

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA KRISTAL DARI BATANG TEMBAKAU

Srie Muljani\*, Adi Candra, Iklimatul Faiqoh

Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur  
Jalan Raya Rungkut Madya No.1 Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60249, Indonesia  
Penulis korespondensi: iklimatul faiqoh13@gmail.com

### Abstrak

Batang tembakau tergolong limbah yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku selulosa kristal dikarenakan kandungan selulosanya yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi selulosa kristal dari batang tembakau serta mengetahui kondisi terbaik dari sintesis selulosa kristal berdasarkan waktu bleaching serta konsentrasi asam sulfat. Proses sintesis selulosa kristal dilakukan dalam 3 rangkaian proses yakni proses delignifikasi, proses bleaching, dan proses hidrolisis asam. Proses delignifikasi dilakukan dengan larutan NaOH 12% dilanjutkan proses bleaching dengan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2% dengan variasi waktu 1 jam ; 1,5 jam ; 2 jam ; 2,5 jam ; 3 jam. Analisa kadar selulosa dengan metode Chesson Datta menunjukkan kondisi terbaik terjadi pada waktu bleaching 1,5 jam dengan kadar selulosa 63,1554%. Proses hidrolisis asam menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan variasi konsentrasi 20% ; 30% ; 40% ; 50% ; 60%. Karakterisasi dilakukan dengan analisa FTIR dan SEM. Penelitian menunjukkan bahwa selulosa kristal belum mencapai ukuran nano. Konsentrasi asam sulfat terbaik dalam mereduksi ukuran selulosa adalah 40%.

**Kata kunci:** bleaching; hidrolisis asam; nanomaterial; nanoselulosa; tembakau

## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CELLULOSE CRYSTAL FROM TOBACCO STALKS

### Abstract

Tobacco stalks are classified as waste that has the potential to be used as raw material for crystal cellulose due to its high cellulose content. Nanocellulose is a natural fiber extracted from cellulose, having a diameter < 100 nm. This study aims to characterize cellulose crystal from tobacco stalks and to determine the best conditions for the synthesis of cellulose crystal based on bleaching time and sulfuric acid concentration. The cellulose crystal synthesis process is carried out in 3 series of processes: delignification, bleaching, and acid hydrolysis processes. The delignification process was carried out with 12% NaOH solution followed by the bleaching process with 2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solution with time variations of 1 hour, 1.5 hours ; 2 hours ; 2.5 hours ; 3 hours. Analysis of cellulose using the chesson datta method showed that the best conditions occurred at 1.5 hours of bleaching with 63.1554% cellulose. The acid hydrolysis process uses H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution with various concentrations of 20% ; 30% ; 40% ; 50% ; 60%. Characterization is done by FTIR and SEM analysis. Research shows that cellulose crystal hasn't yet reached the nano size. The best concentration of sulfuric acid in reducing the size of cellulose is 40%.

**Keywords:** bleaching; acid hydrolysis; nanomaterials; nanocellulose; tobacco stalks

### PENDAHULUAN

Batang tembakau adalah limbah pertanian dari tanaman tembakau, jenis tanaman musiman yang banyak dijumpai di Indonesia. Produksi tembakau nasional terus mengalami peningkatan hingga mencapai 197.400 ton per tahun pada tahun 2019 (Nainggolan, Purba and Sihotang, 2021). Jumlah tembakau yang berlimpah, juga menghasilkan limbah

batang tembakau yang berlimpah. Batang tembakau ditinggalkan menjadi limbah yang kemudian dibakar. Proses pembakaran ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan karena asap hasil pembakaran batang tembakau masih mengandung nikotin berbahaya yang berdampak buruk bagi kesehatan. Upaya yang dapat dilakukan agar tidak mencemari lingkungan adalah dengan mengolah limbah batang tembakau menjadi produk yang

memiliki nilai guna tetapi tidak menimbulkan bahaya terhadap lingkungan sekitar (Arifah et al., 2018).

