mudah, dan sedikit korosif terhadap peralatan. Berbagai limbah pertanian ditambahkan dalam matriks polimer dan dicampur dengan gliserol, polietilen, polistirena, polivinil klorida, dan polipropilen. Misalnya penelitian bioplastik dari bahan baku gliserol, pati nangka, dan limbah biji coklat sebagai filler [10]. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka penelitian ini dilakukan untuk memperoleh mikrokristalin selulosa dengan memanfaatkan limbah kulit sukun yang mengandung lignoselulosa dalam memenuhi kebutuhan pasokan mikrokristalin selulosa dalam negeri. Kulit sukun mempunyai potensi sebagai sumber bahan baku selulosa pada produksi mikrokristalin selulosa [11], yang memiliki nilai jual tinggi dan mampu mengurangi limbah pertanian.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah sukun (*Artocarpus astilis*), air suling, asam asetat (CH_3COOH), natrium hidroksida (NaOH), hidrogen peroksida (H_2O_2), asam klorida (HCl), natrium nitrat (NaNO_3), natrium sulfit (Na_2SO_3), natrium hipoklorit (NaOCl), seng klorida (ZnCl_2), dan kalium iodide (KI).

Metode

Preparasi Sampel

Sampel kulit sukun dipotong kecil dengan ketebalan 1 cm. Potongan ini dikeringkan di dalam oven pada suhu 60-70 °C. Selanjutnya diblender dan diayak dengan *Shaker Digital* berukuran 80 mesh.

Isolasi α -selulosa

Isolasi α -selulosa bertujuan untuk memperlunak serat sebanyak 300 gram sampel kulit sukun ditambahkan larutan CH_3COOH 0,1 N yang sebelumnya telah dilarutkan dengan air suling dengan perbandingan 1:20. Pada suhu 105 °C proses de-hemiselulosa dilakukan dengan sampel dipanaskan pada *hot plate* selama satu jam. Setelah itu sampel dipisahkan dari pelarutnya dengan cara penyaringan dan pemerasan kemudian α -selulosa dibilas berulang hingga pH netral, maka α -selulosa menjadi terisolasi sebagai residu [12].

Delignifikasi

Pada tahap ini, sampel α -selulosa yang sudah dibilas dilarutkan dengan NaOH 25 % dengan perbandingan 1:20 dan dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan suhu 105 °C selama 1 jam, sehingga terbentuk pulp atau bubur. α -selulosa merupakan senyawa yang tidak larut dalam basa dan digunakan untuk mendegradasi polimer lignin yang kemudian akan larut ke dalam air. Dalam proses ini terbentuk pulp berwarna coklat pekat yang mengendap di dalam larutan NaOH . Kemudian serat tanaman dipisahkan kembali dari pelarutnya dengan cara penyaringan, pemerasan dan pencucian pulp menggunakan air suling hingga pH netral. Tahapan ini dikenal pula sebagai tahapan de-hemiselulosa dimana terjadi pemutusan ikatan pentosa yang menghasilkan pulp bebas hemiselulosa [13].

Pemutihan (*Bleaching*).

Pemutihan bertujuan menghilangkan sisa lignin dan karbohidrat yang tidak terpisah sempurna dalam pulp. Terjadi perubahan warna pulp menjadi lebih cerah atau putih. Sampel direndam selama 15-20 menit dalam larutan H_2O_2 3 % dalam perbandingan 1:8 (artinya 1 gram sampel setara dengan 8 gram pelarut). Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring dan dibilas hingga pH netral. Berikutnya pulp dikeringkan di dalam oven 50 °C selama 12-24 jam. Pulp kering yang diperoleh disebut α -selulosa.

Hidrolisa

Sebanyak 50 g α -selulosa dimasukkan ke *beaker glass*, kemudian dihidrolisis dengan 1,2 liter HCl 2,5 N dan dipanaskan hingga mendidih selama 15 menit. Selanjutnya ditambahkan air suling 100 ml ke dalam labu, direfluks selama 2 jam pada suhu 60 °C dan diamkan semalam. Selama proses hidrolisa terjadi pemisahan secara parsial pada penyusun mikrofibril serat dimana bentuk amorf akan putus sehingga membentuk mikrokristalin

kristalin yang tersusun teratur. Mikrokrystalin selulosa yang dihasilkan dicuci dengan air suling. Residu kering mikrokrystalin selulosa dikeringkan pada suhu 40 °C.

