

**PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI ONGGOK SINGKONG DENGAN  
METODE HIDROLISIS ASAM**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Sri Pawitri  
2017011046**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## **ABSTRAK**

### **PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI ONGGOK SINGKONG DENGAN METODE HIDROLISIS ASAM**

Oleh

**SRI PAWITRI**

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena luasnya lahan pertanian dan sebagian besar penduduknya bekerja dibidang pertanian, salah satunya adalah pertanian singkong. Singkong digunakan sebagai makanan pokok, dan juga digunakan dalam industri pembuatan tepung tapioka. Limbah padat industri tapioka adalah ampas tapioka (onggok) yang bersumber dari pengekstraksian dan pengepresan. Komponen penting yang terdapat dalam onggok adalah selulosa sehingga memiliki potensi besar dalam pembuatan nanoselulosa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi senyawa selulosa dari onggok singkong dengan metode hidrolis asam dan membuat nanoselulosa dari selulosa menggunakan metode hidrolisis asam dengan variasi asam sulfat 20%,30%,40%. Morfologi nanoselulosa dikarakterisasi menggunakan alat SEM, untuk mengetahui keberadaan selulosa dan lignin dilakukan analisis menggunakan FTIR serta untuk mengetahui fase kristal pada bahan di lakukan analisis menggunakan XRD. Nanoselulosa terbaik dihasilkan pada konsentrasi  $H_2SO_4$  20% dengan diameter terkecil yaitu berkisar antara 167,3-210,7 nm.

Kata Kunci: Onggok Singkong, Nanoselulosa, Hidrolisis Asam.

## **ABSTRACT**

### **PREPARATION OF NANOCELLULOSE FROM CASSAVA PULP USING ACID HYDROLYSIS METHOD**

By

**SRI PAWITRI**

Indonesia is known as an agrarian country due to its vast agricultural land and the fact that most of its population works in the agricultural sector, including cassava farming. Cassava is used as a staple food and is also utilized in the tapioca flour industry. The solid waste from the tapioca industry is tapioca pulp (onggok), which originates from the extraction and pressing processes. One of the key components of onggok is cellulose, making it highly potential for nanocellulose production.

This study aims to isolate cellulose from cassava pulp using the acid hydrolysis method and to produce nanocellulose from the extracted cellulose by varying sulfuric acid concentrations of 20%, 30%, and 40%. The morphology of the nanocellulose was characterized using SEM, while the presence of cellulose and lignin was analyzed using FTIR. Additionally, XRD analysis was conducted to determine the crystalline phase of the material. The best nanocellulose was obtained at a sulfuric acid concentration of 20%, with the smallest diameter ranging between 167.3–210.7 nm.

**Key Words:** Cassava Pulp, Nanocellulose, Acid Hydrolysis.

**PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI ONGGOK SINGKONG  
DENGAN METODE HIDROLISIS ASAM**

**Oleh**

**Sri Pawitri**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Kimia**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Penelitian : Pembuatan Nanoselulosa dari Onggok Singkong dengan Metode Hidrolisis Asam Nama

Mahasiswa : Sri Pawitri

Nomor Pokok Mahasiswa 2017011046

Jurusan / Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Eng Supto Dwi Y. S. Si. M. T.

Ulin Herlina M. T.

NIP. 197407052000031001

NIP. 198102112005022002

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

Dr. Mita Riyanti S. Si. M. Si.

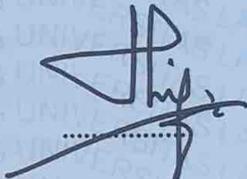
NIP. 197205302000032001

**MENGESAHKAN**

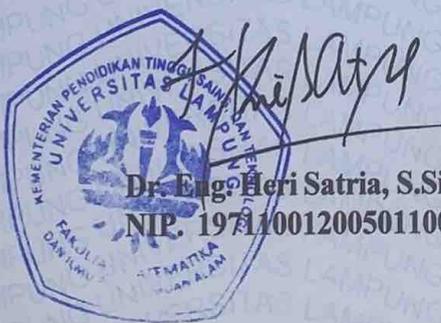
**1. Tim Penguji**

Ketua : Prof.Dr.Eng Surtipto Dwi Y.,S.Si.,M.T. 

Sekretaris : Ulin Herlina,M.T. 

Anggota : Syaiful Bahri,S.Si.,M.Si. 

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

  
Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.  
NIP. 197110012005011002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 Januari 2025**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sri Pawitri

Juruan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya berjudul **“Pembuatan Nanoselulosa dari Onggok Singkong dengan Metode Hidrolisis Asam”** adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, hasil dan analisisnya. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 23 Januari 2025

Yang menyatakan,



Sri Pawitri  
NPM.2017011046

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Sri Pawitri, lahir di Tunggul Pawenang pada tanggal 26 Juni 2002. Penulis merupakan putri ketiga dari pasangan Bapak Jaimin dan Ibu Jamiatun. Saat ini penulis bertempat tinggal di Tunggul Pawenang Kecamatan Adiluwih Kabupaten Pringsewu. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 5 Adiluwih pada tahun 2014. Kemudian, melanjutkan pendidikan ke SMPN 1 Adiluwih hingga tahun 2017. Penulis menamatkan pendidikan menengah atasnya di SMAN 1 Adiluwih pada tahun 2020. Selanjutnya, penulis diterima di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), Universitas Lampung melalui jalur seleksi bersama masuk perguruan tinggi negeri (SBMPTN) pada tahun 2020.

Selama masa kuliah, penulis aktif dalam organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Sains dan Teknologi Universitas Lampung, khususnya di bidang Hubungan Masyarakat (HUMAS). Pada tahun 2020-2022, selain organisasi internal kampus penulis juga aktif dalam organisasi eksternal Ikatan Mahasiswa Muslim Pringsewu (IKAMM) dalam bidang Hubungan Masyarakat (HUMAS) dari tahun 2021-2023. Pada tahun 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Wonosobo Kabupaten Tanggamus sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat dan penulis juga menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dan penelitian Tugas Akhir (TA) di Laboratorium Hidro elektro Metalurgi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang, Lampung Selatan tahun 2024 dengan judul “Pembuatan Nanoselulosa dari Onggok Singkong dengan Metode Hidrolisis Asam”.

## **MOTTO**

“Sukses adalah perjalanan, bukan tujuan. Nikmati perjalanannya”

**(Walt Disney)**

“Orang yang hebat adalah orang yang memiliki kemampuan menyembunyikan kesusahan, sehingga orang lain mengira bahwa ia selalu senang”

**(Imam Syafi'i)**

“Terkadang orang dengan masa lalu paling kelam akan menciptakan masa depan paling cerah”

**(Umar bin Khattab)**

"Kau tidak perlu menang atau kalah dalam permainan, yang penting adalah kau merasa senang"

**(Mr.Krab)**

“Semua makhluk hebat dalam satu hal, tapi tidak dalam segala hal”

**(SpongeBob Squarepants)**

“Hanya redup bukan berarti padam”

**(Penulis)**

## PERSEMBAHAN



Atas izin Allah dan keridhaan Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini sebagai wujud cinta, bakti dan sayangku kepada:

### **Kedua Orang Tua Ku Tercinta**

Ibu Jamiatun dan Bapak Jaimin

### **Saudara dan Saudari Ku Tersayang**

Subagio, Fadhliya, Slamet Riyadi, Subekti Rahma

Wati

### **Calon Suami ku Tercinta**

Dhafa Aulia Kurniawan

### **Rasa hormat saya kepada:**

Bapak Prof. Dr. Eng Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T. | Ibu Ulin Herlina, M.T. | Bapak Dr. Fathan Bahfie S.T., M.Si. | Bapak Syaiul Bahri S.Si., M.Si. serta seluruh dosen Jurusan Kimia atas dedikasi, ilmu, dan bimbingan yang tak ternilai harganya.

Keluarga besar dan sahabat-sahabatku yang memberikan dukungan moral dan spiritual. Terima kasih atas segala doa dan motivasinya.

**Serta,**

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung

## SANWACANA

*Alhamdulillah rabbil 'alamin* Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya dan tidak lupa iringan shalawat senantiasa kita sanjung agungkan kepada junjungan dan baginda besar kita Nabi Muhammad SAW yang senantiasa diharapkan syafaatnya hingga hari akhir kelak, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatann Nanoselulosa dari Onggok Singkong Menggunakan Metode Hidrolisis Asam”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, kritik, saran, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini teriring do'a yang tulus, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT, atas nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek), yang telah memberikan kesempatan kepada penulis menjadi salah satu penerima beasiswa sehingga penulis bisa menduduki bangku perkuliahan.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak dan Ibu yang sangat berjasa karena selalu mendukung, mendo'akan, memotivasi, menjadi tempat berkeluh kesah, dan selalu berusaha memberikan yang terbaik kepada penulis. Ucapan terima kasih tidak akan cukup mewakili rasa syukur penulis karena terlahir dan tumbuh sebagai putri yang selalu dididik untuk menjadi lebih baik setiap

waktunya. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki, kebahagiaan dunia akhirat, dan umur yang panjang sehingga dapat selalu bersama dalam suka maupun duka yang akan datang.

4. Saudara dan saudari penulis yang selalu mendukung, mendo'akan, memotivasi, dan menjadi tempat berkeluh kesah. Terima kasih untuk selalu memberikan nasihat-nasihat terbaik dari setiap permasalahan yang dihadapi penulis. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT dan hal-hal baik selalu menyertaimu. Adik penulis yang selalu menghibur dan menjadi penyemangat selama ini. Semoga selalu berbakti kepada orang tua dan sukses untuk dunia dan akhirat.
5. Kekasih tercinta sekaligus calon suami penulis yang selalu mendukung, mendo'akan dan memotivasi serta memberikan support. Terima kasih selalu mendoakan hal-hal baik untuk penulis. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, rezeki, kebahagiaan dunia akhirat, dan umur yang panjang.
6. Bapak Prof.Dr.Eng Suropto Dwi Yuwono,S.Si.,M.T. Selaku Dosen Pembimbing Utama terima kasih atas segala kebaikan,ilmu,bimbingan, motivasi, kritik dan saran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan dan keberkahan atas semua kebaikan yang telah Ibu berikan.
7. Ibu Ulin Herlina,M.T. dan bapak Dr.Fathan Bahfie S.T.,M.Si. Selaku Dosen Pembimbing Kedua terima kasih atas segala ilmu, bimbingan, saran dan kritik sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan rida-Nya dan membalas semua kebaikan Bapak.
8. Bapak Syaiul Bahri S.Si.,M.Si. Selaku Dosen Pembahas sekaligus dosen pembimbing akademik terima kasih atas kritik, saran, ilmu yang telah diberikan dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan sejak awal masa studi di jurusan kimia. Terima kasih atas segala kesediaannya untuk memberikan yang terbaik untuk penulis, sehingga skripsi ini dapat

terselesaikan. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan atas semua kebaikan yang telah Bapak berikan.