Nanoselulosa merupakan selulosa yang berukuran sangat kecil. Senyawa ini memiliki beberapa keunggulan dibanding selulosa antara lain kekuatan tariknya tinggi, kristalinitasnya besar, dan juga luas permukaannya besar. Nanoselulosa dapat digunakan sebagai *filler* dalam bioplastik. Evandani (2012) melaporkan bahwa bahan baku yang baik dalam proses sintesis nanoselulosa adalah bahan yang memiliki kadar selulosa yang besar dengan kadar lignin yang sedikit. Untuk limbah pertanian sendiri, rata-rata yang digunakan dalam sintesis nanoselulosa adalah limbah dengan kadar selulosa >30% serta lignin <25%. Batang tembakau memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi dan sesuai untuk dikembangkan menjadi bahan baku nanoselulosa. Menurut Julianto dkk. (2017) batang tembakau mengandung 42,1% selulosa, 23% hemiselulosa, dan 20,8% lignin.

Beberapa jenis metode yang sering digunakan untuk proses sintesis nanoselulosa antara lain metode biologi, metode mekanik serta metode kimia. Dari ketiga metode tersebut, penelitian ini menerapkan metode kimia yaitu hidrolisis asam. Keunggulan dari metode hidrolisis asam yaitu dapat menghemat kebutuhan jumlah energi saat berlangsungnya proses, nanokristal yang dihasilkan memiliki kristalinitas selulosa serta stabilitas termal yang baik (Mbakop, Nthunya and Onyango, 2021).

Dalam metode hidrolisis asam terdapat tiga proses penting yaitu proses delignifikasi, *bleaching*, dan hidrolisis. Delignifikasi merupakan proses yang dilakukan dengan tujuan mengurangi kandungan lignin dalam bahan yang mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa terdiri dari tiga komponen yang terdiri dari lignin, hemiselulosa, serta selulosa. Proses delignifikasi umumnya dilakukan dengan menggunakan larutan basa seperti NaOH. NaOH berperan memutus ikatan dasar lignin dengan ion OH<sup>-</sup> dan mengikat lignin menjadi natrium fenolat dengan ion Na<sup>+</sup> yang kemudian menjadi filtrat (Zely, 2014). Proses *bleaching* (pemutihan) merupakan proses yang dilakukan dengan tujuan menghilangkan kandungan lignin yang tersisa dalam serat. Senyawa lignin yang tersisa dapat menyebabkan perubahan warna terhadap produk selulosa yang dihasilkan. Pendegradasian rantai senyawa lignin yang panjang sehingga menjadi rantai lignin pendek dengan menggunakan bahan kimia sebagai agen *bleaching* dapat membantu proses penghilangan lignin, dimana lignin nantinya dapat larut saat proses pencucian dalam air (Lismeri et al., 2019). Biasanya digunakan *bleaching* agen seperti H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> atau NaOCl. Hilangnya lignin pada produk (selulosa batang tembakau) dapat ditandai dengan adanya perubahan warna pada produk yang menjadi semakin berwarna coklat muda. Hidrolisis asam dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bertujuan untuk memecah *amorfus* serat selulosa

sehingga didapatkan kristal selulosa. Asam sulfat berdifusi ke bagian dalam serat selulosa dan memisahkan ikatan glikosidik dalam serat sehingga bagian *amorf* selulosa dapat terbelah/terpisah (Julianto et al., 2017). Bagian *amorf* selulosa densitasnya lebih rendah dari pada bagian kristal selulosa, hal ini menyebabkan bagian *amorf* selulosa lebih mudah terputus dan melepas bagian kristal saat dikontakkan dengan asam keras (Peng et al., 2011).

