

Isolasi dan Karakterisasi Nanoselulosa dari Serat Gambas (*Luffa acutangula* L.)

SKRIPSI SARJANA KIMIA



FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2025

Isolasi dan Karakterisasi Nanoselulosa dari Serat Gambas (*Luffa acutangula* L.)

SKRIPSI SARJANA KIMIA

Oleh :

AULIA FEBBY ZHAFIRA

NIM : 2110412043



Skripsi ini diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Sarjana Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas

**PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS**

PADANG

2025

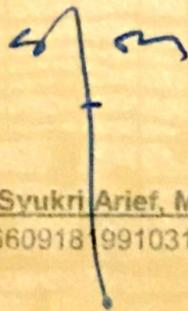
LEMBARAN PENGESAHAN

"Isolasi dan Karakterisasi Nanoselulosa dari Serat Gambas (*Luffa acutangula* L.)"
merupakan skripsi oleh Aulia Febby Zhafira (NIM : 2110412043) sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (Strata-1/S1) pada Program Sarjana Departemen
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas dan telah diuji
pada tanggal : 19 Agustus 2025.

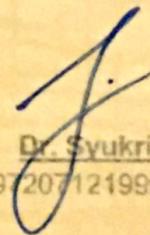
Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



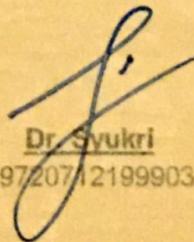
Prof. Dr. Syukri Arief, M.Eng
NIP. 196609181991031005



Dr. Syukri
NIP. 197207121999031002

Mengetahui:

Ketua Departemen Kimia



Dr. Syukri
NIP. 197207121999031002

LEMBARAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Padang, 19 Agustus 2025

اؤلى

Aulia Febby Zhafira

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan kekuatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

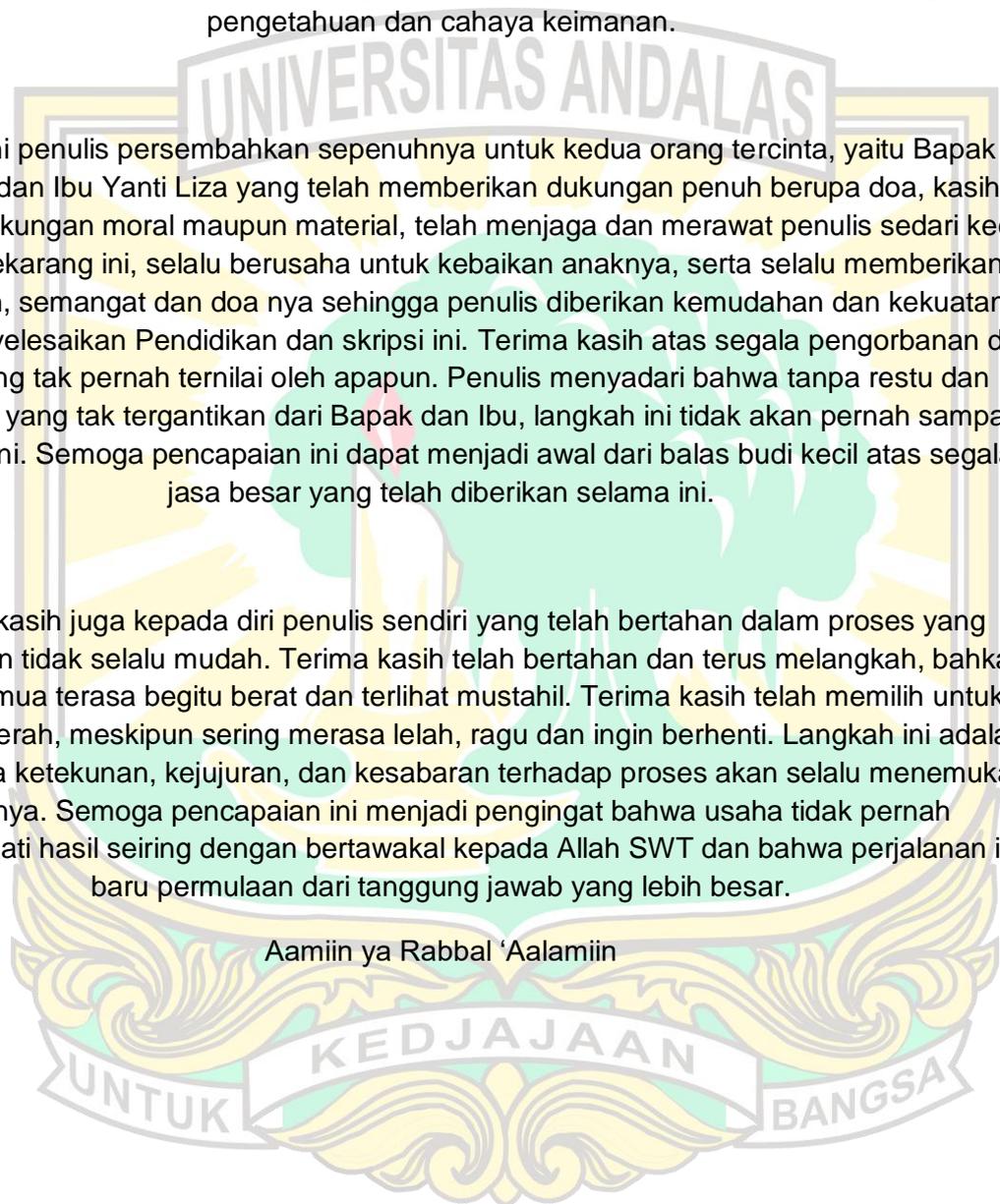
Tanpa pertolongan-Nya, segala upaya dan perjuangan ini takkan mungkin tercapai.

Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju kehidupan yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan cahaya keimanan.

Skripsi ini penulis persembahkan sepenuhnya untuk kedua orang tercinta, yaitu Bapak Pardinal dan Ibu Yanti Liza yang telah memberikan dukungan penuh berupa doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, telah menjaga dan merawat penulis sedari kecil hingga sekarang ini, selalu berusaha untuk kebaikan anaknya, serta selalu memberikan dukungan, semangat dan doanya sehingga penulis diberikan kemudahan dan kekuatan dalam menyelesaikan Pendidikan dan skripsi ini. Terima kasih atas segala pengorbanan dan cinta yang tak pernah ternilai oleh apapun. Penulis menyadari bahwa tanpa restu dan dukungan yang tak tergantikan dari Bapak dan Ibu, langkah ini tidak akan pernah sampai pada titik ini. Semoga pencapaian ini dapat menjadi awal dari balas budi kecil atas segala jasa besar yang telah diberikan selama ini.

Terima kasih juga kepada diri penulis sendiri yang telah bertahan dalam proses yang panjang dan tidak selalu mudah. Terima kasih telah bertahan dan terus melangkah, bahkan ketika semua terasa begitu berat dan terlihat mustahil. Terima kasih telah memilih untuk tidak menyerah, meskipun sering merasa lelah, ragu dan ingin berhenti. Langkah ini adalah bukti bahwa ketekunan, kejujuran, dan kesabaran terhadap proses akan selalu menemukan jalannya. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa usaha tidak pernah mengkhianati hasil seiring dengan bertawakal kepada Allah SWT dan bahwa perjalanan ini baru permulaan dari tanggung jawab yang lebih besar.

Aamiin ya Rabbal 'Aalamiin



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Isolasi dan Karakterisasi Nanoselulosa dari Serat Gambas (*Luffa acutangula* L.)**" sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S1) pada Program Sarjana Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan banyak dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

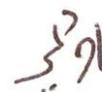
1. Bapak Dr. Syukri, M.Si. selaku Ketua Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
2. Ibu Dr. Imelda, M.Si. selaku Sekretaris Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
3. Ibu Dr. rer. nat. Syafrizayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.
4. Bapak Prof. Dr. Syukri Arief, M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Syukri. sebagai Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan ilmu, arahan, serta dukungan dan motivasi yang sangat berarti bagi penulis selama menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Upita Septiani, M.Si; Ibu Dr. Diana Vanda Wellia, M.Si; dan Bapak Prof. Dr. Afrizal, MS. sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang berharga kepada penulis untuk menyempurnakan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Yang paling utama teruntuk cinta pertama penulis, support system terbaik ayah Pardinal yang selalu mendukung anak pertamanya putri satu - satunya menjadi alasan penulis tetap bertahan sampai saat ini, terima kasih telah memberi kasih sayang dan dukungan penuh tanpa pernah menuntut kesempurnaan, terima kasih atas segala pengorbanan dan ketulusan yang diberikan, meskipun ayah tidak pernah merasakan pendidikan dibangku perkuliahan namun selalu mengusahakan, mendoakan, memberi yang terbaik secara moral ataupun finansial demi pendidikan penulis. Terima kasih atas cucuran keringat demi sebuah nafkah hingga penulis berada di tahap ini dan selalu bertanggung jawab penuh terhadap keluarga. Semoga ayah panjang umur dan senantiasa menjadi saksi perjalanan hidup penulis.