Pengujian Mikrokrystalin Selulosa

Pengujian terhadap serbuk mikrokrystalin selulosa hasil isolasi dari kulit sukun meliputi:

Kadar air

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan alat *moisture analyzer*. Sampel sebanyak 10 g dimasukkan dalam *moisture analyzer* yang sudah disetting untuk menghitung kadar airnya. Selanjutnya sampel diletakkan pada aluminium di dalam. *Moisture analyzer* ditutup dan ditunggu hasil kadar airnya. Kemudian hasil kadar air dicatat.

Uji Organoleptik

Uji organoleptik meliputi bentuk atau rupa, warna, rasa dan bau. Karakteristik bentuk organoleptik dari mikrokrystalin selulosa yaitu sampel diletakkan di atas dasar yang berwarna putih, dilihat bentuk atau rupa, warna, rasa, dan bau [15].

Penentuan pH

Penetapan pH dapat dilakukan dengan pH meter digital. Sebanyak 15 g serbuk mikrokrystalin selulosa ditambahkan dengan 100 mL akuades, diaduk selama 5 menit dan pH dari cairan supernatan diukur dengan pH meter.

Bilangan Permanganat

Berdasarkan SNI 0494:2008 sebanyak 3 gram mikrokrystalin selulosa dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambahkan 500 mL akuades, selanjutnya dilarutkan dengan *sonicator* [16]. Kemudian ditambahkan 100 mL H₂SO₄ 4 N dan 100 mL KMnO₄ 0,1 N. Setelah lima menit ditambahkan 20 mL KI 10 % kemudian dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,2 N hingga larutan berwarna kuning. Berikutnya ditambahkan larutan amilum 0,2 % sebagai indikator. Perlakuan di atas dilakukan dengan blanko tanpa menggunakan selulosa mikrokrystalin selulosa.

Penentuan Karakteristik Mikrokrystalin Selulosa

Karakterisasi mikrokrystalin selulosa yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur mikro morfologi permukaan dan ukuran dari kristal, diikuti *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui komposisi unsur sampel mikrokrystalin selulosa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrolisa Tepung Kulit Singkong

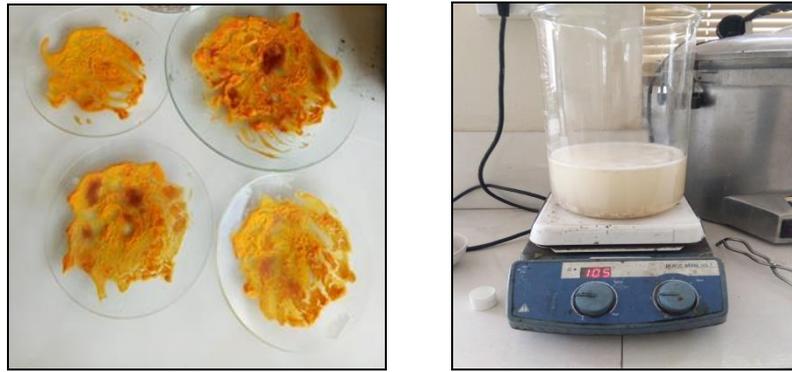
Kulit Serat selulosa tersusun dari jutaan serat mikrofibril. Serat mikrofibril ini terbagi menjadi dua bagian yaitu amorf dan kristalin. Bagian amorf terbentuk dari rantai selulosa dengan massa fleksibel, yang dapat larut dalam asam. Sedangkan bagian kristalin tersusun dari rantai polimer selulosa dengan ikatan linear yang kuat dan tidak dapat larut dalam asam. Bagian kristalin diisolasi sehingga menghasilkan mikrokristalin selulosa yang berkualitas tinggi sesuai standar Farmakope Indonesia [15].