Beberapa peneliti terdahulu telah menggunakan asam pada proses hidrolisis untuk mensintesis nanoselulosa. Julianto, dkk. (2017) mensintesis nanoselulosa dari serat TKKS menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 64% menghasilkan nanoselulosa dengan diameter serat 291,4nm-8242µm. Sedangkan Hertiwi, dkk. (2020) mensintesis nanoselulosa dari limbah kulit bawang menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentrasi 50% dapat menghasilkan nanoselulosa dengan indeks kristalinitas 78,668%, ukuran kristal 12,615 nm. Sedangkan Evelyn, dkk (2019) mensintesis nanoselulosa dari serat nanas menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 45% menghasilkan indeks kristalinitas 76,5% dengan ukuran partikel 134nm-407nm. Penelitian ini mengembangkan penelitian terdahulu yaitu dengan mengganti bahan baku, menjadi batang tembakau. Beberapa alasan digunakannya tembakau sebagai bahan baku yaitu kadar selulosanya tinggi mencapai 50% (Handayani and Amrullah, 2008), kelimpahan bahan baku, serta dapat mengurangi limbah pertanian.

Beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses *bleaching* antara lain: waktu pemasakan, konsentrasi, suhu, dan pH (Sumada, Erka Tamara and Alqani, 2011). Perlakuan proses pemutihan akan semakin baik apabila waktu reaksi yang dijalankan semakin lama. Akan tetapi, semakin lama waktu reaksi akan menyebabkan kerusakan pada bagian rantai selulosa pada serat. Faktor yang berpengaruh dalam proses hidrolisis antara lain: konsentrasi asam, waktu hidrolisis, pH, suhu, tekanan, serta kandungan selulosa pada bahan baku. Konsentrasi asam yang digunakan akan mempengaruhi ukuran selulosa yang dihasilkan, dimana konsentrasi asam yang tinggi dapat menyebabkan laju reaksi akan semakin cepat, akibatnya proses peruraian serat selulosa menjadi lebih cepat (Dan and Katalis, 2017). Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini digunakan waktu pemasakan (*bleaching*) dan konsentrasi asam sebagai variabel penelitian.

Sejauh pengetahuan penulis, penelitian terkait sintesis nanoselulosa menggunakan bahan baku batang tembakau masih cukup terbatas, sehingga perlu dilakukan penelitian ini untuk dapat menambah referensi dalam bidang terkait. Selain itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi nanoselulosa menggunakan bahan baku batang tembakau, serta mengetahui kondisi waktu *bleaching* dan konsentrasi asam yang optimal dalam mensintesis nanoselulosa.

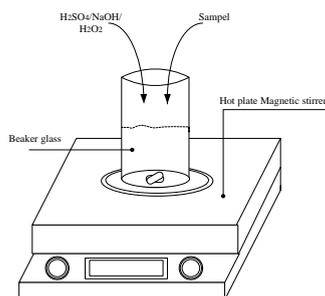
## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini meliputi batang tembakau yang lolos ayakan 100 mesh sebagai sumber selulosa, NaOH sebagai agen delignifikasi, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai agen *bleaching*, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai agen penghidrolisis, serta aquadest sebagai pelarut dan penetral pH.

### Alat

Rangkaian alat dalam penelitian ini adalah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat proses

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah *magnetic stirrer* dan *beaker glass* yang digunakan sebagai tempat berlangsungnya proses delignifikasi, *bleaching*, dan hidrolisis asam. Alat penunjang yang digunakan antara lain *oven*, penggilingan, ayakan, timbangan analitik, pipet tetes, gelas ukur, corong kaca, kertas saring, pengaduk, kertas pH, dan erlenmeyer.