9. Ibu Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. Selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam segala hal terkait administrasi dan menyetujui laporan skripsi ini.
10. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman yang sangat berharga dan bermanfaat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswi jurusan kimia.
11. Bapak Mulyono, Ph.D. Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerja Sama FMIPA Universitas Lampung.
12. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. Selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
13. Ibu Dr. Dian Herasari, M.Si. Selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
14. Bapak/Ibu peneliti Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Tanjung Bintang yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu, pengalaman yang sangat berharga dan bermanfaat.
15. Bapak/Ibu Dosen dan Kepala Laboratorium Jurusan Kimia atas bantuan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia Universitas Lampung.
16. Rekan seperjuangan seperbimbingan Ida Purwati yang telah banyak membantu, memberikan dukungan, dan bekerja sama sehingga penelitian dan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga dilancarkan untuk setiap urusan dan sukses selalu.
17. Teman-teman angkatan 2020 yang tidak dapat disebutkan satu per-satu, terima kasih atas bantuan serta dukungannya. Semoga selalu diberikan kelancaran dan kesuksesan kedepannya.
18. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah memberikan dukungan, doa, nasihat, dan bimbingan dalam penulisan laporan ini.

19. Sri Pawitri, diriku sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena telah berusaha keras dan tidak menyerah, serta menikmati setiap proses yang bisa dibilang tidak mudah. Ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri dan awal dari kehidupan yang sesungguhnya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 23 Januari 2025

Yang menyatakan

Sri Pawitri

NPM.2017011046

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>9</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>10</b>
1.1    Latar Belakang .....	10
1.2    Tujuan penelitian.....	12
1.3    Manfaat Penelitian .....	12
<b>BAB II</b> .....	<b>13</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>13</b>
2.1    Industri Tapioka .....	13
2.2    Limbah Industri Tapioka.....	14
2.2.1    Limbah Cair .....	14
2.2.2    Limbah Gas .....	15
2.2.3    Limbah Padat .....	16
2.3    Selulosa .....	18
2.4    Hemiselulosa .....	21
2.5    Lignin .....	22
2.6    Nanoselulosa .....	23
2.7    Aplikasi Nanoselulosa.....	25

2.8	Karakterisasi Nanoselulosa dari Onggok Singkong .....	27
2.8.1	<i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i> .....	27
2.8.2	<i>SEM (Scanning Electron Microscope)</i> .....	28
2.8.3	<i>XRD (X-Ray Diffraction)</i> .....	29
<b>BAB III</b>	.....	<b>30</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>30</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	30
3.2	Alat dan Bahan.....	30
3.3	Prosedur.....	31
3.3.1	Preparasi sampel.....	31
3.3.2	Isolasi selulosa dari onggok singkong.....	31
3.3.3	Pemurniaan selulosa.....	32
3.3.4	<i>Bleaching</i> .....	32
3.3.5	Penentuan Kadar $\alpha$ -selulosa menggunakan metode uji SNI 0444:2009 dan Kadar lignin menggunakan Metode SNI 0492:2008 .....	3
	3	
3.3.6	Pembuatan Nanoselulosa Dari $\alpha$ -Selulosa dengan Metode Hidrolisis Asam ...	34
3.3.7	Analisis FTIR.....	35
3.3.8	Analisis XRD .....	35
3.3.9	Analisis SEM .....	36
3.4	Diagram Alir .....	36
<b>BAB IV</b>	.....	<b>39</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>39</b>
4.1	Preparasi Sampel.....	39
4.2	Isolasi selulosa dari onggok singkong.....	40
4.3	Penentuan Kadar $\alpha$ -Selulosa dan Kadar Lignin .....	41
4.4	Pembuatan Nanoselulosa dari $\alpha$ -Selulosa dengan Metode Hidrolisis Asam .....	42
4.5	Karakterisasi nanoselulosa dari onggok singkong.....	44
4.5.1	Analisis FTIR.....	44
4.5.2	Analisis XRD .....	46
4.5.3	Analisis SEM .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1 Baku Mutu Air Limbah dan Industri.....	15
2. Hasil kadar $\alpha$ -Selulosa dan lignin.....	42
3. Perbandingan analisis FTIR Prasanna dan Mitra(2020), MSG 20%, <i>Nitric acid</i> 20%, <i>Citric acid</i> 20% .....	46

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Struktur Selulosa .....	19
2. struktur $\alpha$ -Selulosa.....	20
3. struktur $\beta$ -Selulosa.....	20
4. Struktur Hemiselulosa .....	22
5. Onggok singkong 80 mesh .....	39
6. Hasil Hidrolisis menggunakan <i>nitric acid</i> , <i>sitric acid</i> , dan MSG .....	40
7. (a) sampel variasi MSG, (b) sampel variasi <i>sitric acid</i> , (c) sampel variasi <i>nitric acid</i> .....	41
8. (a) Variasi MSG 20%, 30%, 40%, (b) Variasi <i>Citric Acid</i> 20%, 30%, 40%, (c) Variasi <i>Nitric Acid</i> 20%, 30%, 40% .....	43
9. Spektrum FTIR nanoselulosa MSG 20%, <i>Nitric Acid</i> 20%, <i>citric acid</i> 20%. .....	44
10. Spektrum FTIR selulosa standar .....	45
11. Hasil analisis XRD dari nanoselulosa .....	47
12. Hasil analisis morfologi menggunakan SEM .....	48

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia dikenal sebagai negara agraris karena luasnya lahan pertanian dan sebagian besar penduduknya bekerja dibidang pertanian, salah satunya adalah pertanian singkong. Pada tahun 2023, total produksi singkong di Indonesia mencapai 18,28 juta ton dengan luas lahan 611.000 ha (BPS, 2023). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) 2022, jumlah produksi singkong di Indonesia mencapai 14,94 juta ton dengan produktifitas 17,22 ton/ha. Data BPS yang di peroleh pada tahun 2022 dan 2023 menunjukkan kenaikan jumlah produksi singkong di Indonesia. Provinsi Lampung sebagai produsen singkong peringkat 1 nasional dengan jumlah produksi mencapai 6.719.088 ton (BPS, 2023). Selain digunakan sebagai makanan pokok, singkong juga digunakan dalam industri pembuatan tepung tapioka.

Dalam proses pembuatan tepung tapioka ini dihasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan dari produksi tepung tapioka tersebut berupa onggok. Kandungan limbah onggok mengandung air sebesar 14,51 %, protein sebesar

8,11%, lemak sebesar 1,29 %, abu sebesar 0,89 %, serat kasar sebesar 15,20 %, dan pati sebesar 60 % (Wikanastri, 2012).

Selulosa tersusun dari unit-unit anhidroglukopiranososa yang tersambung dengan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik membentuk suatu rantai makromolekul tidak bercabang. Setiap unit anhidroglukopiranososa memiliki tiga gugus hidroksil (Potthast *et al.*, 2006; Zugenmaier, 2008). Selulosa mempunyai rumus empiris  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan  $n \sim 1500$  dan berat molekul  $\sim 243.000$  (Rowe *et al.*, 2009). Berdasarkan jenis ikatannya selulosa dibedakan menjadi 3 yaitu,  $\alpha$ -selulosa,  $\beta$ -selulosa dan  $\gamma$ -selulosa. Kandungan  $\alpha$ -selulosa yang terdapat pada onggok yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan nanoselulosa (Muljani, 2023).

Nanoselulosa merupakan material jenis baru yang ditandai dengan adanya peningkatan kristalinitas, luas permukaan, peningkatan dispersi, dan biodegradasi. Perubahan ukuran dan sifat dari nanoselulosa maka nanoselulosa dapat digunakan sebagai bahan baku sel surya (Ioelovich, 2012). produksi biodegradable, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan nanoselulosa dari onggok singkong menggunakan metode kimia terdiri dari metode asam, metode pelarut alkali, metode oksidasi, dan metode dengan menggunakan cairan ionik. Zhou (2012) telah melakukan penelitian menggunakan metode hidrolisis dengan asam kuat, yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 64 % berat. Pada suhu reaksi  $45^{\circ}C$  dengan pengadukan 500 rpm selama 120 menit, nanoselulosa yang dihasilkan berukuran 115 nm. Brito *et al.*, (2012) juga sudah melakukan penelitian dengan menggunakan metode hidrolisis asam dengan asam kuat, yaitu asam sulfat 64 % berat. Nanoselulosa yang dihasilkan berukuran 100-

130 nm. Zhang *et al.*, (2007) juga menggunakan metode hidrolisis asam dengan asam kuat, yaitu campuran (air *deionized* dengan asam klorida dan asam sulfat) pada bahan serat selulosa, nanoselulosa yang dihasilkan berukuran 60 nm.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan nanoselulosa dari limbah ongkok singkong dengan metode hidrolisis asam menggunakan asam sulfat dengan variasi konsentrasi 20%, 30%, 40%. Selain bahannya yang mudah di dapat, metode hidrolisis asam juga prosesnya lebih cepat dan praktis. Setelah didapatkan nanoselulosa dilakukan analisis kualitatif menggunakan FTIR, SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

## **1.2 Tujuan penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengisolasi senyawa selulosa dari ongkok singkong dengan metode hidrolis asam.
2. Membuat nanoselulosa dari selulosa hasil isolasi dari ongkok singkong
3. Mengetahui karakterisasi nanoselulosa dari ongkok singkong.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis dan memanfaatkan limbah padat pengolahan tepung tapioka menjadi produk yang bernilai jual yang tinggi seperti nanoselulosa.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Industri Tapioka**

Industri merupakan salah satu kegiatan ekonomi yang cukup strategis untuk meningkatkan pendapatan dan perekonomian masyarakat secara cepat. Selain pertumbuhan industri memberikan dampak yang positif, namun ternyata dari sektor industri juga memberikan dampak yang negatif berupa limbah industri yang bila tidak dikelola dengan baik dan benar akan menyebabkan pencemaran (Darmansyah *et al.*, 2016). Bahan organik akan terurai menjadi senyawa sulfida dan senyawa fosfor yang menimbulkan bau busuk. Selain itu, gas beracun seperti metana, amonia, dan karbon dioksida dihasilkan yang dapat mengganggu kehidupan akuatik (Indrianeu and Singkawijaya 2019).