8. Kepada pintu surgaku, manusia tersabar Bunda Ns.Yanti Liza, S. Kep. Terima kasih atas segala pengorbanan dan kasih sayang yang telah diberikan, yang menjadi sandaran terkuat serta penyemangat bagi penulis dari kerasnya dunia serta senantiasa mengajarkan arti ikhlas, terima kasih atas doa – doa dan dukungan yang tiada henti, terima kasih atas cucuran keringat demi nafkah membantu ayah tanpa kenal lelah sehingga penulis bisa berada di titik ini. Semoga bunda panjang umur dan senantiasa menjadi saksi perjalanan hidup penulis.
9. Kepada adek penulis Daffa Khairan Akbar terima kasih telah mengorbankan mimpi – mimpimu demi membiayai pendidikan penulis yang seharusnya penulis sebagai anak pertama yang harus memperjuangkan mimpi – mimpi keluarga, terima kasih setiap tetes keringat dalam mencari nafkah merupakan bukti kasih sayang yang tak ternilai. Keberhasilan penulis tidak luput dari pengorbananmu.
10. Kepada adek – adek bungsu penulis Rezky Wigan Anugerah dan Arvinza Zavair Prihadi terima kasih telah menjadi penyemangat untuk penulis, memotivasi penulis untuk terus belajar dan menjadi sosok kakak yang dapat memberi pengaruh positif, serta menjadi panutan di masa yang akan datang.
11. Manusia dengan NIM 2010221016 terima kasih telah mendukung penulis hingga berada pada tahap ini, selalu mengusahakan yang terbaik demi penulis sejak menjadi MABA. Terima kasih telah sabar dalam menemani proses penulis selama menyelesaikan skripsi, terima kasih telah menjadi rumah dan senantiasa mendengar keluh kesah penulis serta memberi dukungan, doa dan tenaga dalam proses penyusunan skripsi ini sampai selesai. Semoga segala kebajikannya menjadi pahala dan senantiasa dilancarkan perjalannya.
12. Manusia “Interpreneur Sukses” Ivo Tri Septiana dan Mufidah Rona terima kasih telah menjadi teman terbaik penulis semenjak bangku SMA, terima kasih atas dukungan, tawa dan pelukan di keluh kesah penulis, terima kasih telah bertahan dan menjadi teman baik bagi penulis, terima kasih untuk tidak pernah berubah dan senantiasa menjadi tempat pulang bagi penulis.
13. Kepada “PEJUANG S.Si” Frisca Aulanny dan Annisaul Izzah terima kasih telah mau menjadi teman pertama penulis di perkuliahan, terima kasih selalu mengulurkan tangan untuk membantu penulis selama hidup di perantauan, terima kasih untuk cerita indah dan perjalanan menuju gelar S.Si ini. Terima kasih atas dukungan, doa dan tenaga yang diberikan selama proses penyelesaian skripsi ini.
14. Kepada “Circle Anak Pertama” Nadhilah Amsyar dan Putri Rama Har Adi teman penulis sejak SMP terima kasih untuk support dan doa yang selalu diberikan kepada penulis, walaupun terpisah jauh namun selalu menyempatkan waktu untuk menerima keluh kesah penulis dan memberi dukungan hingga proses penyelesaian skripsi ini.

15. Kepada teman sebangunan Sajjidah Aisyah terima kasih telah membantu serta berjuang bersama penulis dan kakak sebangunan Mailani Putri S.Si terima kasih sudah menjadi tempat bertanya dan selalu memberi dukungan ketika penulis ingin menyerah dan terima kasih untuk doa dan tenaga yang diberikan selama proses penyelesaian skripsi penulis.
16. Kepada “sister” Nurul Aisyah dan Velisa Diani Putri terima kasih telah menjadi teman cerita dan selalu memberi dukungan terhadap penulis yang mengulurkan tangan menerima penulis serta mendengarkan keluh kesah selama di dunia perkuliahan.
17. Kepada teman perkuliahan Muhammad Nazir dan Nur Azizah terima kasih telah memberi dukungan, tawa, dan menemani perjuangan penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
18. Terakhir, diri saya sendiri “Aulia Febby Zhafira” meskipun berasal dari keluarga yang tidak sempurna terima kasih sudah berjuang dan bertahan hingga titik ini, Meskipun sering merasa tertinggal serta sulit untuk bertahan, berkali – kali ingin menyerah dan putus asa, terima kasih untuk berhasil bertahan hidup dan merayakan dirimu sendiri.. Tetaplah menjadi manusia yang bersyukur dan tidak lelah untuk terus berusaha. Terima kasih untuk tetap ikhlas meski semua hal tidak berjalan sesuai harapan. Terima kasih kepada diri yang kuat meski berkali – kali menghadapi masalah dan hampir menyerah. Penulis bangga kepada diri sendiri yang telah mampu melewati berbagai fase sulit dalam kehidupan, mari terus bekerja sama dan tetap terus tumbuh menghadapi kerasnya dunia.

Akhir kata, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Padang, 19 Agustus 2025



Aulia Febby Zhafira

INTISARI

ISOLASI DAN KARAKTERISASI NANOSELULOSA DARI SERAT GAMBAS (*Luffa acutangula L.*)

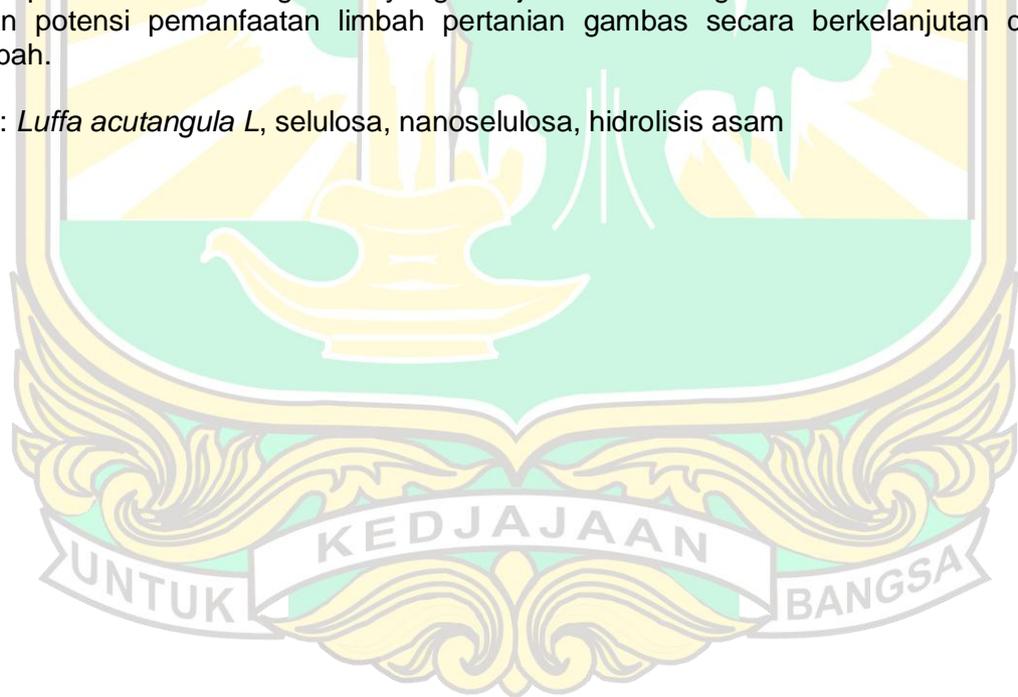
Oleh :

Aulia Febby Zhafira (2110412043)

Prof. Dr. Syukri Arief, M.Eng*; **Dr. Syukri, M. Si***
***Pembimbing**

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh dan menganalisis nanoselulosa yang dihasilkan dari serat tanaman gambas (*Luffa acutangula L.*) Tahapan proses yang digunakan meliputi delignifikasi, *bleaching*, dan hidrolisis asam dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 sebesar 1%, 5%, dan 10%. Proses hidrolisis berlangsung selama 2 jam pada suhu $80^\circ C$. Produk hasil perlakuan dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, PSA, serta mikroskop optik *Hirox*. Analisis FTIR menunjukkan bahwa lignin dan hemiselulosa berhasil dihilangkan dari struktur serat, struktur utama selulosa tidak mengalami kerusakan akibat perlakuan kimia yang dilakukan. Hasil XRD menunjukkan pola difraksi khas selulosa tipe I serta adanya peningkatan derajat kristalinitas dari 61,55% menjadi 68,64% setelah proses hidrolisis asam serta terjadi peningkatan ukuran kristal dari 25,48 nm menjadi 26,31 nm., peningkatan ini menunjukkan bahwa struktur kristal selulosa menjadi lebih teratur. Pada karakterisasi dengan PSA menunjukkan bahwa ukuran partikel nanoselulosa bervariasi dari ukuran nano hingga mikrometer, pada perlakuan dengan H_2SO_4 konsentrasi 10% diperoleh nanoselulosa dengan ukuran partikel 15-50 nm. Namun, partikel cenderung mengalami aglomerasi sehingga distribusi ukurannya tidak seragam. Karakterisasi dengan mikroskop *Hirox* menunjukkan perubahan morfologi serat yang menjadi lebih terang dan halus. Penelitian ini menunjukkan potensi pemanfaatan limbah pertanian gambas secara berkelanjutan dan bernilai tambah.