### Prosedur

#### Preparasi Sampel

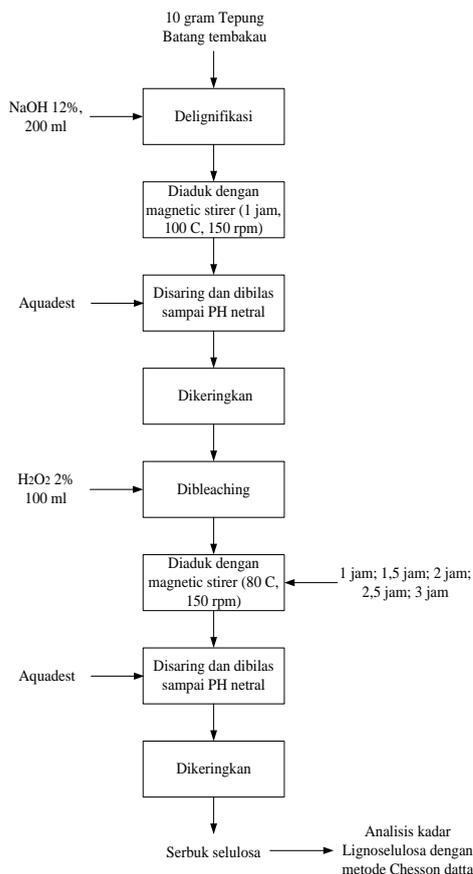
Alur penyiapan bahan baku disajikan pada Gambar 2. Limbah batang tembakau disortir kemudian dilanjutkan dengan pemotongan batang menjadi bagian-bagian kecil. Batang tembakau yang telah dipotong, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kandungan air dalam bahan. Selanjutnya, batang tembakau yang telah kering, dihancurkan/digiling lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.



Gambar 2. Alur penyiapan bahan baku

### Isolasi Selulosa

Tahapan isolasi selulosa dapat dilihat pada Gambar 3. Pada proses ini, 10 gram tepung batang tembakau ditambahkan ke dalam 200 ml larutan NaOH 12%, selanjutnya dipanaskan dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam, suhu 100°C dan kecepatan 150 rpm, kemudian disaring dan dibilas menggunakan aquadest sampai larutan mencapai pH 7 (netral), lalu dikeringkan menggunakan *oven* dengan suhu 110°C.



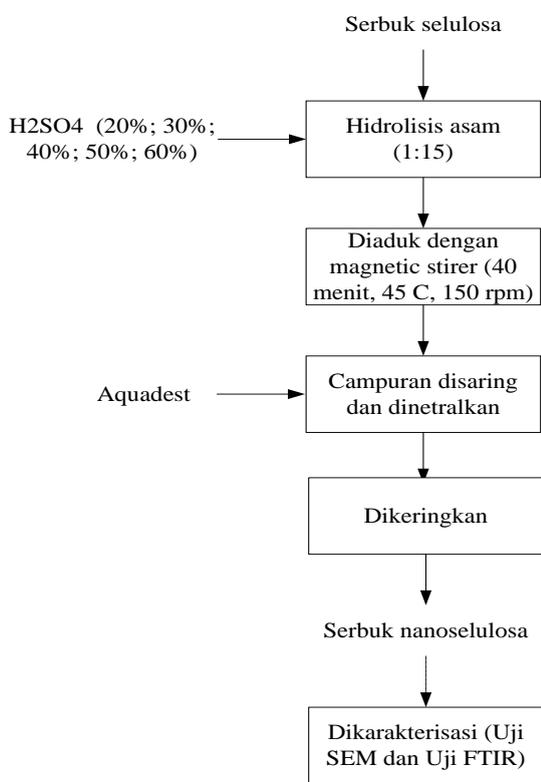
Gambar 3. Tahap isolasi selulosa

Residu yang diperoleh kemudian di-*bleaching* menggunakan 100ml larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 2% dan diaduk dengan *magnetic stirrer* sesuai dengan variabel yaitu 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam; dan 3 jam pada suhu 80°C dengan kecepatan *stirrer* 150 rpm. Kemudian dilanjutkan dengan proses penyaringan dan dibilas menggunakan aquadest sampai pH 7. Residu yang dihasilkan kemudian dikeringkan kembali dengan *oven* bersuhu 110°C untuk dikeringkan sehingga diperoleh serbuk selulosa.