Tepung tapioka saat ini banyak digunakan sebagai bahan utama aneka ragam makanan. Dominasi industri tepung tapioka dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku berupa singkong, dimana Provinsi Lampung merupakan salah satu provinsi sentra penghasil singkong di Indonesia. Lebih dari 16 Industri yang tergolong berskala besar di provinsi Lampung. Menurut riset yang dilakukan CDMI, produksi tepung tapioka tertinggi terjadi tahun 2013 lalu mencapai

2,67 juta ton, ditahun 2014 menurun menjadi 1,91 juta ton dan terakhir tahun 2016 kembali meningkat menjadi 2,15 juta ton. Kebutuhan tepung tapioka Indonesia pada tahun 2016 mencapai 3,09 juta ton, sehingga harus mengimpor sebanyak 939,58 ribu ton. Berdasarkan data BPS RI (2017), Indonesia terus melakukan impor singkong hingga 2016.

## **2.2 Limbah Industri Tapioka**

### **2.2.1 Limbah Cair**

Limbah cair tapioka merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Industri tapioka merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah melimpah yang cukup bermasalah dalam pengelolaan limbah (padat dan cair). Limbah cair tersebut mengandung *Total Suspended Solid (TSS)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)* dan *Biological Oxygen Demand (BOD)* yang tinggi. Dengan banyaknya zat pencemar, maka kadar oksigen akan menurun, hal ini menyebabkan kehidupan yang ada di dalam perairan yang membutuhkan oksigen akan terganggu (Widayatno dan Sriyani, 2008).

Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari proses kegiatan pencucian dan penguapan. Kandungan dari limbah tersebut diantaranya padatan tersuspensi, kasar dan halus terbanyak serta senyawa organik. Pemekatan dan pencucian pati dengan sentrifus menghasilkan limbah cukup banyak juga dengan kandungan padatan tersuspensi halus yang cukup tinggi. Limbah yang dihasilkan tersebut kadang kurang diperhatikan oleh pengelola industri dengan kata lain dibuang begitu saja tanpa melalui pengolahan limbah terlebih dahulu, sehingga membawa beberapa efek buruk bagi lingkungan. Pada

industri rumah tangga biasanya limbah cair langsung dibuang ke lingkungan (Azizah dkk, 2017).

**Tabel 1** Baku Mutu Air Limbah dan Industri

<b>Parameter</b>	<b>Kadar Maksimal</b>
BOD ( 5 hari, 20° C )	100 mg/L
COD	200 mg/L
Total Padatan Tersuspensi	100 mg/L
pH	6-9
Sianida	0,2 mg/L
Debit	30 m <sup>3</sup> per ton produk

(Peraturan Gubernur Lampung Nomor 11, 2012 )

### 2.2.2 Limbah Gas

Limbah gas yang di hasilkan dari limbah cair yang mengalami dekomposisi secara alami di badan-badan perairan dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau tersebut dihasilkan pada proses penguraian senyawa yang mengandung nitrogen, sulfur dan fosfor dari bahan berprotein (Hanifah dkk, 2001).

Limbah gas industri tepung tapioka merupakan salah satu, dimana limbah ini memiliki kontribusi terhadap emisi gas metana (Tanata dkk, 2013).

Pengolahan air limbah tapioka dengan menggunakan bioreaktor *Cover Lagoon Anaerobic Reactor (CoLAR)* pada kondisi operasi suhu pada 26 - 280C dan pH 6,8 – 7,2 dengan kapasitas olah 150 m<sup>3</sup> per hari mampu menghasilkan biogas sebanyak 485,4 m<sup>3</sup> per hari. Substrat tanpa perlakuan penambahan urea pada kondisi suhu tinggi menghasilkan produksi biogas terbanyak yaitu 314,58 ml/hari dengan komposisi starter inokulum limbah cair tepung tapioka sebanyak 20% (Indarto, 2010).

### 2.2.3 Limbah Padat

Pada proses pembuatan tapioka limbah yang dihasilkan berupa limbah padat (onggok). Onggok sebagian besar komponen berupa karbohidrat (pati) dalam bentuk selulosa dan serat. Proses pengolahan singkong menjadi tapioka juga menghasilkan limbah cair. Besarnya kedua jenis limbah ini berkisar 67- 69% (Djuma'ali, 2013).

Pada saat memproduksi satu ton singkong dihasilkan limbah padat berupa kulit sebanyak 300 kg, ampas 80 kg, dan hasil tepung tapioka sebanyak 250 kg. Bila singkong di kupas menghasilkan kulit luar 0,5 – 20 % dan kulit dalam 8 – 14% dari umbunya. Angka konversi singkong menjadi onggok atau ampas berkisar 42,2 – 62%. Ampas atau onggok industri tapioka juga hasil sampingan dari industri yang kebanyakan dimanfaatkan sebagai pakan ternak, atau dijual kepada tengkulak ampas. Ampas dihasilkan dari proses penyaringan ubi kayu yang telah diparut yang telah diambil patinya (Ali Hasan, 2021).

Ampas (onggok) berbentuk seperti parutan kelapa dengan kandungan air 80% (Indrianeu dan Singkawijaya, 2019). Semakin banyaknya jumlah produksi industri tapioka akan meningkatkan hasil sampingan berupa Ampas (Onggok). Ampas yang tidak segera dimanfaatkan akan menimbulkan pencemaran lingkungan karena menyebarkan bau busuk disekitar lingkungan industri tapioka. Beberapa pabrik industri tapioka memanfaatkannya sebagai tepung asia jika ampas memiliki kualitas yang bagus (Nanti Musita *et al*, 2020).

Limbah kulit singkong adalah limbah organik yang mudah terurai secara alami. Limbah kulit singkong setelah pengupasan harus segera diolah agar tidak membusuk. Kulit singkong mengandung air sehingga mikroorganisme

mudah tumbuh dan membuat kulit singkong cepat membusuk (Hermanto dan Fitriani, 2018).

Limbah kulit singkong mengandung senyawa hidrogen sianida (HCN). Senyawa ini tidak konstan, bisa berubah-ubah yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Jika musim kemarau, kadar senyawa HCN akan meningkat, begitupun sebaliknya (Farghaly *et al*, 2016).

Limbah padat industri tapioka adalah ampas tapioka (onggok) yang bersumber dari pengestraksian dan pengepresan. Komponen penting yang terdapat dalam onggok adalah pati dan selulosa. Onggok juga mengandung air dan karbohidrat yang cukup tinggi serta kandungan protein kasar dan lemak yang rendah. Jumlah kandungan ini berbeda dan dipengaruhi oleh daerah tempat tumbuh, jenis ubikayu, dan teknologi pengolahan yang digunakan dalam pengolahan ubikayu menjadi tapioka. Onggok merupakan limbah dari industri tapioka yang berbentuk padatan yang diperoleh pada proses ekstraksi. Pada proses ekstraksi ini diperoleh suspensi pati sebagai filtratnya dan ampas yang tertinggal sebagai onggok (Wikurendra dan Asih, 2019)

Komponen penting yang terdapat dalam onggok adalah pati dan serat kasar. Pati dan serat kasar yang terdapat di onggok dapat diuraikan secara enzimatik. Kandungan ini berbeda untuk setiap daerah tempat tumbuh, jenis dan mutu singkong, teknologi yang digunakan, dan penanganan ampas itu sendiri (Fahmi, 2008).

Tingginya jumlah produksi tapioka diikuti dengan meningkatnya limbah berupa onggok. Jumlah onggok tapioka yang dihasilkan dari industri kecil dengan bahan baku lima kg per hari menghasilkan onggok tapioka sebanyak 3,75 kg. Sedangkan industri menengah dengan bahan baku rata-rata sebanyak 20 kg per hari menghasilkan 15 kg onggok tapioka dan industri besar dengan

bahan baku 600 kg per hari dapat menghasilkan onggok tapioka sebanyak 450 kg (Puspitasari, 2009).

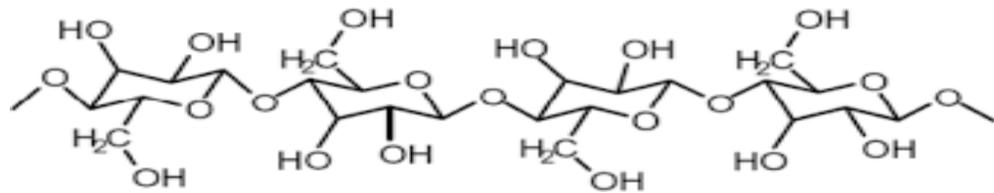
Meskipun di katakan limbah, onggok masih memiliki kandungan pati dan serat kasar (selulosa, hemiselulosa, lignin), karena pada saat ekstraksi tidak semua kandungan pati ikut dan tersaring bersama filtrat. Pati dan serat kasar merupakan komponen karbohidrat dalam onggok yang masih potensial untuk dimanfaatkan. Onggok singkong mempunyai sifat fisik yang kurang menguntungkan diantaranya elastisitas, kekerasan, stabilitas mekanik dan peka terhadap kelembaban.

Dari kandungan yang dimiliki, onggok dapat diolah menjadi pakan ternak, bahan pangan, lemak atau minyak onggok sebagai bahan pembuat sabun, bahan obat nyamuk, bahan kertas, bahan pelumas, sebagai pengkilap cat, dan sebagai bahan obat-obatan (Virlandia dkk., 2005).