Dalam proses isolasi α -selulosa kelarutan selulosa dimulai dengan degradasi struktur serat fibril dan akan menghasilkan disintegrasi yang sempurna menjadi molekul individual dengan panjang rantai yang tidak berubah. Lignin merupakan suatu polimer yang tersusun dari unit-unit fenil propana dengan berat molekul tinggi. Dalam degradasi struktur makromolekul terjadi penyisipan gugus kimia yang akan memecah ikatan-ikatan intramolekul dan melapisi molekul-molekul selulosa. Endapan hasil proses delignifikasi, berupa senyawa selulosa sehingga residu yang diperoleh disebut sebagai α -selulosa (Gambar 1). Pada proses ini terjadi pula pengembangan serat sehingga melarutkan garam mineral dan menghasilkan pulp berwarna kuning kecoklatan [16]. Oleh sebab itu dilakukan proses pemutihan dengan penggunaan H_2O_2 3%.

Pada proses delignifikasi saat pemanasan α -selulosa kulit sukun dan NaOH berlangsung, serat kulit melunak sehingga dapat menghilangkan hemiselulosa. Penelitian yang dilakukan oleh Kunusa [17] menunjukkan penggunaan NaOH dengan konsentrasi yang berbeda tidak mempengaruhi proses isolasi hemiselulosa karena senyawa ini larut dalam pelarut basa dimana NaOH menembus daerah amorf selulosa dan melarutkan bentuk selulosa lain seperti beta selulosa dan gamma selulosa sehingga yang tersisa hanya α -selulosa. Setelah itu dicuci dengan menggunakan air panas dengan tujuan menghilangkan sisa pelarut. Reaksi dengan suhu yang tinggi akan menyebabkan lignin terurai dan terlepas dari selulosa.

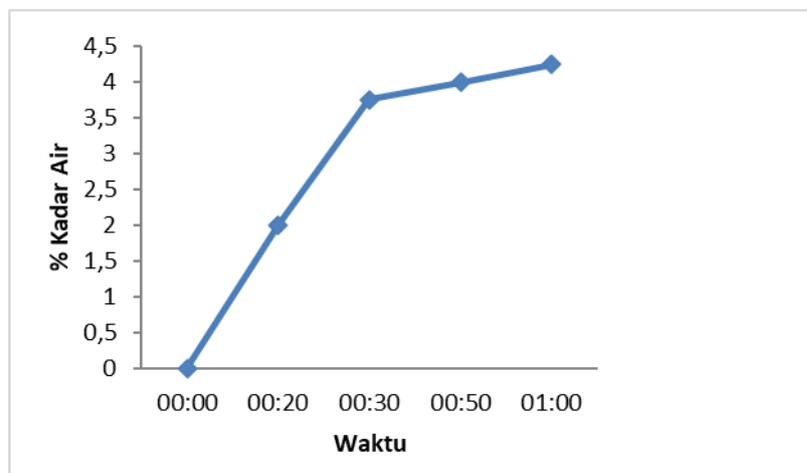
Pada tahap pemutihan penggunaan H_2O_2 dapat menghilangkan lignin dan hemiselulosa secara signifikan tanpa mengurangi serat selulosa. Hemiselulosa tersusun dari glukosa yang berantai pendek dan lebih mudah larut dalam air. Kandungan nonselulosa menghilang karena ikut terlarut dalam larutan [18]. Lignin yang masih tersisa pada residu dihilangkan dengan penambahan air panas.

Dalam proses hidrolisa terjadi degradasi pemecahan rantai makromolekul menjadi mikromolekul yaitu rantai selulosa menjadi mikrokristalin selulosa oleh HCl. Senyawa lignin bersifat mudah larut dalam asam atau basa. Refluks terhadap pulp berfungsi menghilangkan senyawa hipoklorit dan hemiselulosa. Selanjutnya residu yang diperoleh tersebut setelah dikeringkan menjadi mikrokristalin selulosa. Saat berlangsung proses delignifikasi, NaOH bekerja melarutkan lignin dan merusak struktur selulosa yang mengakibatkan serat-serat selulosa semakin mengembang longgar sehingga mempermudah untuk dihidrolisis [19].