Kata kunci : *Luffa acutangula L.*, selulosa, nanoselulosa, hidrolisis asam



ABSTRACT

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF NANOCELLULOSE FROM *Luffa acutangula* L. FIBERS

By :

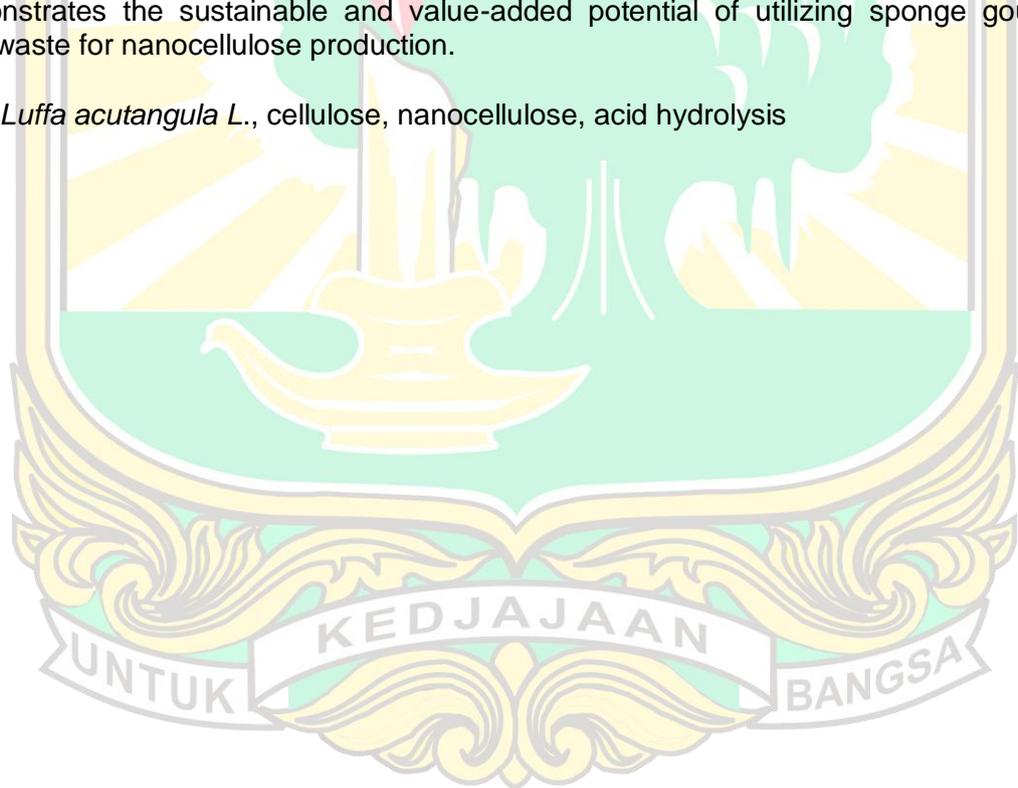
Aulia Febby Zhafira (2110412043)

Prof. Dr. Syukri Arief, M.Eng*; Dr. Syukri, M. Si*

***Supervisor**

This study was conducted to obtain and analyze nanocellulose derived from sponge gourd fiber (*Luffa acutangula* L.). The process involved delignification, bleaching, and acid hydrolysis using H_2SO_4 at concentrations of 1%, 5%, and 10%. Hydrolysis was carried out at $80^\circ C$ for 2 hours. The resulting materials were characterized using FTIR, XRD, PSA, and *Hirox* optikal microscopy. FTIR analysis confirmed the successful removal of lignin and hemicellulose, while the main cellulose structure remained intact after the chemical treatment. XRD results indicated a typical diffraction pattern of cellulose type I, with an increase in crystallinity from 61.55% to 68.64% after hydrolysis, and a rise in crystal size from 25.48 nm to 26.31 nm. This improvement suggests a more ordered crystalline structure. PSA results showed that nanocellulose particles ranged from nanoscale to micrometer scale, and at 10% H_2SO_4 concentration, particle sizes of 15–50 nm were obtained. However, particle agglomeration occurred, leading to non-uniform size distribution. *Hirox* microscopy revealed morphological changes in the fiber, becoming brighter and smoother. Overall, this study demonstrates the sustainable and value-added potential of utilizing sponge gourd agricultural waste for nanocellulose production.

Keywords: *Luffa acutangula* L., cellulose, nanocellulose, acid hydrolysis



DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	i
LEMBARAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gambas	4
2.1 Klasifikasi Tanaman	4
2.2 Struktur Kimia dan Sifat Dasar Lignoselulosa	5
2.2 Nanoselulosa	6
2.3.1 Selulosa nanokristal	7
2.3.2 Selulosa nanofibril	7
2.3.3 Nanoselulosa bakterial	7
2.3 Metode Hidrolisis Asam	9
BAB III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.2.1 Alat	13
3.2.2 Bahan	13
3.3 Prosedur Penelitian	13
3.3.1 Isolasi Selulosa dari Serat Gambas	13
3.3.2 Pembuatan Nanoselulosa	13
BAB IV. HASIL DAN DISKUSI	15
4.3 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red</i> (FTIR)	16
4.4 Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	18
4.6 Hasil Karakterisasi Mikroskop Optik <i>Hirox</i>	21
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	23

5.1 Kesimpulan.....	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN.....	26



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja.....	26
Lampiran 2. Perhitungan	28
Lampiran 3. Perhitungan Ukuran Kristal dan Derajat Kristalinitas	30
Lampiran 4. Standar XRD Selulosa	32
Lampiran 5. Dokumentasi penelitian.....	33



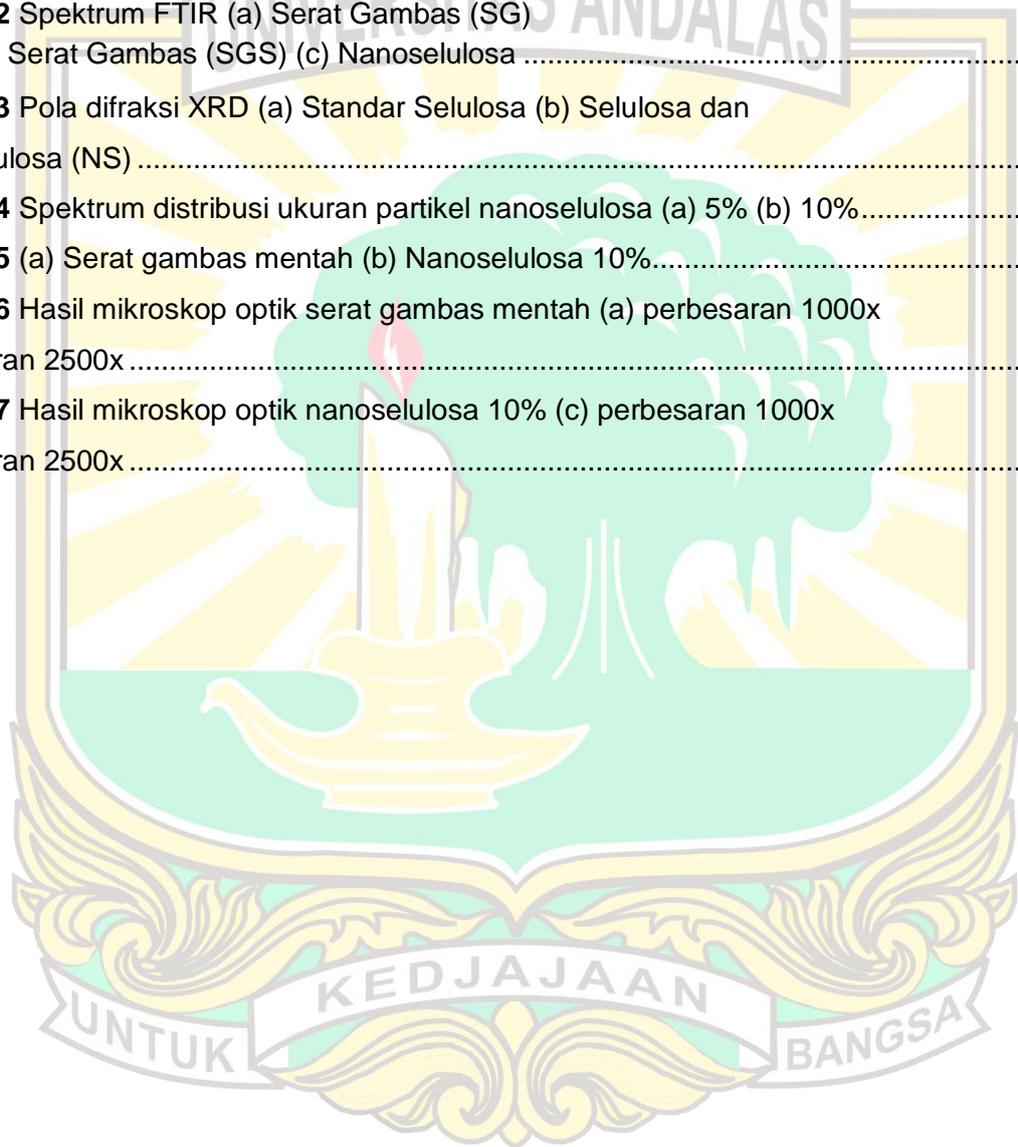
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia dalam Serat Buah Gambas.....	5
Tabel 4. 1 Derajat kristalinitas (%).....	19