### Sintesis Nanoselulosa

Selulosa yang dihasilkan kemudian diproses mengikuti tahapan seperti pada Gambar 4. Selulosa dihidrolisis dengan menggunakan larutan asam sulfat sesuai variabel konsentrasi 20%; 30%; 40%; 50%; dan 60% (perbandingan 1:15), dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 40 menit pada suhu 45°C dengan kecepatan 150 rpm. Setelah dihidrolisis asam,

larutan dinetralkan hingga pH 7, kemudian disaring. Residu yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan lalu dikarakterisasi.



Gambar 4. Tahap pembuatan nanoselulosa

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Isolasi Selulosa

Proses penghilangan lignin dilakukan dengan melalui proses delignifikasi. Pada proses delignifikasi ini digunakan larutan NaOH, dimana lignin akan terikat pada ion Na<sup>+</sup> yang kemudian larut menjadi filtrat. Pelarutan atau hilangnya lignin dalam serat dapat dilihat parameternya dengan munculnya warna hitam pekat pada larutan, dalam hal ini disebut dengan lindi. Proses *bleaching* dilakukan untuk menghilangkan hemiselulosa serta sisa-sisa lignin yang belum hilang setelah proses delignifikasi.

Tabel 1. Hasil *bleaching*

Waktu <i>Bleaching</i>	Warna Residu	Warna Filtrat
1 jam	Putih kecoklatan (5)	Kuning Pekat
1,5 jam	Putih kecoklatan (1)	Kuning Pekat
2 jam	Putih kecoklatan (2)	Kuning Pekat
2,5 jam	Putih kecoklatan (3)	Kuning Pekat
3 jam	Putih kecoklatan (4)	Kuning Pekat

Hasil dari proses *bleaching*, sebagaimana disajikan pada Tabel 1, menunjukkan bahwa selulosa terbaik adalah dari sampel dengan proses *bleaching* selama 1,5 jam, dimana dapat dilihat dari residu yang dihasilkan memiliki warna yang paling putih jika dibandingkan dengan sampel yang lain. Warna pada sampel mengindikasikan besarnya kadar lignin yang masih terkandung dalam sampel, dimana semakin gelap warna sampel maka kemungkinan kadar lignin yang terdapat dalam sampel jumlahnya masih besar.

### Kadar Lignoselulosa dengan Metode Chesson-Datta 1981

Selanjutnya dilakukan analisa kadar selulosa, lignin dan hemiselulosa pada sampel hasil *bleaching* dengan menggunakan metode analisa Chesson-Datta, sehingga diperoleh data seperti pada Tabel 2.

Hasil analisa menunjukkan bahwa kadar selulosa mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu *bleaching*, akan tetapi setelah melewati waktu 1,5 jam kadar selulosa mengalami penurunan. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses *bleaching* maka akan meningkatkan reaktifitasnya, namun apabila waktu *bleaching* terlalu lama dapat merusak selulosa. Kadar selulosa terbesar yang dihasilkan yakni 63,1554% dengan kadar lignin 2,7022%, dan kadar hemiselulosa 15,2745%.

### Sintesis Nanoselulosa

Proses pembentukan nanoselulosa dilakukan dengan hidrolisis asam menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada variabel konsentrasi 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%. Berdasarkan variabel konsentrasi yang tersebut, diperoleh hasil bahwa kelima sampel menunjukkan perbedaan warna yang sangat mencolok. Sampel selulosa dari hasil perlakuan hidrolisis asam pada konsentrasi 20% memiliki warna produk kuning kecoklatan. Sampel hasil perlakuan hidrolisis asam pada konsentrasi 30% memiliki warna coklat muda, sampel dari perlakuan hidrolisis asam konsentrasi 40% memiliki warna coklat pekat, sampel selulosa dengan perlakuan hidrolisis asam konsentrasi 50% memiliki warna coklat kehitaman, sedangkan sampel selulosa dari perlakuan hidrolisis asam konsentrasi 60% memiliki warna hitam.