### **2.3 Selulosa**

Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida dalam rantai lurus. Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian berkrystal dan sisanya bagian amorf (Aziz *et al.*, 2002). Selulosa adalah salah satu komponen dari lignoselulosa, dimana lignoselulosa adalah komponen organik yang jumlahnya berlimpah di alam meliputi tiga polimer yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa memiliki karakter yang bersifat hidrofilik, tidak mudah larut dalam air, biasanya sebagai solvent organik, memiliki sifat yang menarik seperti biokompatibel, mudah terdegradasi dan terbaharukan dan juga memiliki gugus hidroksil pada pembentukan jaringan dengan ikatan hidrogen dalam reaksi kimia (Yunisa, 2017). Selulosa mempunyai bentuk empiris  $C_6H_{10}O_5$  yang terdiri atas anhidroglukosa dari senyawa polisakarida serta menjadi penyusun utama dari dinding sel pada tumbuhan (Siswati *et al.*, 2021). Alaminya selulosa tidak ditemukan dalam keadaan murni dikarenakan

selulosa selalu berikatan dengan polisakarida lainnya (pektin, xilem, lignin, serta hemiselulosa) (Yuliandri, 2020). Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Fibril-fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membuat kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat dan keras (Fan *et al*, 1982). Struktur selulosa dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur Selulosa

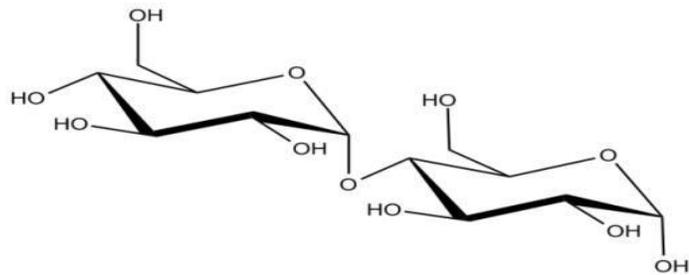
Selulosa termasuk polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif tiap unit hidroglukosa, tersusun atas ribuan gugus anhidroglukosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- $\beta$ glukosida membentuk molekul berantai yang panjang dan linier. Gugus hidroksil pada C2 dan C3 adalah gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon sekunder, sedangkan gugus hidroksil pada C6 terikat pada atom karbon primer (Mulyadi, 2019). Selulosa dapat dibedakan menjadi:

#### A. $\alpha$ -Selulosa

(*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan derajat polimerisasi 600 - 1500. Selulosa  $\alpha$  dipakai sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian selulosa. Selulosa  $\alpha$  merupakan kualitas selulosa yang paling tinggi (murni).

$\alpha$ -selulosa > 92% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak, sedangkan selulosa kualitas di bawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri sandang/kain. Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik mutu bahannya (Nuringtyas, 2010).

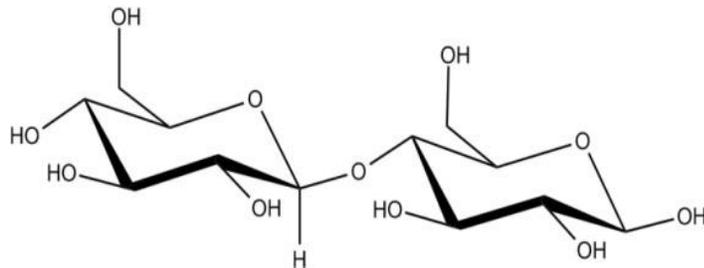
Struktur dari  $\alpha$ -Selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** struktur  $\alpha$ -selulosa

#### B. $\beta$ -Selulosa

(*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat pada suhu 20° C, dapat mengendap bila dinetralkan dan bersuasana asam. Struktur dari  $\beta$  Selulosa disajikan padan gambar 3.



**Gambar 3** struktur  $\beta$ -Selulosa

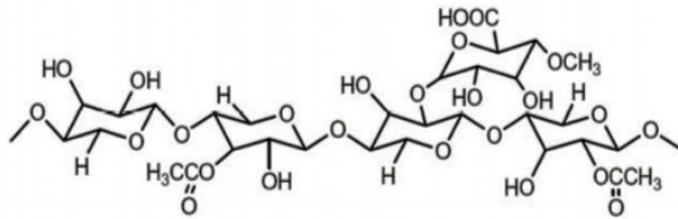
### C. $\gamma$ -Selulosa

(*Gamma Cellulose*) adalah sama dengan selulosa  $\beta$ , tetapi derajat polimerisasinya kurang dari 15. Bervariasinya struktur kimia selulosa ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) mempunyai pengaruh yang besar pada reaktivitasnya. Gugus-gugus hidroksil yang terdapat dalam daerah-daerah amorf sangat mudah dicapai dan mudah bereaksi, sedangkan gugus-gugus hidroksil yang terdapat dalam daerah-daerah kristalin dengan berkas yang rapat dan ikatan antar rantai yang kuat mungkin tidak dapat dicapai sama sekali. Pembengkakan awal selulosa diperlukan baik dalam eterifikasi (alkali) maupun dalam esterifikasi (asam) (Sjostrom, 1995).

## 2.4 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan senyawa matriks yang berada diantara mikrofibril selulosa. Hemiselulosa adalah heteropolisakarida kompleks yang tersusun dari D-glukosa, D-galaktosa, D-mannosa, D-xilosa, L-arabinosa, asam glukuronat, dan asam 4-O-metil-glukuronat. Polimer ini berbentuk amorf, sangat tersubstitusi dengan asamasetat dan memiliki cabang-cabang yang mudah berinteraksi dengan selulosa, memberikan stabilitas dan fleksibilitas pada agregat (Machado dkk., 2016). Molekul hemiselulosa lebih mudah menyerap air, bersifat plastis, dan mempunyai permukaan lebih luas dari selulosa. Hemiselulosa merupakan istilah umum bagi polisakarida yang larut dalam alkali.

Berikut struktur hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Struktur Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida terbesar kedua setelah selulosa. Silan adalah komponen utama hemiselulosa pada dinding sel tanaman, dan degradasi silan akan menghasilkan silosa yang mempunyai potensi sebagai pemasok kebutuhan energi bagi ternak ruminansia (Karim, 2014). Selanjutnya Kusnandar (2010), menjelaskan hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang mengandung berbagai gula, terutama pentosa. Hemiselulosa umumnya terdiri dari dua atau lebih residu pentosa yang berbeda. Komposisi polimer hemiselulosa sering mengandung asam uronat sehingga mempunyai sifat asam. Hemiselulosa memiliki derajat polimerisasi yang lebih rendah, lebih mudah dibandingkan selulosa dan tidak berbentuk serat-serat yang panjang. Selain itu, umumnya hemiselulosa larut dalam alkali dengan konsentrasi rendah, dimana semakin banyak cabangnya semakin tinggi kelarutannya.

## 2.5 Lignin

Lignin merupakan bagian terluar dari struktur biomassa lignoselulosa. Lignin berperan dalam struktur tanaman sebagai penguat, penahan serangan mikroba dan tekanan oksidasi. Lignin memiliki struktur heteropolimer amorph dimana tersusun dari tiga unit fenilpropan seperti p-coumaryl, coniferil dan sinapyl alkohol yang terikat dengan beragam ikatan (Anindyawati, 2010; Hendriks &

Zeeman, 2009). Struktur lignin yang kompleks membuatnya sulit didegradasi (Anindyawati, 2010). Oleh karena itu, lignin biasanya dipisahkan dengan selulosa dan hemiselulosa untuk mendapatkan hasil terbaik. Umumnya, pemanfaatan lignin hanya pada industri non pangan saja.

## 2.6 Nanoselulosa

Nanoselulosa adalah material berukuran nano yang terbuat dari selulosa, berdiameter 1 – 100 nm dengan bentuk memanjang 500 – 2000 nm yang luas permukannya dan jumlah gugus hidroksilnya tinggi (Ningtyas, dkk, 2020). Aplikasi dari nanoselulosa sendiri sangat luas (Wang *et al*, 2008). Nanoselulosa dapat berbentuk kristal dan serat. Nanokristal selulosa digunakan sebagai salah satu bahan baku pembuatan obat-obatan yang selama ini diimpor ke Indonesia sehingga harga obat relatif tinggi (Aulia, dkk, 2013). Menurut Ningtyas, dkk. (2020).

Partikel selulosa yang mengalami perubahan yaitu nanoselulosa, perubahan ini berupa peningkatan kristalinitas, luas permukaan, peningkatan dispersi dan biodegradasi. Dengan adanya perubahan dari selulosa menjadi nanoselulosa menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari selulosa. Perubahan sifat dari selulosa juga mempengaruhi bentuk dari struktur nanoselulosa (Isdin, 2010). Partikel nanoselulosa merupakan material jenis baru yang mengalami perubahan, perubahan ini berupa peningkatan kristalinitas, luas permukaan, peningkatan dispersi dan biodegradasi. Dengan adanya perubahan dari selulosa menjadi nanoselulosa menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari selulosa dapat dimanfaatkan sebagai *filler* penguat polimer, aditif untuk produksi *biodegradable*, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media pembawa obat (Ioelovich, 2012).

Ditinjau dari strukturnya, nanoselulosa mempunyai kelarutan yang besar dalam air karena banyaknya kandungan gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Tidak demikian karena nanoselulosa tidak larut dalam air tetapi juga dalam pelarut lain. Penyebabnya ialah struktur dari nanoselulosa yang kompleks dan kuat serta bagian amorf yang hilang pada proses hidrolisis oleh asam. Faktor ini menjadi penyebab kristalinitas yang tinggi dari serat selulosa. Selain tingkat kristalinitas, nanoselulosa juga memiliki peningkatan luas permukaan, kemampuan dispersi, biodegrasi dan aspek rasio.