DAFTAR GAMBAR

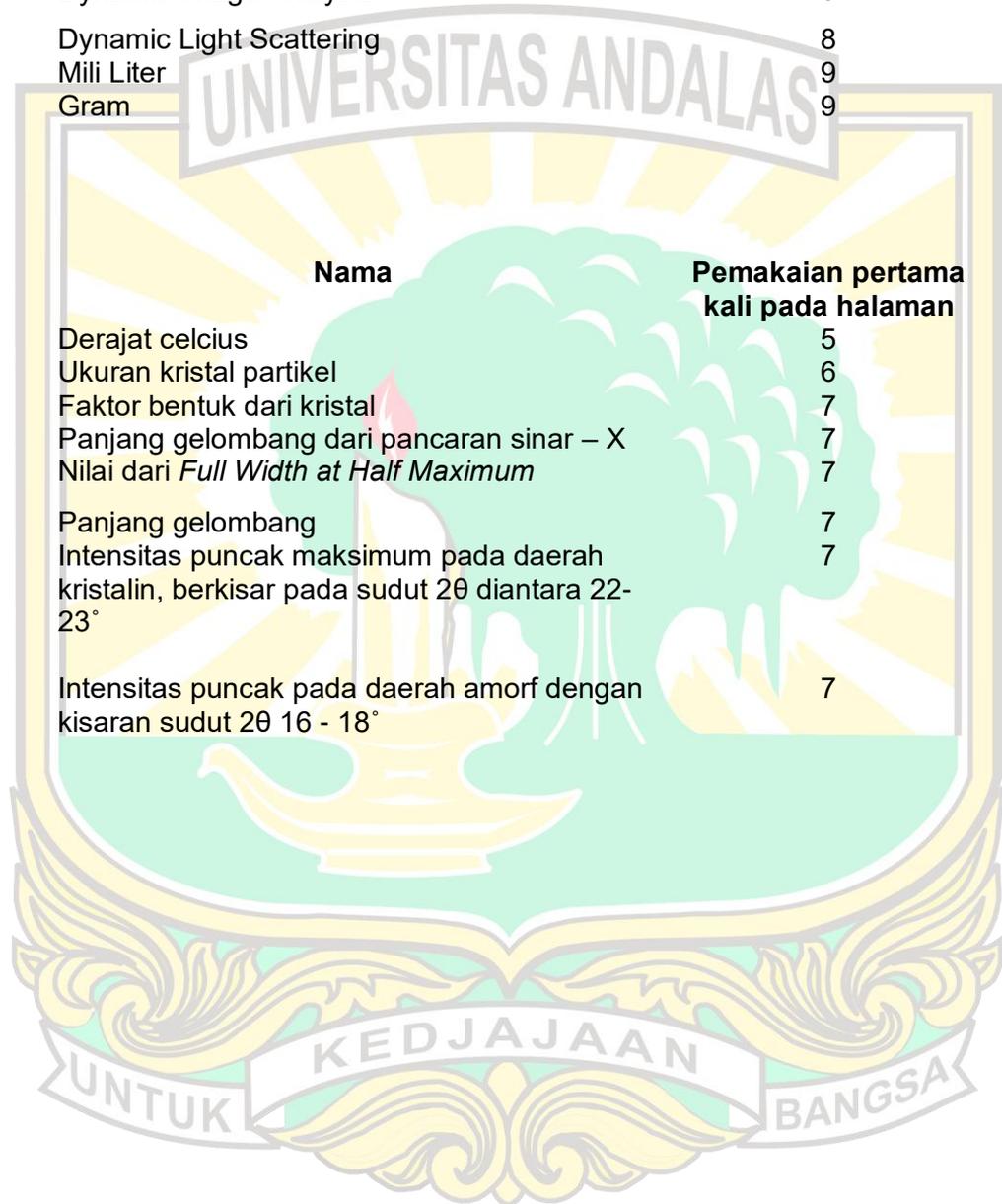
Gambar 2. 1 (a) Gambas (b) Serat Gambas.....	4
Gambar 2. 2 Struktur Selulosa	5
Gambar 2. 3 Struktur Lignoselulosa	6
Gambar 2. 4 Ilustrasi daerah amorf dan kristalin pada struktur selulosa	7
Gambar 2. 5 Pola Difraksi Sinar - X	10
Gambar 2. 6 Skema FTIR.....	11
Gambar 2. 7 Skema Alat PSA dengan teknik <i>Dynamic Light Scattering</i> (DLS).....	12
Gambar 4. 1 Nanoselulosa konsentrasi asam (a) 1% (b) 5% (c) 10%.....	16
Gambar 4. 2 Spektrum FTIR (a) Serat Gambas (SG) (b) Selulosa Serat Gambas (SGS) (c) Nanoselulosa	17
Gambar 4. 3 Pola difraksi XRD (a) Standar Selulosa (b) Selulosa dan (c) Nanoselulosa (NS)	18
Gambar 4. 4 Spektrum distribusi ukuran partikel nanoselulosa (a) 5% (b) 10%.....	20
Gambar 4. 5 (a) Serat gambas mentah (b) Nanoselulosa 10%.....	21
Gambar 4. 6 Hasil mikroskop optik serat gambas mentah (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 2500x	21
Gambar 4. 7 Hasil mikroskop optik nanoselulosa 10% (c) perbesaran 1000x (d) perbesaran 2500x	22



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
nm	Nanometer	4
IR	<i>Infrared</i>	5
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>	5
cm	Centi meter	7
XRD	X-Ray Diffraction	7
PSA	Particle Size Analyzer	8
DIA	Dynamic Image Analysis	8
DLS	Dynamic Light Scattering	8
mL	Mili Liter	9
g	Gram	9

Lambang	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
°C	Derajat celcius	5
D	Ukuran kristal partikel	6
K	Faktor bentuk dari kristal	7
Λ	Panjang gelombang dari pancaran sinar – X	7
B	Nilai dari <i>Full Width at Half Maximum</i>	7
λ	Panjang gelombang	7
I_{002}	Intensitas puncak maksimum pada daerah kristalin, berkisar pada sudut 2θ diantara $22-23^\circ$	7
L_{am}	Intensitas puncak pada daerah amorf dengan kisaran sudut 2θ $16 - 18^\circ$	7



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang berkembang dengan meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun mengakibatkan peningkatan kebutuhan sayuran. Oyong (*Luffa acutangula* L.) atau gambas merupakan tanaman asli India dan dapat tumbuh di Indonesia, Malaysia, Brunei Darussalam, Laos, Myanmar, Thailand, dan Papua Nugini. Tanaman gambas dapat dibudidayakan di daerah dataran rendah maupun dataran tinggi. Gambas merupakan tanaman obat yang tercatat dalam sejarah Tiongkok dan Yunani kuno. Serta, tanaman gambas dapat berguna untuk kecantikan dan pengobatan¹. Produksi gambas di Indonesia yaitu sekitar 8 hingga 12 ton per hektar pada tahun 2015². Biasanya gambas dikonsumsi secara langsung sebagai makanan atau limbah pertanian gambas biasa digunakan masyarakat sebagai alat mandi atau spons pencuci piring. Namun, manfaat gambas sebenarnya lebih dari itu dimana gambas dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti kayu dikarenakan kandungan selulosa yang cukup tinggi. Semakin berkembangnya teknologi serat dari gambas dapat digunakan sebagai produk kimia yang bernilai ekonomis, serat dari limbah pertanian gambas mengandung sekitar 62% selulosa, 20% hemiselulosa, dan 18% lignin. Kandungan selulosa dalam serat gambas dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai bahan baku dalam pembuatan natrium karboksimetil selulosa².

Selulosa merupakan sumber daya alam terbarukan yang paling berlimpah di Indonesia dan komponen utama dari lignoselulosa dalam dinding sel tumbuhan dengan hemiselulosa, lignin, pektin dan lilin. Lignoselulosa bisa didapat dari limbah pertanian seperti tebu, jerami, ampas sagu dan kelapa sawit. Selulosa merupakan polimer alam yang paling melimpah, biokompatibel, dan ramah lingkungan karena mudah terdegradasi, tidak beracun dan dapat diperbarui. Selulosa dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam industri sehingga permintaan selulosa terus meningkat. Namun, selulosa masih belum dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang karena kesukaran dalam pemrosesan akibat adanya ikatan hidrogen intra- dan antarmolekul yang kuat pada struktur selulosa³. Berdasarkan struktur mikroskopisnya, serat selulosa alami terdiri dari 30 – 40 rantai glukosa dengan lebar 3 – 5 nm, sepanjang serat terdapat beberapa bagian yang terdistorsi membentuk amorf sehingga serat membentuk ikatan hidrogen yang lemah karena rantai glukosa permukaan yang sedikit terdistorsi sehingga lebih rentan terhadap bahan kimia dan enzim maka memungkinkan untuk mengisolasi serat selulosa menjadi nanoselulosa⁴.