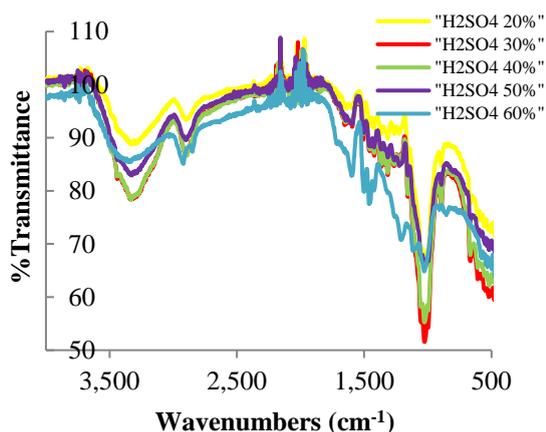
Berdasarkan kelima sampel tersebut, sampel dengan konsentrasi 50% dan 60% memiliki jumlah yang lebih sedikit daripada sampel dengan konsentrasi 20%, 30% dan 40%. Hal ini menandakan bahwa dalam prosesnya, banyak komponen selulosa yang ikut terlarut sehingga nanoselulosa yang dihasilkan sedikit atau boleh dikatakan bahwa banyak selulosa yang terdegradasi. Konsentrasi asam yang tinggi dapat menyebabkan kehancuran selulosa (Nasution, Ellsworth and Wijaya, 2020).

**Tabel 2.** Hasil analisa kadar lignoselulosa

Waktu Bleaching (jam)	Kadar (%)				
	Hot water solube	Hemiselosa	Selulosa	Lignin	Abu
1	19,9753	20,6982	54,6561	4,4041	0,2663
1,5	18,5550	15,2745	63,1554	2,7022	0,3129
2	19,1776	17,8226	57,1726	4,8986	0,9286
2,5	19,0354	19,6145	56,1473	4,9843	0,2184
3	17,9563	20,0285	56,2548	5,5608	0,1996

### Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)

Hasil analisa FTIR (Gambar 5) menunjukkan bahwa sampel yang dianalisa memiliki beberapa gugus fungsi penyusun selulosa dan juga lignin. Ikatan O-H yang ditunjukkan pada panjang gelombang  $3330,30\text{ cm}^{-1}$ ;  $3339,77\text{ cm}^{-1}$ ;  $3329,53\text{ cm}^{-1}$ ;  $33,24,80\text{ cm}^{-1}$ ; dan  $3340,66\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus fungsi penyusun selulosa. Pada bilangan gelombang  $800\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$  merupakan gelombang vibrasi ikatan C-O, serta terdapat pita serapan pada gelombang  $700\text{-}900\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan ikatan  $\beta$ -glikosidik antar unit glukosa dari selulosa (Putri and Gea, 2018). Diantara semua gugus selulosa yang terekam terdapat pula gugus fungsi lignin yang masih terdapat dalam 5 sampel nanoselulosa batang tembakau ini, hasil spektrum analisa FTIR menunjukkan terdapat gugus fungsi C=C aromatik pada panjang gelombang rentang  $1500\text{ cm}^{-1}\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsi penyusun lignin.