Gambar 1. Isolasi α -selulosa (kiri) dan Hidrolisa (kanan)

Uji Kadar Air Selulosa Mikrokrystal



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Kadar Air Mikrokrystalin Selulosa

Pengujian kadar air dilakukan dengan alat *moisture analyzer* (Gambar 2). Hasil menunjukkan bahwa kadar air dari mikrokrystalin selulosa sebesar 4,24 %, yang memenuhi persyaratan *Handbook of Pharmaceutical Excipients* yaitu kurang dari 5 % [14].

Penentuan pH

Hasil penentuan pH dengan pH meter digital pada Tabel 2 menunjukkan mikrokrystalin selulosa hasil isolasi 6,8. Mikrokrystalin Selulosa yang diperoleh berada dalam rentang pH yang tertera pada literatur Farmakope Indonesia yakni pH 5,0-7,5 [15].

Uji Organoleptik

Karakteristik mikrokrystalin selulosa berdasarkan literatur Farmakope Indonesia berbentuk hablur, tidak berasa, berwarna putih, dan tidak berbau (Tabel 1) [15]. Sampel memenuhi karakteristik mikrokrystalin selulosa.

Tabel 1. Hasil sampel uji organoleptik

Uji Organoleptik	Hasil Uji
Bentuk atau Rupa	Hablur
Rasa	Tidak Berasa
Warna	Putih Gading
Bau	Tidak Berbau

Penentuan Bilangan Permanganat/Kappa

Penentuan Bilangan Kappa berdasarkan rumus berikut:

$$K = \frac{p \times f}{w} \quad (1)$$

$$p = \frac{(b - a) N}{0,1} \quad (2)$$

$$p = \frac{(b - a) N}{0,1} = \frac{(40,0 - 32,0) 0,2}{0,1} = \frac{(8,0) 0,2}{0,1} = 16,0$$

$$f = 2p = 2 \times 16,0$$

$$f = 32,0$$

Dengan nilai $f = 32,0$ dan Tabel 4 maka didapatkan nilai $f = 0,962$;

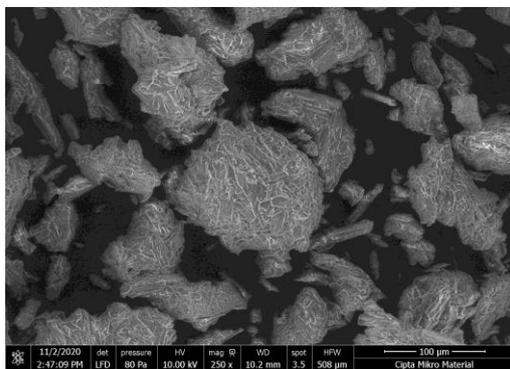
$$K = \frac{16,0 \times 0,962}{3}$$

$$K = 5,13 \%$$

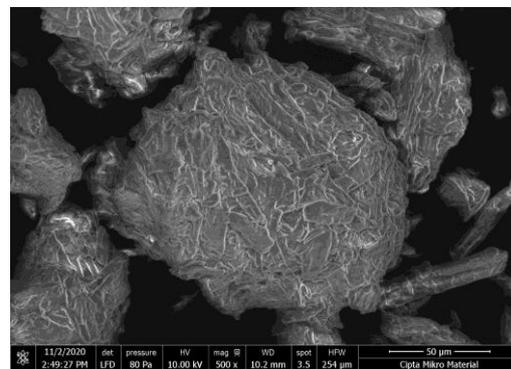
Kualitas mikrokristalin selulosa dapat ditentukan dengan pengujian bilangan permanganat untuk mengetahui kadar lignin yang masih terkandung sebagai pengotor dalam sampel yang berpengaruh terhadap kemurniannya. Lignin yang terkandung dalam kulit sukun diurai melalui proses delignifikasi dan terlarut di dalam natrium hidroksida sisa lignin dan karbohidrat yang tidak terurai sempurna dan masih tersisa di pulp. Pengujian bilangan permanganat dilakukan terhadap pulp dengan kadar lignin di bawah 6 % [15]. Hasil perhitungan bilangan permanganat mikrokristalin selulosa sebesar 5,13 %, hal tersebut menunjukkan bahwa mikrokristalin selulosa yang dihasilkan masih memiliki kandungan lignin yang sesuai SNI 0494:2008.