Nanomaterial baru dan berkelanjutan, nanoselulosa merupakan potensi besar untuk aplikasi yang fleksibel seperti kemasan, makanan dan farmasi, biomedis dan nanokomposit⁴. Nanoselulosa merupakan nanomaterial jenis baru yang banyak diteliti. Nanoselulosa memiliki diameter ukuran 2-20 nm dan panjangnya ratusan hingga ribuan nanometer. Adanya nanoselulosa dapat ditandai dengan peningkatan kristalinitas, aspek rasio, luas permukaan juga kemampuan dispersi serta biodegradasi⁵. Hal ini telah menunjukkan

kemampuan yang signifikan untuk digunakan dalam nanokomposit polimer, pelapisan, dan aplikasi biomedis. Metode hidrolisis asam menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) lebih banyak disukai untuk produksi nanoselulosa karena dapat menstabilkan suspensi melalui esterifikasi antara gugus ester sulfat anionik dan gugus hidroksil selulosa⁶. Serat alami yang belum banyak dimanfaatkan dan bisa digunakan sebagai sumber nanoselulosa adalah gambas atau loofah. Serat gambas memiliki kandungan selulosa yang tinggi yang berpotensi untuk memproduksi nanoselulosa, serat gambas dapat didelignifikasi dengan efektif menggunakan NaOH berfungsi untuk melepas lignin dan meningkatkan kandungan selulosa bebas karena lignin dapat mengganggu proses pembuatan nanoselulosa².

Pada penelitian ini, selulosa diisolasi dari serat buah gambas (*Luffa acutangula* L.). Bayu dan Kurniati (2023) melaporkan, buah gambas mengandung serat selulosa sekitar 62% yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan nanoselulosa. Nanoselulosa merupakan material berbasis selulosa berukuran nano yang memiliki kekuatan mekanik tinggi, ringan, serta ramah lingkungan. Karena sifatnya yang unggul, nanoselulosa banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti komposit, kemasan pangan, farmasi, biomedis, dan teknologi penyaringan air. Selain itu, nanoselulosa juga digunakan sebagai bahan penghantaran obat, stabilisator emulsi, hingga bahan penyusun hidrogel untuk perawatan luka dan kultur sel. Potensi yang besar ini menjadikan nanoselulosa sebagai material masa depan yang mendukung pengembangan teknologi berkelanjutan⁷. Berbagai penelitian tentang isolasi nanoselulosa dari limbah pertanian namun literatur mengenai pembuatan nanoselulosa dari serat gambas masih terbatas pada beberapa penelitian. Pada pembuatan nanoselulosa dilakukan pengolahan secara kimia seperti delignifikasi, *bleaching* dan hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), dan pada penelitian ini akan mengekstraksi nanoselulosa dari serat alami gambas. Melihat keterbatasan tersebut, peneliti tertarik untuk menghasilkan jenis nanoselulosa dari serat buah gambas (*Luffa acutangula* L.) dengan metode hidrolisis asam yang diterapkan dan melihat karakteristik dari jenis selulosa yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis merumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan isolasi dari serat alami gambas (*Luffa acutangula* L.) untuk menjadi nanoselulosa dengan berbagai variasi konsentrasi asam?
2. Bagaimana hasil karakterisasi nanoselulosa dari serat gambas (*Luffa acutangula* L.) menggunakan FTIR, XRD, PSA, dan Mikroskop *Hirox*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengisolasi serat alami gambas (*Luffa acutangula* L.) untuk menjadi nanoselulosa dengan berbagai variasi konsentrasi asam.
2. Mengkarakterisasi nanoselulosa dari serat gambas (*Luffa acutangula* L.) menggunakan FTIR, XRD, PSA, dan Mikroskop *Hirox*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah dari limbah pertanian gambas yang keberadaannya melimpah di Indonesia, serta penelitian yang dihasilkan nanoselulosa dari hasil isolasi tanaman gambas (*Luffa acutangula* L.) dapat mengurangi limbah dari tanaman gambas yang tidak dimanfaatkan dengan baik dan penelitian ini juga diharapkan dapat memberi informasi bagi penelitian selanjutnya tentang pengembangan pembuatan nanoselulosa dari serat gambas.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambas

Gambas atau oyong adalah tanaman yang tersebar di Indonesia yang mudah beradaptasi di Indonesia. Gambas biasanya dikonsumsi secara langsung sebagai sayuran dan untuk gambas tua biasanya digunakan untuk alat mandi atau untuk spons pencuci piring. Gambas juga bisa digunakan sebagai bahan pengganti kayu karena memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Namun, seiring berkembangnya zaman gambas juga dapat digunakan untuk produk kimia yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi². Gambas merupakan tanaman yang tersebar luas di wilayah subtropis Asia. India dianggap sebagai pusat asal utama. Tanaman ini dibudidayakan secara luas di India, Asia Tenggara, Tiongkok, Jepang, Mesir dan wilayah Afrika lainnya. Tanaman Gambas tergolong dalam *Cucurbitae*, famili tumbuhan berbunga teratur⁸.

Pemanfaatan bagian dari tanaman gambas telah lama dimanfaatkan oleh beberapa masyarakat di India untuk tujuan pengobatan tradisional. Bijinya juga memiliki nilai pengobatan, terutama sebagai obat untuk mengatasi disentri, serta bisa dikonsumsi untuk terapi alternatif untuk batu kandung kemih. Akar tanaman juga dimanfaatkan sebagai pencahar serta obat tradisional. Daunnya bisa digunakan untuk mengobati penyakit kuning, diabetes, wasir, dan sakit kepala. Bijinya juga menghasilkan minyak nabati yang dapat dikonsumsi, meskipun beberapa jenis memiliki rasa pahit dan bersifat toksik. Buah yang masih muda, terutama dari varietas yang kurang pahit, umum dikonsumsi sebagai sayuran. Spons alami yang berasal dari buah tua menjadi produk bernilai guna tinggi. Biasanya, buah direndam beberapa hari sebelum dikupas dan dijemur setelah diputihkan. Spons tersebut digunakan untuk kebutuhan rumah tangga seperti mandi, menyaring, maupun membersihkan⁹.



(a)

(b)

Gambar 2. 1 (a) Gambas (b) Serat Gambas

2.1 Klasifikasi Tanaman

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Viridiplantae
Super Divisi	: Streptophyta
Divisi	: Tracheophyta

Kelas : Magnoliopsida
 Sub Kelas : Dilleniidae
 Ordo : Cucurbitales
 Famili : Cucurbitaceae
 Genus : Luffa Mill.
 Species : Luffa zcutangula (L) Roxb

Serat gambas (*Luffa acutangula L.*) mengandung komponen kimia utama yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa dengan komposisi yang berbeda dapat dilihat pada tabel 2.1.

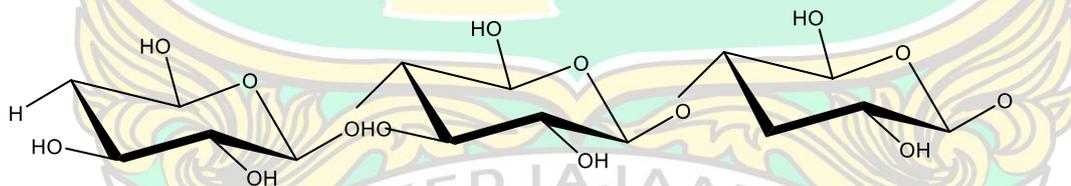
Tabel 2. 1 Komposisi Kimia dalam Serat Buah Gambas²

Komponen Kimia	Kadar (%)
Lignin	18
Selulosa	62
Hemiselulosa	20

Gambas mengandung banyak senyawa – senyawa kimia yang berguna untuk kesehatan. Kandungan kimia yang terdapat di gambas diantaranya karbohidrat, karoten, lemak, protein, asam amino, alanin, arginin, glisin, cystin, asam glutamat, hidroksiprolin, leusin, serin, triptopan, flavonoid dan saponin¹⁰.

2.2 Struktur Kimia dan Sifat Dasar Lignoselulosa

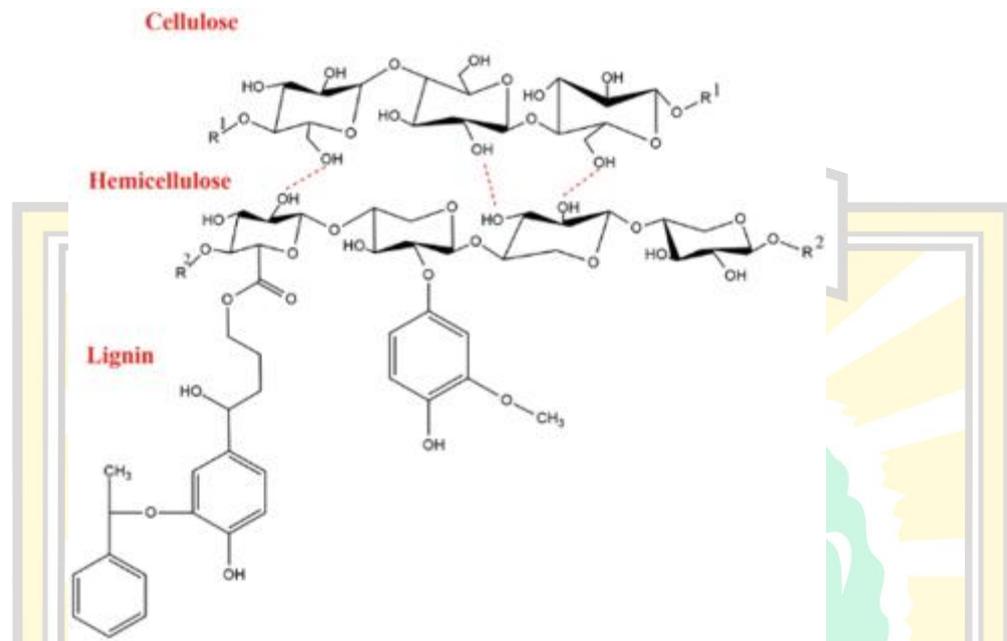
Biopolimer yang banyak ditemukan di alam dan sering digunakan dalam industri kertas adalah selulosa. Sifat khusus dari selulosa yang berbeda dari polimer sintetis dan polimer alami lainnya yaitu bersifat biodegradabilitas, hidrofilisitas, kiralitas, morfologi serat semikristalin yang serbaguna, dan kapasitas modifikasi kimia yang luas. Selulosa adalah homopolisakarida yang terbentuk dari pengulangan dari unit D- glukopiranososa atau unit anhidroglukosa yang bergabung menjadi ikatan (1 – 4) glikosidik¹¹.