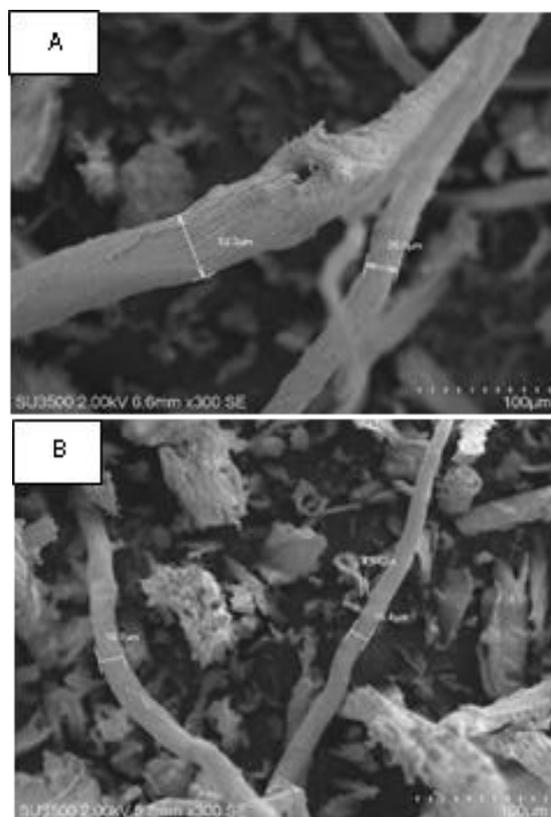


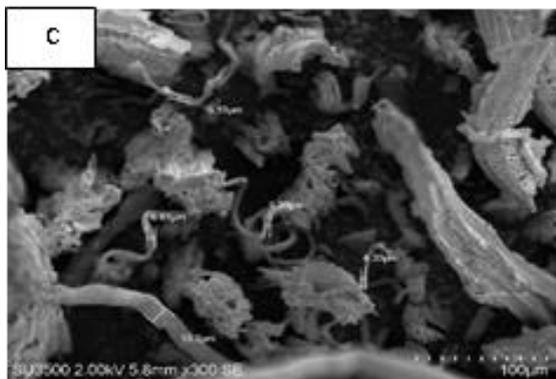
**Gambar 5.** Grafik Fourier Transform Infrared (FTIR)

### Analisa Scanning Electron Microscope (SEM)

Berdasarkan hasil pengukuran ketiga sampel (Gambar 6), diperoleh bahwa untuk selulosa dengan perlakuan hidrolisis pada konsentrasi asam sulfat 20% diperoleh ukuran diameter serat  $25\text{ }\mu\text{m}\text{-}52,3\text{ }\mu\text{m}$ , selulosa dengan perlakuan hidrolisis pada

konsentrasi asam sulfat 30% diperoleh ukuran diameter serat  $4,64\text{ }\mu\text{m}\text{-}19,7\text{ }\mu\text{m}$ , selulosa dengan perlakuan hidrolisis menggunakan asam sulfat 40% diperoleh ukuran diameter serat  $4,30\text{ }\mu\text{m}\text{-}15,2\text{ }\mu\text{m}$ . Dari hasil yang diperoleh menunjukkan semakin besar konsentrasi asam sulfat yang digunakan, maka reduksi ukuran selulosa semakin baik, hal ini terbukti dengan semakin kecilnya ukuran serat selulosa yang didapatkan. Akan tetapi, dalam penelitian ini ukuran serat selulosa yang dihasilkan masih belum tergolong sebagai nanoselulosa melainkan masih berupa mikroselulosa. Keadaan tersebut dapat terjadi akibat perlakuan hidrolisis asam yang kurang sempurna, yang berpengaruh terhadap pemecahan bagian *amorf* selulosa menjadi kristal selulosa.





**Gambar 6.** Hasil analisa SEM dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  (A) 20% (B) 30% (C) 40%

### SIMPULAN

Selulosa yang diperoleh dalam penelitian ini belum tergolong ke dalam nanoselulosa melainkan masih berupa mikroselulosa. Waktu *bleaching* yang optimum adalah dengan lama waktu 1,5 jam dengan kadar selulosa 63,1554%. Konsentrasi  $H_2SO_4$  yang optimum adalah asam sulfat dengan konsentrasi 40%, dengan ukuran selulosa 4,30  $\mu m$ . Terkait dengan berkembangnya penelitian ini, maka untuk penelitian kedepannya disarankan untuk mengoptimalkan waktu hidrolisis agar proses pemecahan fibril selulosa lebih maksimal.

### SARAN

Terkait dengan berkembangnya penelitian ini, maka untuk penelitian kedepannya disarankan untuk mengoptimalkan waktu hidrolisis agar proses pemecahan fibril selulosa lebih maksimal.