Tabel 2. Hasil Penentuan Bilangan Permanganat/Kappa

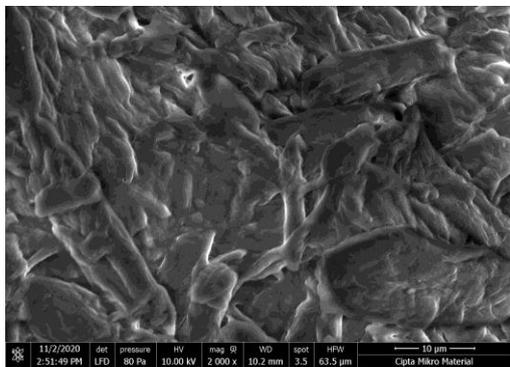
Simbol	Hasil
b	40,4 ml
a	32 ml
N	0,2
w	3 gram
F	2p



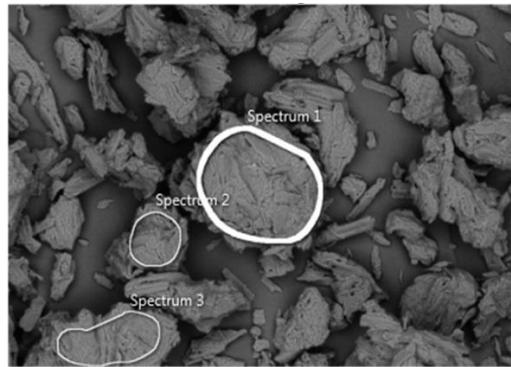
(a)



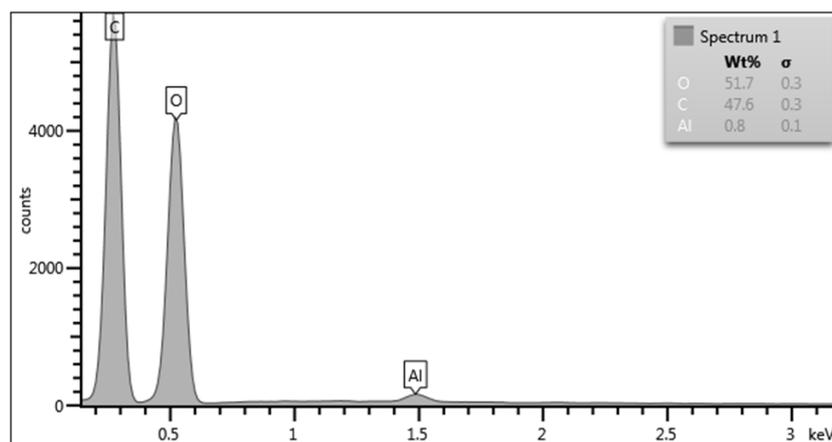
(b)



(c)



(d)



Gambar 3. Hasil Analisis SEM-EDS (a) Perbesaran 250x (b) Perbesaran 500x (c) Perbesaran 2000x (d) Spektrum 1 perbesaran 100x (e) Kandungan unsur spektrum 1