Gambar 2. 2 Struktur Selulosa¹²

Selulosa merupakan komponen utama dari lignoselulosa dari dinding sel tanaman bersama dengan hemiselulosa, lignin, pektin, dan lilin. Keberadaan selulosa di alam tidak dalam bentuk murni tetapi masih dalam bentuk lignoselulosa.³ Selulosa merupakan polimer alami dengan rantai panjang yang terbentuk dari molekul – molekul kecil yang saling terhubung dengan formula $(C_6H_{10}O_5)_n$. Rantai selulosa mengandung gula, β - D glukosa. Selulosa adalah homopolisakarida yang mempunyai molekul yang berbentuk linear sehingga bersifat kristalin dan tidak mudah larut¹³.

Keberadaan selulosa di alam tidak dalam bentuk murni tetapi masih dalam bentuk lignoselulosa. Pada jaringan kayu, selulosa dapat ditemukan berikatan dengan hemiselulosa, pati dan lignin. Gabungan dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin disebut lignoselulosa. Berdasarkan gambar 2.3 menunjukkan keberadaan antara selulosa dan lignin terikat satu sama lain sehingga dibutuhkan metode tertentu untuk memisahkan antara selulosa dengan lignin³.



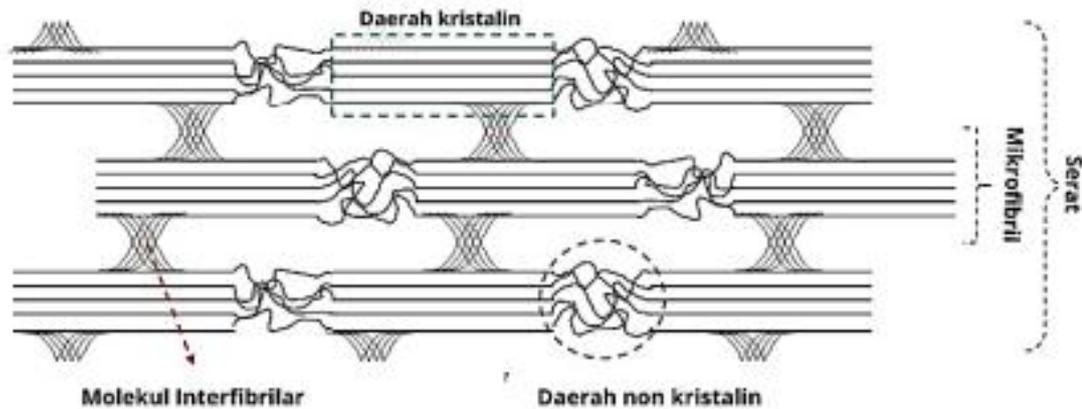
Gambar 2. 3 Struktur Lignoselulosa³

Serat selulosa sebagai matriks polimer memiliki keunggulan lain yaitu seperti sifat mekanik yang baik, densitas yang rendah, ramah lingkungan, kelimpahan yang banyak, tidak mahal, tidak beracun dan dapat diperbarui. Serat selulosa dapat dihasilkan dari tanaman dan bakteri.. Penggunaan tanaman hutan untuk produksi serat selulosa secara terus – menerus dapat menurunkan luas dan jumlah sumber daya hutan di Indonesia. Hal ini mengakibatkan kerusakan hutan, erosi tanah, bencana banjir, tanah longsor, serta pemanasan global. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh produksi selulosa tersebut, maka ditemukan alternative lain penghasil serat selulosa dengan pemanfaatan limbah pertanian untuk mendapatkan material penghasil selulosa¹⁴.

2.2 Nanoselulosa

Nanoselulosa merupakan materi jenis baru yang berasal dari jenis selulosa dengan skala nano¹⁵.Nanoselulosa memiliki keunggulan dimulai dari sifat fisik dan mekanik yang bagus, seperti aspek ratio yang tinggi, luas permukaan yang tinggi terhadap volume yang tinggi, strukturnya seperti jaring, memiliki modulus young yang tinggi dan koefisien ekspansi termal longitudinal yang sangat rendah¹¹. Kemampuan dari nanoselulosa tersebut dapat berguna sebagai penguat polimer, aditif untuk beberapa jenis produk biodegradable,

menguatkan membran, sebagai pengental untuk keperluan disperse, serta media pembawa obat serta implan⁵.



Gambar 2. 4 Ilustrasi daerah amorf dan kristalin pada struktur selulosa¹⁶

Nanoselulosa secara umum dibagi menjadi 3 tipe yaitu selulosa nanokristal, selulosa nanofibril, dan nanoselulosa bakterial. Ketiga tipe nanoselulosa memiliki komposisi kimia yang sama namun berbeda di bagian morfologi, ukuran partikel, kristalinitas, dan properti bergantung pada sumber biomassa dan metode ekstraksi yang digunakan¹⁴.

2.3.1 Selulosa nanokristal

Selulosa nanokristal atau merupakan partikel yang memiliki ukuran panjang antara 100 – 250 nm dengan diameter 3 – 50 nm, yang memiliki bentuk bulat, batang atau berbentuk jarum. Selulosa nanokristal bisa berasal dari kayu, kapas, rami, beras, gandum, dll. Keunggulan dari selulosa nanokristal yaitu memiliki kristalinitas yang tinggi, kekuatan mekanis yang sangat baik, rasio aspek tinggi, bersifat terbarukan, memiliki kepadatan yang rendah, dan tidak beracun¹⁷.

2.3.2 Selulosa nanofibril

Selulosa nanofibril merupakan selulosa berbahan serat dengan skala nano yang memiliki rasio aspek yang tinggi, terdiri dari bagian amorf dan kristal. Selulosa nanofibril memiliki diameter sekitar 3 – 5 nm dengan panjang 500 – 1000 nm, tetapi jika digabungkan, diameternya berkisar antara 20 – 50 nm. Apabila dibandingkan dengan selulosa, nanofibril selulosa memiliki keunggulan seperti aspek rasio tinggi, fleksibilitas yang baik, transmisi cahaya yang tinggi, ringan, sifat mekanik yang baik, luas permukaan spesifik besar, serta *biodegradability*. Dapat digunakan untuk berbagai jenis bahan atau berfungsi sebagai bahan penguat dan pengeras untuk bahan komposit, dan banyak digunakan dalam pengemasan makanan, biologi, kedokteran, dan bidang lainnya¹⁷.

2.3.3 Nanoselulosa bakterial

Selulosa bakteri atau selulosa mikroba biasa diperoleh dari mikroorganisme. Selulosa bakteri diproduksi dari bakteri *bacillus cereus* yang banyak digunakan dalam produksi komersial karena hasil, kualitas, dan kemurniannya lebih tinggi dibandingkan genus lain. Selulosa

bakteri memiliki struktur jaringan berpori tiga dimensi yang unik dan kompleks dengan sifat seperti porositas, penyerapan air, dan plastisitas¹⁷.



2.3 Metode Hidrolisis Asam

Metode hidrolisis asam merupakan metode kimia yang menggunakan asam kuat. Metode kimia yang menggunakan proses hidrolisis asam kuat dapat menghasilkan luas permukaan yang besar dan kekuatan mekanik yang tinggi. Hidrolisis asam kuat dapat meningkatkan porositas dari selulosa. Hidrolisis dengan asam kuat memiliki harga yang lebih murah dan memerlukan alat yang lebih sederhana dibandingkan dengan metode lainnya. Proses hidrolisis asam digunakan untuk menghilangkan selulosa yang bersifat amorf dan menghasilkan selulosa yang murni¹⁸. Proses hidrolisis dapat memecah mikrofibril seperti asam kuat yang merupakan asam penghidrolisis selulosa yang sangat baik karena menghasilkan nanokristal selulosa dengan ukuran yang lebih seragam dan polidispersinya yang lebih kecil dibandingkan dengan metode lain. Asam sulfat dapat mempermudah memecah bagian amorf dalam proses hidrolisis dari selulosa sehingga derajat kristalinitasnya menjadi sangat tinggi. Konsentrasi asam yang digunakan dapat mempengaruhi ukuran dan kristalinitas dari nanoselulosa¹⁹.