### DAFTAR PUSTAKA

Arifah, S.H. *et al.* (2018) 'Biofiltotacum : Optimalisasi limbah nicotiana tabacum sebagai membran ultrafiltrasi dalam filter air sungai', *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 3(2), pp. 57–60. doi:10.31002/vigor.v3i2.1003.

Dan, K. and Katalis, T. (2017) 'Penentuan Kadar Glukosa pada Reaksi Hidrolisi Daun Nanas dengan Katalis dan Tanpa Katalis  $H_2SO_4$ ', pp. 0–1.

Evandani, N. (2012) *Sintesis Nanoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Perlakuan Hidrolisis Kimia dan Homogenasi*, Institut Pertanian Bogor.

Evelyna, A. *et al.* (2019) 'Sintesis dan Karakterisasi Nanoselulosa Berbahan Serat Nanas sebagai Komponen Penguat Material Kedokteran Gigi', *Jurnal Material Kedokteran Gigi*, 8(2),

pp. 60–64. doi:10.32793/jmkg.v8i2.453.

Handayani, S.S. and Amrullah (2008) 'Ekstraksi Selulosa Batang Tembakau Sebagai Persiapan Produksi Bioetanol', *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 4(2), pp. 38–42. doi:10.29303/jpm.v13i2.750.

Hertiwi, L.R. *et al.* (2020) 'Ekstraksi dan Karakterisasi Nanoselulosa dari Limbah Kulit Bawang Merah', *Journal Education and Chemistry*, 2(1), pp. 77–81.

Julianto, H. *et al.* (2017) 'Ekstraksi Nanoselulosa dengan Metode Hidrolisis Asam Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara', 6(2), pp. 242–245. doi:10.12962/j23373539.v6i2.24259.

Lismeri, L. *et al.* (2019) 'Pengaruh Suhu Dan Waktu Pretreatment Alkali Pada Isolasi Selulosa Limbah Batang Pisang', *Journal of Chemical Process Engineering*, 4(1), pp. 18–22. doi:10.33536/jcpe.v4i1.319.

Mbakop, S., Nthunya, L.N. and Onyango, M.S. (2021) 'Recent advances in the synthesis of nanocellulose functionalized-hybrid membranes and application in water quality improvement', *Processes*, 9(4). doi:10.3390/pr9040611.

Nainggolan, Z., Purba, M.L. and Sihotang, J. (2021) 'Analisis Pengaruh Jumlah Produksi, Nilai Tukar dan Harga Internasional Terhadap Ekspor Tembakau Indonesia Tahun 1990-2019', 02(02), pp. 18–28.

Nasution, H., Ellsworth and Wijaya, F. (2020) 'Optimasi Suhu Hidrolisis dan Konsentrasi Asam Sulfat dalam Pembuatan Nanoselulosa Berbahan Dasar Serat Batang Pisang Kepok (*Musa acuminata x balbisiana*)', *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(1), pp. 1–6. doi:10.32734/jtk.v9i1.3532.

Peng, B.L. *et al.* (2011) 'Chemistry and applications of nanocrystalline cellulose and its derivatives: A nanotechnology perspective', *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 89(5), pp. 1191–1206. doi:10.1002/cjce.20554.

Putri, E. and Gea, S. (2018) 'Isolasi dan Karakterisasi Nanokistral Selulosa dari Tandan Sawit (*Elaeis Guineensis* Jack)', *Elkawnie*, 4(1), pp. 13–22. doi:10.22373/ekw.v4i1.2877.

Sumada, K., Erka Tamara, P. and Alqani, F. (2011) 'Kajian Proses Isolasi A -Selulosa Dari Limbah Batang Tanaman Manihot Esculenta Crantz Yang Efisien', *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), pp. 434–438.

Zely, F.D. (2014) *Pengaruh Waktu dan Kadar Saccharomyces cerevisiae terhadap Produksi Etanol dari Serabut Kelapa pada Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan dengan Enzim Selulase, Teknologi*.