Penelitian tentang nanoselulosa telah banyak dilakukan dengan berbagai metode. Salah satunya sintesis dari  $\alpha$ -selulosa yang terdiri dari empat tahap yaitu hidrolisis asam menggunakan asam kuat. Menurut (Peng, 2011) asam sulfat sering digunakan dalam produksi nanoselulosa, namun dispersibilitas dari nanoselulosa yang diperoleh dari jenis asam ini berbeda dengan jenis asam lainnya, karena kelimpahan dari gugus sulfat pada permukaan, nanoselulosa yang diperoleh dari hidrolisis menggunakan asam sulfat dapat terdispersi dengan mudah di dalam air dibanding dengan menggunakan asam kuat lainnya.

Menurut (Ningtyas dkk, 2020), nanoselulosa dapat diekstraksi dari bahan baku sumber selulosa, di antaranya dengan metode hidrolisis asam, enzimatik dan mekanik. Saat ini metode yang paling banyak digunakan adalah hidrolisis asam karena mudah dan mempunyai sifat yang lebih baik (Filson *et al*, 2009). Pada penelitian terdahulu yang menggunakan metode hidrolisis asam dengan asam sulfat dihasilkan nanoselulosa berukuran 290,4 nm (Julianto dkk, 2017), sedangkan pada metode mekanis yaitu hidrotermal (Li *et al*, 2012) dan ultrasonikasi (Hu *et al*, 2017) dihasilkan ukuran nanoselulosa yang lebih kecil 50 – 250 nm (Li *et al*, 2012).

Hidrolisis asam merupakan proses utama yang digunakan dalam memproduksi nanoselulosa, dimana susunan blok kecil dilepaskan dari serat selulosa. Selulosa terdiri dari daerah amorf dan daerah kristalin. Daerah amorf memiliki densitas lebih rendah dibandingkan daerah kristalin, sehingga ketika selulosa diberikan perlakuan dengan menggunakan asam kuat maka daerah amorf akan putus dan melepaskan daerah kristalin (Peng, 2011).

Pembuatan nanoselulosa oleh hidrolisa asam terjadi pada temperatur yang cukup tinggi dan berada pada media asam dalam waktu yang cukup lama. Hal ini menyebabkan terjadinya reaksi yaitu selulosa terhidrolisa menjadi selulosa dengan berat molekul yang rendah. Keaktifan asam pekat untuk menghidrolisis selulosa berbeda-beda. Untuk keaktifan yang sangat tinggi dimiliki oleh asam oksalat, asam nitrat, asam sulfat dan asam klorin adalah asam yang aktif, sedangkan asam-asam organik merupakan asam asam yang tidak aktif. Asam sulfat yang pekat (75%) akan menyebabkan selulosa berbentuk gelatin, asam nitrat pekat akan menyebabkan selulosa membentuk ester sedangkan asam fosfat pada temperatur rendah akan menyebabkan sedikit berpengaruh pada selulosa (Solechudin dan Wibisono, 2002).

## **2.7 Aplikasi Nanoselulosa**

### **A. Aplikasi di bidang medis**

Menurut (Dumanali, 2017), nanoselulosa dapat digunakan dalam aplikasi biomedis karena memiliki karakteristik yang memenuhi syarat umum untuk digunakan pada bidang medis. Nanoselulosa bersifat biokompabilitas dan nontoksik. Nanoselulosa sering digunakan sebagai *drug delivery* pada biomedis untuk keperluan farmasi. (Trache *et al*,2020) menyebutkan bahwa sistem penghantaran obat yang efisien menunjukkan

beberapa karakteristik penting seperti penargetan, peningkatan kelarutan, pelepasan obat terkontrol, stabilitas obat, dan efek terapeutik. Selulosa nanokristal dapat dijadikan sebagai eksipien dan pembawa farmasi yang sesuai karena stabilitas koloidnya, rasio permukaan-volume yang tinggi, dan muatan permukaan negatif yang memungkinkan memuat obat-obatan bermuatan atau netral, mengendalikan pelepasan senyawa aktif, dan mengangkut gen ke sel target. biokompatibilitas secara *in vivo* dan jaringan pengintegrasian pada *bacterial cellulose* ditunjukkan hasil bahwa tidak ada tanda-tanda peradangan baik pada skala makro maupun skala mikro. Selain itu, nanoselulosa memiliki stabilitas kimia yang tinggi dimana struktur utamanya mampu menahan gangguan kimiawi secara eksternal karena serat mikro polimernya yang sangat kristalin.

#### B. Aplikasi di bidang Kosmetik

Polimer alami seperti *cellulose pulp*, hidrogel dan selulosa nanofibril telah digunakan sebagai bahan penting pada kosmetik (Amorium *et al*,2020) Selulosa nanokristal dapat digunakan dalam produk kosmetik seperti lotion, sabun, perawatan rambut, agen *anti drip* (tidak mudah rusak) dan pewarna. Perusahaan kosmetik termasuk *L'Oréal* menunjukkan minat pada nanomaterial yang bersifat biokompatibel, biodegradabilitas dan nanomaterial berbasis bahan biologis (klemm *et al*,2018). Selain itu, berdasarkan Kim *et al* (2019) selulosa nanofibril juga telah coba diterapkan ke berbagai bidang kosmetik. Penelitian ini dilakukan dengan menguji sitotoksitas, uji iritasi kulit dan uji iritasi mata. Selulosa nanofibril mampu digunakan dengan tidak menyebabkan iritasi kulit dan mata pada 5000 µg/ml. Sehingga selulosa nanofibril mampu menghambat pertumbuhan sel-sel yang berhubungan dengan kulit tetapi tidak menyebabkan iritasi kulit dan mata pada model 3D kulit dan kornea manusia.

### C. Aplikasi di bidang Bioteknologi

Keuntungan dalam aplikasi bioteknologi, jika selulosa nanokristal dibandingkan dengan makroselulosa tidak hanya terkait dengan sifat-sifatnya yang sangat baik seperti memiliki sifat biodegradabilitas yang tinggi, terbarukan, sangat melimpah, dan sifat biokompatibilitas yang tinggi. Namun, dimensi skala nano tersebut dapat mengembangkan berbagai macam sifat yang memungkinkan untuk diteliti (Albuquerque, 2016). Penelitian Jonghyun *et al* (2019) menyebutkan bahwa penggunaan selulosa nanokristal pada formulasi larvasida hayati dapat mengatasi masalah ketidakmampuan minyak atsiri di dalam air. Selain itu, selulosa nanokristal dapat memberikan pelepasan terkontrol pada minyak atsiri tersebut. Penggunaan nanoselulosa pada bidang pertanian telah dimanfaatkan sebagai lapisan pelindung untuk benih, tanaman, dan bahan makanan. Lapisan komposit nanoselulosa bernilai karena sifat mekanik dan penghalangnya, kemampuan terurai secara hayati, dan aplikasi terhadap perlindungan tanaman. Nanoselulosa digunakan sebagai pelapis/film untuk memanen dan menyimpan tanaman, serta untuk melindungi tanaman atau bagian tanaman yang mudah rusak. Pelapis/film berbahan dasar nanoselulosa tersebut efektif untuk melindungi produk pertanian yang segar maupun olahan (lavicoli *et al*, 2017).

## 2.8 Karakterisasi Nanoselulosa dari Onggok Singkong

### 2.8.1 *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Spektroskopi IR merupakan salah satu teknik penentuan struktur yang didasarkan pada vibrasi atom dalam molekul. Spektrum inframerah didapatkan dengan melewatkan radiasi inframerah ke dalam sampel dan

menentukan fraksi radiasi yang diserap pada energi tertentu. Energi yang muncul pada spektrum absorpsi sebagai beberapa puncak menggambarkan frekuensi vibrasi dari bagian molekul. Atom-atom di dalam suatu molekul tidak dapat diam melainkan bervibrasi (bergerak). Bila suatu senyawa diradiasi menggunakan sinar inframerah, maka sebagian sinar akan diserap oleh senyawa, sedangkan yang lainnya akan diteruskan. Serapan ini diakibatkan karena molekul senyawa organik mempunyai ikatan yang dapat bervibrasi. Vibrasi molekul dapat dialami oleh semua senyawa organik, namun ada beberapa yang tidak terdeteksi oleh spektrometri IR. Cahaya terdiri dari berbagai frekuensi elektromagnetik yang berkesinambungan yang berbeda. Radiasi inframerah adalah salah satu bagian dari spektrum elektromagnetik yang terletak antara cahaya tampak dan gelombang mikro. Rentang panjang gelombang inframerah yang digunakan untuk tujuan analisis adalah  $2,5 \times 10^{-6}$  m sampai dengan  $16 \times 10^{-6}$  m. Satuan yang digunakan dalam spektroskopi inframerah adalah mikrometer dan bilangan gelombang. Namun para ahli kimia lebih banyak menggunakan satuan bilangan gelombang yaitu  $\text{cm}^{-1}$ . Nilai 2,5-16  $\mu$  sama dengan 4000-625  $\text{cm}^{-1}$  (Samsiah, 2009).

### 2.8.2 SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Fungsi SEM adalah dengan memindai terfokus balok halus elektron ke sampel. Elektron berinteraksi dengan sampel komposisi molekul. Energi dari elektron menuju ke sampel secara langsung dalam proporsi jenis interaksi elektron yang dihasilkan dari sampel. Serangkaian energi elektron terukur dapat dihasilkan yang dianalisis

oleh sebuah mikroprosesor yang canggih yang menciptakan gambar tiga dimensi atau spektrum elemen yang unik yang ada dalam sampel dianalisis.