Hidrolisis adalah metode atau proses pemecahan suatu molekul dengan air menghasilkan molekul yang lebih kecil. Hidrolisis adalah reaksi antara reaktan dengan air sehingga terjadi penguraian senyawa. Proses hidrolisis dengan menggunakan asam kuat dapat menghasilkan Kristal yang lebih tinggi karena asam ini memiliki jumlah ion hidrogen yang lebih banyak daripada asam kuat lainnya seperti asam klorida. Hidrolisis dengan menggunakan asam keunggulannya jumlah asam yang digunakan sedikit dan waktu yang dibutuhkan singkat yaitu 1- 2 jam namun harus membutuhkan suhu yang tinggi sekitar 90-110°C. Proses terjadi hidrolisis asam yaitu selulosa terdiri dari daerah amorf dan daerah Kristal. Daerah amorf memiliki densitas lebih rendah dibandingkan daerah Kristal, ketika selulosa diberi perlakuan asam kuat maka sebagian dari daerah amorf tersebut akan mengalami degradasi serta melepas daerah kristal. Asam berfungsi sebagai katalis pada protonasi atom oksigen ikatan glikosidik pada rantai selulosa¹⁶. Penelitian (Gond, 2020) menghasilkan nanoselulosa dengan menggunakan metode hidrolisis asam dengan diameter 30 – 50 nm dengan panjang 200 – 500 nm. Penelitian lainnya (Ghazy, 2016) menghasilkan produk nanoselulosa dengan diameter 5 – 20 nm dan panjang 80 – 100 nm¹⁶.

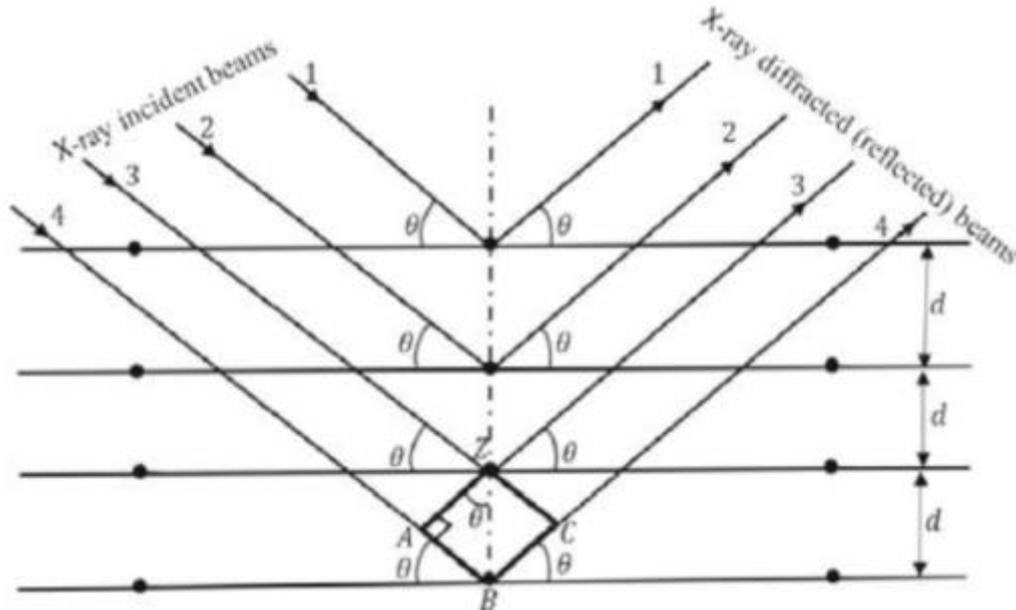
2.4 Karakterisasi

Penelitian yang dilakukan menggunakan teknik karakterisasi XRD, FTIR, PSA, dan Mikroskop *Hirox*.

2.4.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar – X merupakan metode analisis non destruktif yang digunakan untuk mempelajari struktur material atom atau molekul yang paling efektif digunakan pada material kristalin atau semi kristalin, tapi juga dapat diterapkan untuk material amorf. Pola difraksi menghasilkan bentuk fisik material tentang struktur internal dengan skala panjang 0,1 hingga 100 nanometer. Semua metode difraksi bergantung pada pembangkitan sinar-X melalui

tabung sinar-X, di mana bidang atom dalam Kristal menyebabkan interferensi sinar – X yang dipantulkan, menghasilkan pola difraksi. Teknik ini memungkinkan penentuan struktur kristal dari berbagai senyawa padat dan memiliki keunggulan dibanding metode lain seperti absorpsi atau fluoresensi sinar – X. Difraksi sinar X biasanya digunakan untuk analisis kualitatif untuk mengungkap struktur senyawa organik dan anorganik²⁰.



Gambar 2. 5 Pola Difraksi Sinar - X²¹

Prinsip dari difraksi sinar – X yaitu ketika sinar – x diarahkan ke suatu material padat, gelombang sinar – x akan dihamburkan oleh elektron yang mengelilingi inti atom. Gelombang hasil hamburan ini menyebar ke berbagai arah dan saling berinteraksi satu sama lain. Interaksi tersebut bisa bersifat konstruktif dan destruktif tergantung pada arah dan fase gelombangnya. Difraksi sendiri merupakan hasil dari interferensi konstruktif sinar – X yang terhambur. Keteraturan atau sifat periodic susunan atom dalam padatan yang memungkinkan terjadinya interferensi konstruktif, oleh karena itu, pola XRD dari bahan kristalin dapat dengan mudah diinterpretasikan. Terdapat hubungan erat antara tingkat periodisitasnya dan sudut difraksi yaitu semakin pendek periodisitasnya maka sudut difraksinya akan lebih besar begitupun sebaliknya²¹.

Penjelasan sederhana oleh Bragg menganalisis bahwa bidang atom atau bidang kisi atau kristal diasumsikan berlapis – lapis. Tumbukan sinar – X atau cahaya yang mengenai bidang atom akan menghasilkan refleksi, pada bidang kisi, sudut antara berkas datang dan helombang difraksi ekuivalen tetap sama, Hukum Bragg sebagai berikut :

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Dalam hal ini, d merepresentasikan jarak antar bidang- bidang kristal, θ adalah sudut datang sinar, n merupakan bilangan bulat yang menunjukkan orde difraksi, dan λ adalah panjang gelombang dari sinar – X. Ukuran kristal dapat dihitung menggunakan persamaan Scherrer :

$$D(\text{nm}) = \frac{k \times \lambda}{\beta \cos \theta}$$

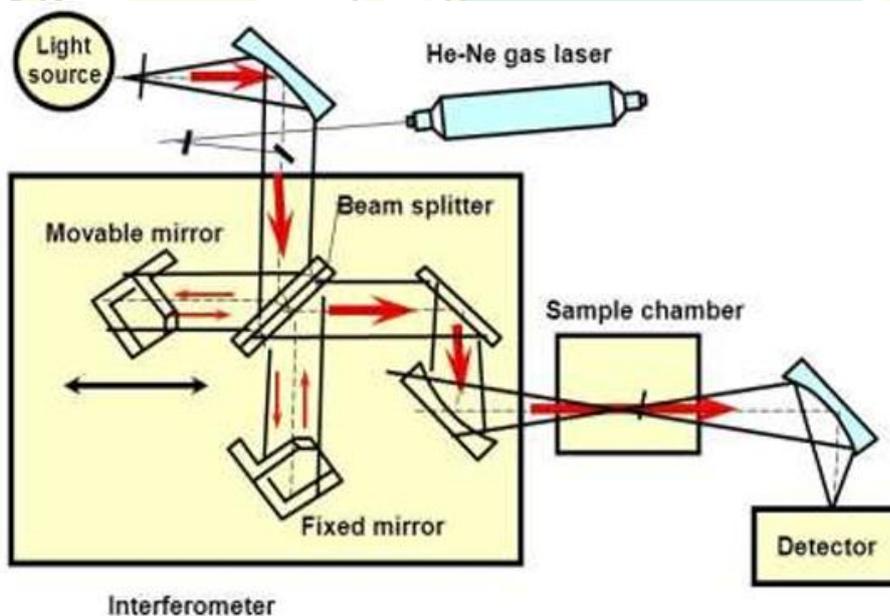
β merupakan lebar penuh pada setengah tinggi (FWHM) dari puncak difraksi maksimum, sedangkan λ adalah panjang gelombang sinar – X yang digunakan yaitu 0,15406 nm. Nilai k adalah konstanta yang berada dalam rentang 0,9 – 1. Selain itu, tingkat kristalinitas yang menunjukkan proporsi kristal dalam suatu material dapat dihitung dengan rumus :

$$\%Cr = \frac{I_{002}}{I_{002} + I_{am}} \times 100\%$$

I_{002} mengacu pada intensitas puncak tertinggi di wilayah kristalin, biasanya muncul pada sudut 2θ sekitar $22-23^\circ$, sedangkan I_{am} merupakan intensitas puncak yang mewakili area amorf, umumnya berada pada sudut 2θ antara $16-18^\circ$.