Pada analisa menggunakan SEM-EDS, sampel mikrokristalin selulosa ditempelkan pada *specimen holder*, selanjutnya dibersihkan dengan *blower* dan diberi lapisan tipis (*coating*) *gold palladium*. Berikutnya sampel dimasukkan ke dalam *specimen chamber*. Kemudian dilakukan pemotretan setelah ditentukan pembesaran yang diinginkan. Hasil dari pengujian ini adalah bentuk dan ukuran partikel mikrokristal selulosa dapat diketahui. Pada gambar 2 (a), (b), (c) menunjukkan perbesaran sampel dari ukuran sebenarnya, dapat dilihat permukaan yang tidak rata dan adanya renggangan pada selulosa. Hal ini menandakan hilangnya silika dan komponen lignin yang disebabkan oleh reaksi dari NaOH 25 % pada tahap delignifikasi, serta H₂O₂ 3 % yang digunakan pada tahap pemutihan terhadap sampel. Ukuran mikrokristalin selulosa dapat diketahui dengan perhitungan diameter gambar morfologi mikrokristalin selulosa pada gambar 3 (d), sehingga diperoleh ukuran yang berkisar antara 46,20 – 48,80 μm. Sementara itu penelitian Widia [20] menyatakan dengan perbesaran 100x ukuran serbuk mikrokristalin selulosa dalam kisaran 2,94 – 117,6 μm yang memiliki tekstur permukaan yang tidak rata dan bentuk tak beraturan. Pada gambar 3 (e) analisa dengan EDS terhadap komposisi unsur sampel menunjukkan mikrokristalin selulosa kulit sukun didominasi oleh unsur C 47,56 %, O 51,67 % dan Al 0,77%. Hasil pengamatan tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan Nikmatin [21] yang menyebutkan bahwa mikrokristalin selulosa kulit rotan didominasi oleh unsur C 47,50%, O 46,03%, dan sisanya unsur hara tanah Mg, S, Si, Ca, dan K. Berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat bahwa produk yang terbentuk merupakan mikrokristalin selulosa.

KESIMPULAN

Pada hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produksi mikrokristalin selulosa dari kulit sukun (*Artocarpus astilis*) telah berhasil dilakukan. Pembuatan mikrokristalin selulosa melalui proses hidrolisa dengan hasil uji kadar air 4,24 %, dan pH 6,8. Hasil uji organoleptik menunjukkan bentuk hablur, tidak berasa, berwarna putih gading, dan tidak berbau. Hasil uji bilangan permanganat yaitu 5,13%. Berdasarkan analisis morfologi dan ukuran dengan menggunakan SEM-EDS, didapatkan ukuran kristal berkisar antara 46,20 – 48,80 μm, permukaan tidak rata dan adanya renggangan pada selulosa. Mikrokristalin selulosa didominasi oleh unsur C 47,56 %, O 51,67 %, dan Al 0,77%. Mikrokristalin Selulosa dari kulit sukun berdasarkan uji kadar air, penentuan pH, organoleptik, penentuan bilangan

permangat, dan karakterisasi dengan SEM-EDS telah memenuhi standar *Handbook of Pharmaceutical Excipients*, Farmakope Indonesia, dan SNI 0494:2008.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya, atas dana hibah, ijin, dan dukungan fasilitas yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR NOTASI

- K = nilai Bilangan Kappa;
f = faktor koreksi pada pemakaian 50 % kalium permanganat, tergantung P pada tabel 3
w = berat contoh kering oven (g);
p = larutan kalium permanganat yang terpakai oleh contoh pulp (mL);
b = larutan natrium tiosulfat yang terpakai dalam titrasi blanko (mL);
a = larutan natrium tiosulfat yang terpakai dalam titrasi contoh (mL);
N = normalitas larutan natrium tiosulfat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor 2017," Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2019.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor 2019," Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2019.
- [3] M. K. Murigi, E. S. Madivoli, M. Matheny, P. G. Kareru, A. N. Gachan, P. K. Njenga, Nowsheen, P. N. Githira and M. Githua, "Comparison of Physicochemical Characteristics of Microcrystalline Cellulose from Four Abundant Kenyan Biomasses," *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 53-63, 2014.
- [4] I. G. N. Prasetya, I. D. A. Yuliandari, D. G. Ulandari, C. I. S. Arisanti and A. A. I. S. H. Dewandari, "Studi Karakteristik Farmasetis Mikrokristalin Selulosa dari Jerami Padi Varietas Lokal Bali," *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 17, no. 3, pp. 119-123, 2016.
- [5] U. Laurentius, Widodo, K. Sumadi, Caecilia and Karaman, "Pemisahan Alpha-Selulosa dari Limbah Batang Ubi Kayu Menggunakan Larutan Natrium Hidroksida," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 7, no. 2, pp. 43-47, 2013.
- [6] F. Fardiana, P. Ningsih and K. Mustapa, "Analisis Bioetanol dari Limbah Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altilis*) dengan Cara Hidrolisis dan Fermentasi," *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 7, no. 1, pp. 19-22, 2018.
- [7] F. Fitriani, B. Saiful and Nurhaeni, "Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi," *Journal of Natural Science*, vol. 2, no. 3, pp. 66-74, 2013.
- [8] D. Pratiwi, "Pemanfaatan Sirup Glukosa Hasil Hidrolisa Selulosa dari Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altilis*) dan HCl 30 % untuk Pembuatan Manisan Jambu Biji (*Psidium guajava*) dengan Variasi Konsentrasi," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2018.