### **2.8.3 XRD (*X-Ray Diffraction*)**

XRD merupakan salah satu metode karakteristik material yang paling sering digunakan. XDR digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel. Prinsip dasar dari XRD adalah mendifraksi cahaya melalui celah kristal, difraksi cahaya oleh kristal atau kisi-kisi mampu terjadi pada saat difraksi berasal dari radius yang mempunyai panjang gelombang dan jarak antar atom sebesar 1 angstrom. Radiasi yang digunakan dalam bentuk sinar-X, elektron dan neutron. Sinar-X adalah proton dengan energi tinggi yang mempunyai panjang gelombang 0,5 sampai 2,5 angstrom. Ketika sinar-X berinteraksi dengan material, maka sebagian sinar-X akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sisanya dihamburkan terdifraksi. Hamburan inilah yang dideteksi oleh XRD (Callister, 2009).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai dengan bulan Juli 2024 di Pusat Riset Teknologi Pertambangan Badan Riset dan Inovasi Nasional Tanjung Bintang. Sampel Onggok Singkong di dapatkan dari pabrik tepung tapioka di desa Bangun Sari kecamatan Negerikaton kabupaten Pesawaran. Pada penelitian ini di lakukan analisis FTIR, SEM (*Scanning Electron Microscope*), XRD (*X-Ray Diffraction*) yang dilaksanakan di Pusat Riset Teknologi Pertambangan Badan riset dan inovasi nasional Tanjung bintang, Lampung selatan.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat-alat yang di gunakan dalam penelitiab ini adalah blender, ayakan 80 mesh, neraca analitik, oven, labu ukur 500 ml dan 50 ml, erlenmeyer, gelas

beker, batang pengaduk, pipet tetes, pipet volume, corong, kertas saring, plastik wrap, kaca arloji, tabung sentrifugasi, mikro pipet, hot plate, dan pH meter.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah onggok singkong yang di peroleh dari pabrik tepung tapioka di desa Bangun Sari kecamatan Negerikaton kabupaten Pesawaran,  $\text{HNO}_3$ , asam sitrat,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , MSG,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , asam asetat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , air suli,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan Asam asetat.

### **3.3 Metode Penelitian**

#### **3.3.1 Preparasi sampel**

Sampel kering yang diambil dari pabrik tepung tapioka di desa Bangun Sari, kecamatan Negerikaton Kabupaten Pesawaran di keringkan menggunakan oven dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 1 jam supaya sampel lebih kering lalu di haluskan dan di ayak menggunakan ayakan 80 mesh agar didapatkan serat yang lebih halus.

#### **3.3.2 Isolasi selulosa dari onggok singkong**

Sebanyak 100 g sampel onggok singkong dilarutkan dengan variasi larutan  $\text{HNO}_3$  0,5M, asam sitrat 0,5M, dan MSG 0,5M dipanaskan pada suhu  $90^\circ\text{C}$  disertai dengan pengadukan 200 rpm selama 2 jam. Kemudian sampel di saring untuk memisahkan antara residu dengan filtrat. Residu yang dihasilkan selanjutnya dilakukan pencucian dengan air suli sampai pH netral lalu dikeringkan di bawah sinar matahari.

Sampel hasil delignifikasi yang sudah kering kemudian dipanaskan dengan 700 ml variasi NaOH 2% dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 % pada suhu 50°C selama 1 jam. Kemudian sampel disaring untuk memisahkan antara residu dengan filtrat. Residu yang dihasilkan selanjutnya dilakukan pencucian dengan air suli sampai pH netral lalu dikeringkan dibawah sinar matahari lalu ditimbang

### **3.3.3 Pemurniaan selulosa**

Pemurniaan selulosa dilakukan menggunakan larutan NaOH 17,5% dan MSG 17,5%. Masing masing sampel di larutkan dengan 500 mL larutan NaOH 17,5% dan 500 mL larutan MSG 17,5% untuk dan dipanaskan pada suhu 80 ° C selama 0,5 jam. Selanjutnya di lakukan pencucian dengan air suli sampai pH netral lalu di keringkan di bawah sinar matahari lalu ditimbang.

### **3.3.4 Bleaching**

Sampel yang telah dimurnikan lalu di masukkan kedalam masing masing gelas beaker dan dilarutkan dengan larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10% untuk larutan anorganik dan asam asetat 10% untuk larutam anorganik. Masing-masing sampel yang sudah dilarutkan di panaskan di atas hotplate pada suhu 60° C selama 1 jam di sertai pengadukan dengan 200 rpm. Selanjutnya selanjutnya dilakukan pencucian dengan air suli sampai pH netral lalu dikeringkan di bawah sinar matahari lalu ditimbang.

### **3.3.5 Penentuan Kadar $\alpha$ -selulosa menggunakan metode uji SNI 0444:2009 dan Kadar lignin menggunakan Metode SNI 0492:2008.**

Masing masing sampel ditimbang seberat 0,5 g dengan ketelitian 0,1 mg, lalu masing masing sampel dimasukkan ke dalam gelas piala tinggi 300 mL dan tambahkan 75 mL larutan natrium hidroksida 17,5%, sebelumnya sesuaikan dulu pada suhu 25°C. Dilakukan pencatatan waktu pada saat larutan natrium hidroksida ditambahkan. Pulp diaduk dengan batang pengaduk sampai terdispersi sempurna. Hindari terjadinya gelembung udara dalam suspensi pulp selama proses pengadukan. Ketika pulp telah terdispersi, angkat pengaduk dan bersihkan pulp yang menempel pada ujung batang pengaduk.

Pengaduk dibilas dengan 25 mL larutan natrium hidroksida 17,5%, lalu di masukkan ke dalam gelas piala, sehingga total larutan yang ditambahkan ke dalam pulp adalah 100 mL. Aduk suspensi pulp dengan batang pengaduk dan simpan dalam penangas 25°C. Setelah 30 menit dari penambahan pertama larutan natrium hidroksida, ditambahkan 100 mL akuades suhu 25°C. pada suspensi pulp dan aduk segera dengan batang pengaduk. gelas Beaker disimpan dalam penangas untuk 30 menit berikutnya sehingga total waktu ekstraksi seluruhnya sekitar 60 menit. Setelah 60 menit, aduk suspensi dengan batang pengaduk dan tuangkan ke dalam corong.

10 mL sampai 20 mL filtrat dipisahkan , kemudian filtrat di kumpulkan sekitar 100 mL dalam labu yang kering dan bersih. Pulp jangan dibilas atau dicuci dengan akuades dan diamati agar tidak ada gelembung yang melewati pulp pada saat menyaring. pipet filtrat 25 mL dan 10 mL larutan kalium dikromat 0,5 N ke dalam labu 250 mL. ditambahkan dengan hati-hati 50 mL asam sulfat pekat dengan menggoyang labu. Larutan dibiarkan tetap panas selama 15 menit, dipanaskan Kembali pada suhu 125°C sampai 135°C kemudian ditambahkan 50 mL aquades dan dinginkan pada suhu ruangan.

Ditambahkan 2 tetes sampai 4 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N sampai berwarna ungu. Pada kelarutan pulp tinggi (kandungan selulosa alfa rendah), titrasi balik dikromat kurang dari 10 mL, volume filtrat dikurangi menjadi 10 mL dan penambahan asam sulfat menjadi 30 mL. Kemudian dilakukan titrasi blanko dengan mengganti filtrat pulp dengan 12,5 mL larutan natrium hidroksida 17,5% dan 12,5 mL akuades. Hasil analisis yang dapat ditentukan keadaan yang paling optimum menggunakan rumus berikut:

$$X = 100 \frac{6,85(V1-V2) \times N \times 20}{A \times W}$$

Dimana:

X=  $\alpha$ -selulosa, dinyatakan dalam persen (%);

V1 = volume titrasi blanko, dinyatakan dalam mililiter (mL);

V2 = volume titrasi filtrat pulp, dinyatakan dalam mililiter (mL);

N = normalitas larutan ferro ammonium sulfat;

A = volume filtrat pulp yang dianalisa, dinyatakan dalam mililiter (mL);

W = berat kering oven contoh uji pulp, dinyatakan dalam gram (g).

### **3.3.6 Pembuatan Nanoselulosa Dari $\alpha$ -Selulosa dengan Metode Hidrolisis Asam**

Sebanyak 5 gram sampel selulosa, dihidrolisis menggunakan 100 mL asam sulfat dengan variasi konsentrasi yaitu 20%, 30%, 40% (v/v) selama 5 jam dengan suhu 50°C sambil diaduk, setelah itu tambahkan 100 mL akuades dan didinginkan. Lalu dilakukan sentrifugasi 1200 rpm selama 15 menit, dicuci

dengan air suli sambil disentrifugasi. Setelah itu suspensi koloid diultrasonikasi selama 5 menit kemudian di *freezdry* pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam.

### 3.3.7 Analisis FTIR

Analisis FTIR merupakan metode analisis yang di gunakan untuk melihat perubahan intensitas setiap gugus fungsi pada bilangan gelombang tertentu dari selulosa karena perlakuan yang di berikan. Analisis  $\alpha$ -selulosa menggunakan FT-IR dilakukan dengan cara 0,2 mg selulosa dicampur dengan 2 mg KBr dan dibentuk menjadi pellet. *Pellet* dari sampel kemudian dimasukkan ke instrumen FT-IR dengan  $\lambda$  4000-400  $\text{cm}^{-1}$ .

### 3.3.8 Analisis XRD

Analisis XRD digunakan untuk menentukan % kristalinitas dan juga ukuran kristal seperti yang diterangkan oleh (Mohkami and Talaepour , 2011). Nilai % kristalinitas ditentukan dengan rumus  $(I_{002}-I_{am}/I_{002}) \times 100 \%$ , sedangkan ukuran kristal ditentukan dengan rumus:  $D_{hkl} = k\lambda/(B_{hkl} \cos \Theta)$ . Keterangan:

$I_{002}$  = intensitas maksimum puncak kristal pada  $2 \Theta$  antara  $22^{\circ}$  dan  $23^{\circ}$

$I_{am}$  = intensitas maksimum puncak kristal pada  $2 \Theta$  antara  $18^{\circ}$  dan  $19^{\circ}$

$D_{hkl}$  = ukuran kristal

$k$  = konstanta Scherrer (0,84)