- [9] S. Sakuri, D. Ariawan and E. Surojo, "Mechanical Properties of Microcrystalline Cellulose Filled Unsaturated Polyester Blend Composite with Various Treatment," in *AIP Conference Proceedings*, 2019.
- [10] M. Lubis, "Production of Bioplastic from Jackfruit Seed Starch (*Artocarpus heterophyllus*) Reinforced with Microcrystalline Cellulose from Cocoa Pod Husk (*Theobroma cacao*) Using Glycerol as Plasticizer," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018.
- [11] Direktorat Jenderal Bina Usaha Kehutanan, "Pengembangan Teknik Budaya Sukun (*Artocarpus altilis*) Untuk Ketahanan Pangan," *IPB Press*, pp. 22-25, 2014.
- [12] M. Hafiz, A. Hassan, Zakaria and Inuwa, "Properties of Polylactic Acid Composites Reinforced with Palm Oil Biomass Microcrystalline Cellulose," *Carbohydrate Polymers Journal*, vol. 98, no. 1, pp. 139-145, 2013.
- [13] N. Hartati, T. Kemala, K. Sutriah and O. Farobi, "Kompatibilitas Nanokristal Selulosa Termodifikasi Setrimonium Klorida (CTAC) dalam Matriks Poliasam Laktat sebagai Material Pengemas," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 22, no. 4, pp. 157-163, 2019.
- [14] R. C. Rowe, P. J. Sheskey, S. C. Owen and A. P. Association, *Handbook of Pharmaceutical Excipients Sixth Edition*, London: Pharmaceutical Press, 2006.
- [15] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Farmakope Indonesia Edisi V*, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013.
- [16] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 0494:2008 Pulp - Cara Uji Bilangan Kappa*, Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [17] W. Kunusa, "Kajian Tentang Isolasi Selulosa Mikrokrystalin (SM) dari Limbah Tongkol Jagung," *Jurnal Entropi*, vol. 12, no. 1, pp. 105-108, 2017.
- [18] M. Zulharmitta, L. Viora and H. Rivai, "Pembuatan Mikrokrystalin Selulosa dari Batang Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum schumach*)," *Jurnal Farmasi Higea*, vol. 3, no. 2, pp. 102-111, 2011.
- [19] A. Yakubu, M. Umar and M. Saleh, "Chemical Modification of Microcrystalline Cellulose: Improvement of Barrier Surface Properties to Enhance Surface Interactions with Some Synthetic Polymers for Biodegradable Packaging Material Processing and Applications," *Advances in Applied Science Research Journal*, vol. 2, no. 6, pp. 532-540, 2011.
- [20] I. Widia and N. Wathoni, "Review Artikel Selulosa Mikrokrystal: Isolasi, Karakterisasi, dan Aplikasi dalam Bidang Farmasetik," *Farmaka Jurnal*, vol. 15, no. 2, pp. 127-143, 2018.
- [21] L. Lismeri, Y. Darni, M. Sanjaya and M. Immadudin, "Pengaruh Suhu dan Waktu Pretreatment Alkali pada Isolasi Selulosa Limbah Batang Pisang (Effect of Temperature and Time on Alkali Pretreatment of Cellulose Isolation from Banana Stem Waste)," *Journal of Chemical Process Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 17-22, 2019.