$\lambda$  = panjang gelombang X-Ray

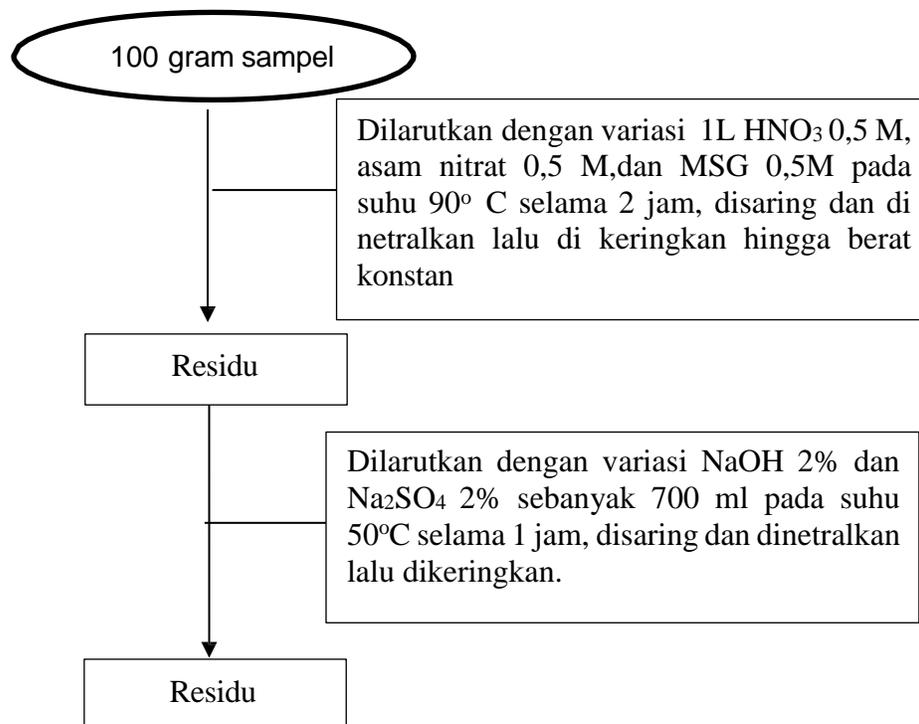
$B_{hkl}$  = refleksi hkl yang diukur pada  $2 \Theta$

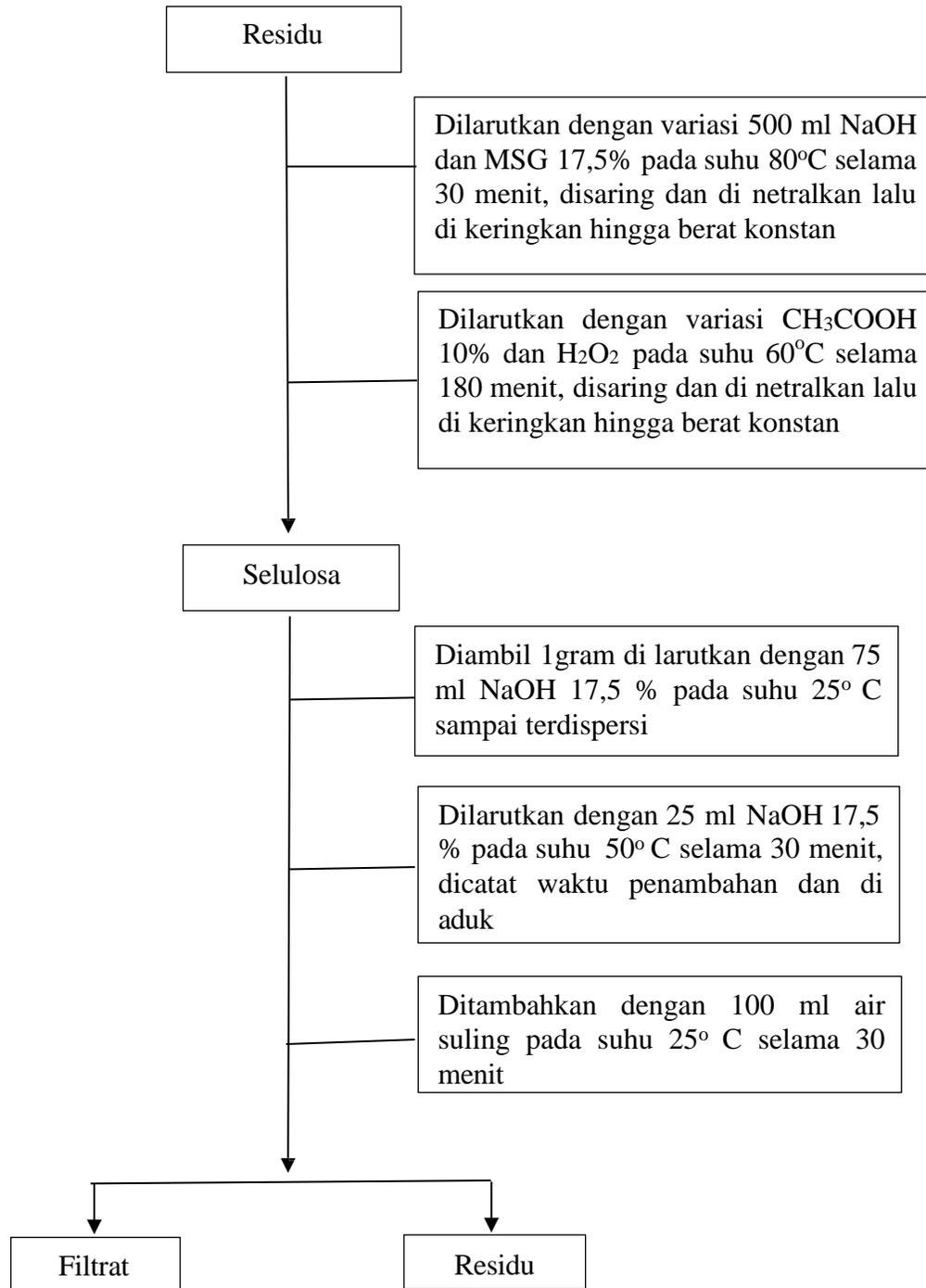
### 3.3.9 Analisis SEM

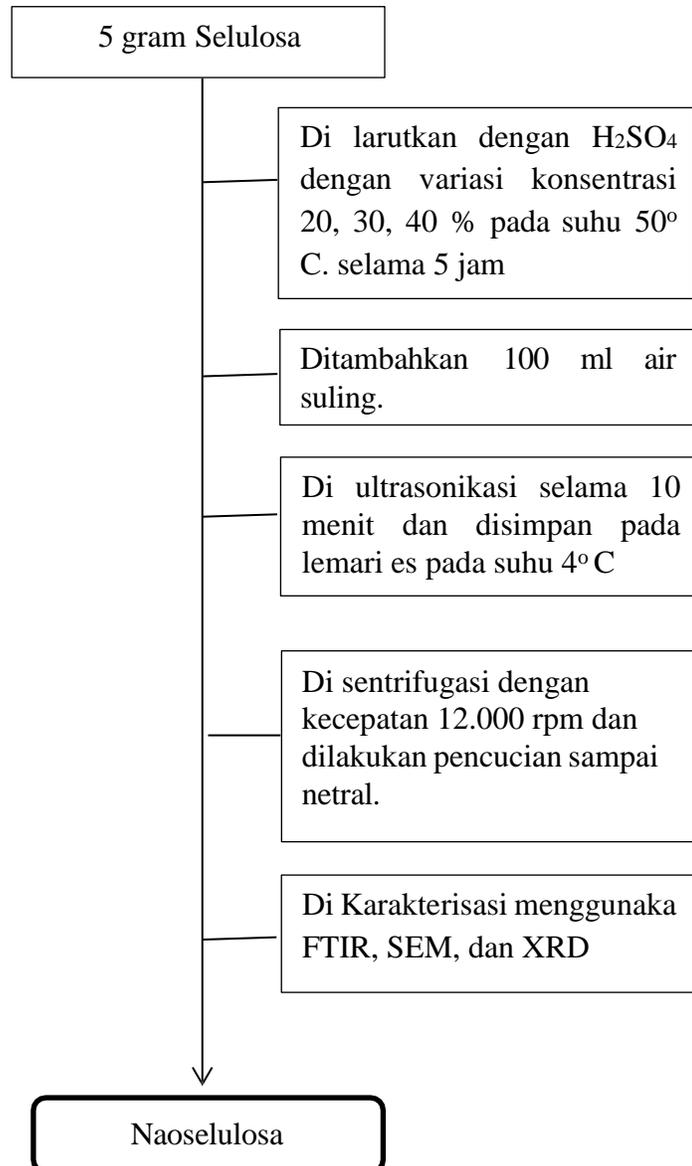
Analisis SEM pada dasarnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data yang diperoleh merupakan data dari permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar  $20\mu\text{m}$  dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Gambar topografi diperoleh dengan penangkap elektron sekunder yang dipancarkan oleh specimen.

### 3.4 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut :







## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada proses isolasi selulosa diperoleh selulosa terbaik dari ongkok singkong pada hidrolisis menggunakan variasi MSG 2% dan pemutihan dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
2. Pada pembuatan nanoselulosa di dapatkan hasil nanoselulosa terbaik terdapat pada selulosa variasi dengan asam sulfat 20%.
3. Pada analisis SEM diperoleh ukuran nanoselulosa dari variasi sampel MSG 20% berkisar antara 167,3 nm-210,7 nm. Analisis XRD variasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20% menunjukkan bahwa seluruh difraktogram nanoselulosa memiliki puncak tajam pada  $2\theta$  sekitar 18° dan 23° yang menunjukkan selulosa analisis FTIR menunjukkan pada ikatan O-H, C-H, C=C, dan C-O, nanoselulosa mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin.

## 5.2 Saran

1. Pada proses delignifikasi sebaiknya dilakukan pencampuran antara NaOH 2% dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2% agar kandungan selulosa yang didapatkan lebih tinggi dan kadar dari lignin lebih rendah pada penggunaan variasi asam sulfat
2. Pada pembuatan nanoselulosa sebaiknya menggunakan konsentrasi yang rendah supaya tingkat keberhasilan yang didapatkan lebih baik dari penelitian yang telah dilakukan

## DAFTAR PUSTAKA

- Albuquerque, P , L. C. Coelho, J. A. Teixeira, and M. G. Carneiro-da-Cunha.2016. *Approaches in biotechnological applications of natural polymers.*
- Ali Hasan. 2021. 'Green Management System', Media Wisata, 14.1.
- Akaracharanya, A., W. Lorliam., S. Tanasupawat., K.C. Lee., J.S Lee. 2011.*Paenibacillus cellulositrophicus sp. Nov., a cellulolytic bacterium from Thai soil.* International Journal of Systematic and Evolutionary Mircobiology. 56: 2680- 2684.
- Anindyawati, T. 2010. Potensi Selulase Dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. Berita Selulosa, 45(2), 70–77.
- Aulia, F., Marpongahtun, Gea, S. 2013. Studi Penyediaan Nanokristal Selulosa dari Tandan Kosong Sawit (TKS). Jurnal Saintia Kimia Vol. 1 No. 2.
- Azizah, Rifka Noor, Agus Slamet, and Adhi Yuniarto. 2017. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Di Kabupaten Lampung Timur. IPTEK *Journal of Proceedings Series* 3(5).
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2017. Provinsi Lampung Dalam Angka. BPS Provinsi Lampung. Lampung.

- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2022. Luas Tanaman Perkebunan Besar Menurut Jenis Tanaman. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Lampung dalam Angka. Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. Lampung.
- Callister, W.D. 2009. *Materials Science and Engineering An Introduction 8Th* . John Wiley and Sons Inc.
- Darmansyah, Simparmin Ginting, Lisa Ardiana, and Hens Saputra. 2016. Mesopori MCM-41 Sebagai Adsorben: Kajian Kinetika Dan Isotherm Adsorpsi Limbah Cair Tapioka. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*. 11(1).
- Djuma'ali. 2013. Biokonversi Onggok Menjadi Etanol dengan Menggunakan Multienzim. Disertasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. Hal. 183-192.
- Dieter Klemm, Emily D. Cranston, Dagmar Fischer, Miguel Gama, Stephanie A. Kedzior, Dana Kralisch, Friederike Kramer, Tetsuo Kondo, Tom Lindström, Sandor Nietzsche, Katrin Petzold-Welcke, Falk Rauchfu. 2018. Nanocellulose as a natural source for groundbreaking applications in materials science: Today's state. *Materials Today*, vol. 21, no. 7, pp. 720-748.
- Edza Aria Wikurendra and Akas Yekti Pulih Asih. 2019. Pemanfaatan Limbah Padat Dan Cair Tapioka Sebagai Bahan Baku Plastik Mudah Terurai (Biodegradable).
- Farghaly, A. dan Tawfik, A. 2016. *Simultaneous Hydrogen and Methane Production Through Multi-Phase Anaerobic Digestion of Paperboard Mill Wastewater Under Different Operating Conditions*. *Appl Biochem Biotechnol*. 181(1):142 – 156.
- Filson, P.B, Dawson-Andoh, B.E. and Schwegler-Berry,D.2009. "Enzymaticmediated production of cellulose nanocrystals from recycled pulp," *Green Chemistry*, pp. 1808-1814.

- Gumrah Dumanli,A. Nanocellulose and its composites for biomedical applications, *Current Medicinal Chemistry*, vol. 24, no. 5, pp. 512-528, 2017
- Hanifah, T. A., Jose, C., Nugroho, T. T., 2001, Pengolahan Limbah Cair Tapioka dengan Teknologi EM (Effective Mikroorganisms), *J. Natur Indones.*, vol. 3, no. 2, 95–103.
- Hendriks, A. T. W. M., & Zeeman, G. (2009). Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*.
- Hermanto & Fitriani. 2018. Pengaruh Lama Proses Fermentasi terhadap Kadar Asam Sianida (HCN) dan Kadar Protein Pada Kulit dan Daun Singkong. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 12 (2), 168-180.
- Indarto, K. E., Produksi Biogas Limbah Cair Industri Tapioka melalui Peningkatan Suhu dan Penambahan Urea pada Perombakan Anaerob, 2010, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret, 1–69.
- Iavicoli, I, Leso,V, D. H. Beezhold, and A. A. Shvedova. 2017 Nanotechnology in agriculture: Opportunities, toxicological implications, and occupational risks. *Toxicology and applied pharmacology*, vol. 329, pp. 96-111.
- Indrianeu, Tineu, dan Elgar Balasa Singkawijaya. 2019. Pemanfaatan Limbah Industri Rumah Tangga Tepung Tapioka Untuk Mengurangi Dampak Lingk *Jurnal Geografi Geografi dan Pengajarannya* 17(2).
- Julia,Didier,Pedrosa,de.,Amorim,Karina.,Carvalho,de,Souza.,Cybelle,Rodrigues,Duar te.,Izarelle,da,Silva.,Duarte,Francisco,de.,Assis,Sales,Ribeiro.,Girlaine,Santos Silva.,Patrícia,Maria,Albuquerque,de,Farias.,Andreas,Stingl.,Andrea,Fernand a,Santana,Costa., Glória,Maria,Vinhas., Leonie,Asfora.,Sarubbo.2020. Plant and bacterial nanocellulose: production, properties and applications in medicine, food, cosmetics, electronics and engineering. A review. *Environmental Chemistry Letters*, pp. 1-19.

- Julianto, H, Farid, M. & Rasyida, A. (2017). Ekstraksi Nanoselulosa dengan Metode Hidrolisis Asam sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*. Vol.6 No.2.
- Karim, I, I. 2014. Kandungan ADF, NDF, Selulosa, Hemiselulosa, Dan Lignin Silase Pakan Komplek Berbahan Dasar Jerami Padi Dan Beberapa Level Biomassa Murbei (*Morus Alba*). Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Kusnandar, F. 2010. Kimia dan Komponen Pangan. PT. Dian Rakyat, Jakarta.
- Li, J.; Wei, X.; Wang, Q., (2012). *Homogeneous isolation of nanocellulose from sugarcane bagasse by high pressure homogenization. Carbohydrate Polymers*, 90(4), 1609– 1613
- Li, W., Yue, J., & Liu, S. (2012). *Preparation of nanocrystalline cellulose via ultrasound and its reinforcement capability for poly(vinyl alcohol) composites. Ultrasonics Sonochemistry* 19, 479 - 485.
- Machado, G., Leon, S., Santos, F., Lourega, R., Dullius, J., Mollmann, M. E., & Eichler, P. (2016). *Literature Review on Furfural Production from Lignocellulosic Biomass. Natural Resources*, 07(03), 115–129.
- Muljani, S., Candra, A., & Faiqoh, I. 2023. Sintesis karakterisasi selulosa kristal dari batang tembakau. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2), 46-51.
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi dan Karakteristik Selulosa *Jurnal Sains dan Matematika Unpam*, 1(2).
- Nanti, Musita. Strategi Penghidupan Petani Padi Dalam Memanfaatkan Air Limbah Tapioka Untuk Irigasi Sawah Di Desa Pohijo Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati. 2020 *Swara Bumi E-Jurnal Pendidikan Geografi FIS Unesa* 1.1.

- Ningtyas, K.R., Muslihudin, M Sari, I.N. (2020). Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Pertanian Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* Vol. 20 (2).
- Novarida Prisanti T., Setiawan Sena H.P., Nuraini Elesya., Sumarno. 2018. Ekstraksi Selulosa Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon Melalui Proses Delignifikasi Alkali Ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 1411-1049.
- Nystrom, G., Razaq, A., Stromme, M., & Mihranyan, A. 2009. Ultrafast Allpolymer Paper Based Batteries. *Nano Letters*, 9(10), 3635–3639.
- P. Albuquerque, L. C. Coelho, J. A. Teixeira, and M. G. Carneiro-da-Cunha, "Approaches in biotechnological applications of natural polymers," 2016.
- Prassana NS and Mitra J. 2020. Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from Cucumis sativus peels. *Jurnal kimia FMIPA Unnesa*. 9,80-85.
- Potthast, A., Rosenau, T., and Kosma, P. 2006. *Analysis of Oxidized Function Cellulose*. *Advanced Polymer Science*. 1–6.
- Resty, Laila H., Nur, Angelina, A., Lailiyah, N., Gusti, I, Made, S. 2020. Ekstraksi dan karakterisasi nanoselulosa dari limbah kulit bawang. *Jurnal FMIPA universitas Negeri Surabaya*.
- Santoso, B., Proses Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka, 2010, *J. Ilm. Teknol.*, vol. 15, no. 3, 13–220.
- Siswati, D. N., Wachidah, A. N., Eka, A., & Ariyani, P. (2021). Selulosa asetat dari ampas sago cellulose acetate from sago waste. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2), 90–94.
- S. Jonghyun et al., "Biological Activity of Thyme White Essential Oil Stabilized by Cellulose Nanocrystals," *Biomolecules*, vol. 9, p. 799, 11/28 2019.

- S. Kim, E. Ji Gwak, S. Jeong, S. Lee, and W. Sim, "*Toxicity Evaluation of Cellulose Nanofibers (Cnfs) for Cosmetic Industry Application*," J Toxicol Risk Assess, vol. 5, p. 29, 2019.
- Tanata, S., Gunawan, M. R., Setiaty, P., 2013, Pengaruh Komposisi Campuran Limbah Padat dan Cair Industri Tapioka terhadap Persentase Penyisihan Total Suspended Solid (TSS) dengan Starter Kotoran Sapi, J. Tek. Kim. USU, 1–4.
- Trache, D., Hussin, MH, Haafiz, MM, dan Thakur, VK. 2020. Nanocellulose: from fundamentals to advanced applications. *Frontiers in Chemistry*, vol. 8.
- Wang, N.; Enyong, D.; Rongshi, C., (2008). *Preparation and Liquid Crystalline Properties of Spherical Cellulose Nanocrystals*. *Langmuir*, 24, 5-8.
- W. F. d. F. IE, Nanoteknologi bagi industri pangan dan kemasan, Bogor: M-BRIO Press, 2010.
- Widayatno T, and Sriyani. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi. Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia dan Tekstil mengandung
- Yuliandri, A. (2020). Sintesis Selulosa Asetat dari Agar Rumput Laut Merah *Gracilaria vermiculophylla*. Sains, Fakultas Teknologi, D A N Ar-Raniry, Universitas Islam Negeri Aceh, Banda
- Yunisa, T. R. (2017). Potensi daun lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) sebagai biosorben logam timbal. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*.
- Zhijun Hu, R. Zhai, J. Li, Y. Zhang, and J. Lin, 2017. *Preparation and Characterization of Nanofibrillated Cellulose from Bamboo Fiber via Ultrasonication Assisted by Repulsive Effect*. *Int. J. Polym. Sci*.