2.4.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

Spektroskopi infra merah adalah pengukuran analisis kualitatif dan kuantitatif yang mengukur radiasi IR yang dihasilkan dari setiap ikatan yang terdapat pada molekul dan menghasilkan spektrum yang dilambangkan sebagai % transmitansi dengan bilangan gelombang (cm^{-1}). Pada alat FTIR dapat menganalisis berbagai jenis sampel seperti sampel padat, cair, dan gas yang dapat diukur dari sekitar $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Pada molekul organik sebagian besar berisi ikatan kovalen antar atom yang tidak kaku yang berperilaku seperti pegas dan selalu bergetar pada suhu ruangan. Pergeseran dalam ikatan molekul menghasilkan berbagai mode getaran yaitu getaran regangan dan getaran tekuk²².



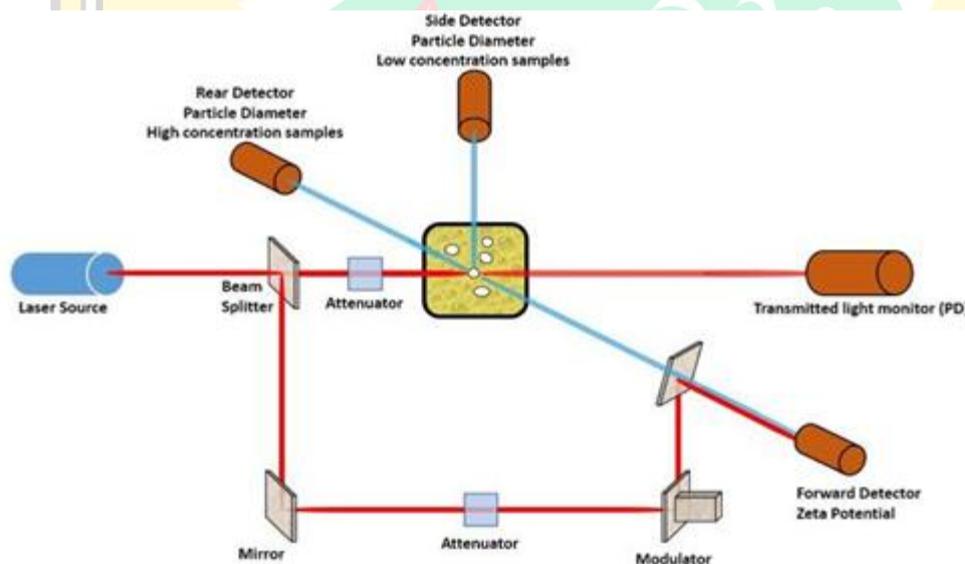
Gambar 2. 6 Skema FTIR²²

Prinsip kerja FTIR dimulai ketika sinar inframerah dari sumber melewati sebuah interferometer, dimana cahaya dibagi menjadi dua sinar yang saling tegak lurus. Kedua sinar dipantulkan oleh dua cermin, yaitu cermin tetap dan cermin yang dapat bergerak. Pantulan dari kedua cermin kembali ke beam splitter dan berinterferensi satu sama lain. Sebagian dari

sinar infra merah diserap oleh sampel dan sisanya diteruskan ke detektor. Gerakan maju mundur dari cermin bergerak menyebabkan variasi intensitas cahaya infra merah yang diterima detektor. Ketika jarak antara kedua cermin berubah, sinyal infra merah akan saling memperkuat. Detektor menangkap fluktuasi ini sebagai sinyal yang dikonversi menjadi data numerik yang dalam bentuk %transmitansi ataupun dalam bentuk bilangan gelombang²².

2.4.3 Particle Size Analyzer (PSA)

Particle Size Analyzer (PSA) adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur distribusi ukuran partikel, terutama pada skala nanometer. Prinsip kerja dari PSA didasarkan pada fenomena hamburan cahaya laser oleh partikel yang terdapat dalam sampel. Pada prosesnya, cahaya laser diarahkan melalui sebuah lubang kecil menuju partikel dalam sampel. Partikel – partikel akan menghamburkan cahaya kembali melalui pinhole yang diterima oleh detektor. Sinyal analog yang ditangkap oleh detektor akan dikonversi menjadi sinyal digital. PSA umumnya digunakan untuk menganalisis berbagai bentuk sampel seperti padatan, emulsi, aerosol, dan suspensi. Beberapa teknik yang diterapkan dalam pengukuran menggunakan PSA antara lain adalah *Static Light Scattering (SLS)*, *Dynamic Light Scattering (DLS)*, dan *Dynamic Image Analysis (DIA)*²³.



Gambar 2. 7 Skema Alat PSA dengan teknik *Dynamic Light Scattering (DLS)*

Teknik Dynamic Light Scattering (DLS) memanfaatkan sumber cahaya berupa laser gelombang kontinu pada panjang gelombang cahaya tampak. Saat sampel disinari, partikel di dalamnya akan menyebarkan sinar laser tersebut. Terdapat tiga jenis detector yang digunakan dalam pengukuran ini yaitu: rear detector berfungsi untuk mendeteksi cahaya hamburan pada sampel berkonsentrasi tinggi, side detector digunakan untuk menganalisis ukuran partikel pada sampel berkonsentrasi rendah, dan forward detector berguna untuk pengukuran zeta potensial serta intensitas hamburan cahaya. Dalam proses ini, partikel berukuran besar akan menghasilkan hamburan cahaya dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan partikel kecil²⁴.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari – Juni 2025 di Laboratorium Material, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas. Karakterisasi *X-Ray Diffraction (XRD)* dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Negeri Padang, *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)* dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang, Mikroskop Optik *Hirox* dilakukan di Laboratorium Sentral Universitas Andalas, dan *Particle Size Analyzer (PSA)* dilakukan di laboratorium Sentral Universitas Andalas.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas, neraca analitik, batang pengaduk, pipet takar, pipet tetes, spatula, hotplate stirrer, kaca arloji, termometer, ayakan, kertas saring, aluminium foil, bola hisap, botol vial 10 mL. Alat instrumen yang digunakan adalah FTIR, XRD, PSA, dan mikroskop optik.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan adalah serat gambas komersil, akuades, NaOH 5% (b/v) (merck), CH₃COOH (merck), NaClO₂ (sigma), H₂SO₄ 1%, 5% dan 10% (v/v) (merck).

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Isolasi Selulosa dari Serat Gambas

a. Tahapan Delignifikasi

Serat yang telah kering dihaluskan menggunakan grinder dan diayak untuk mendapatkan ukuran partikel yang sama. 10 gram serbuk gambas didelignifikasi dengan NaOH 5% (b/v) pada suhu 80°C sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam²⁵. Setelah itu, campuran disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH 7. Selanjutnya, serat dikering anginkan selama 24 jam.

b. Tahapan Bleaching

Serat hasil delignifikasi didapat sebanyak 6,8 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambah 3,2 gram NaClO₂ yang telah dilarutkan dalam 140 mL akuades dan ditambah 0,5 mL CH₃COOH. Campuran dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam²⁶. Serat hasil *bleaching* disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH 7, lalu dikering anginkan selama 24 jam.

3.3.2 Pembuatan Nanoselulosa

Serat selulosa hasil *bleaching*, dihidrolisis asam dengan variasi konsentrasi H₂SO₄ 1%, 5%, 10% (v/v) kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH 7 kemudian pulp ditimbang lalu dikering anginkan selama 24 jam dan didapatkan 5,2729 gram²⁵. 2 gram serat kering hasil isolasi yang telah bebas dari lignin dan hemiselulosa dilakukan karakterisasi XRD, FT-IR, dan mikroskop optik *Hirox*. Lalu,

1 gram serat kering di redispersi kembali dalam 50 mL akuades untuk dianalisis dengan PSA.



BAB IV. HASIL DAN DISKUSI

4.1 Isolasi Selulosa dari Serat Buah Gambas

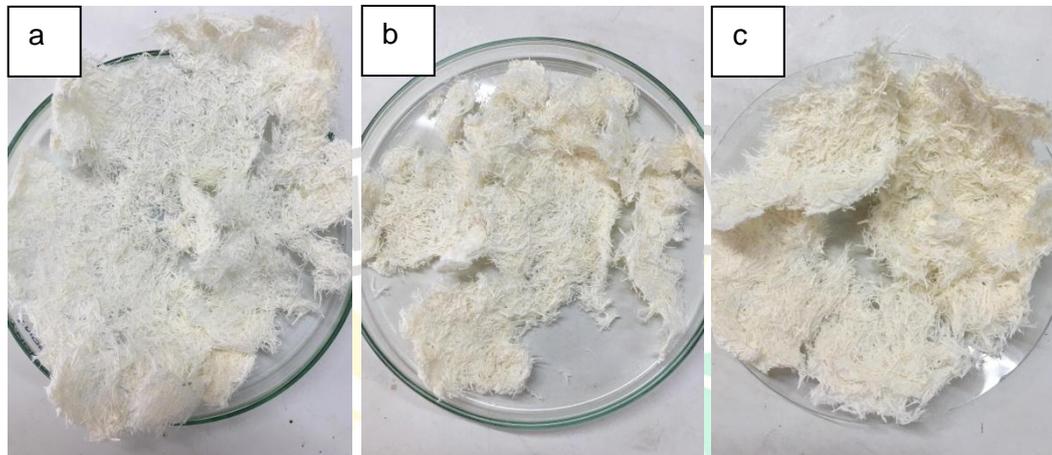
Serat gambas mengandung 62 % selulosa, 18 % lignin, dan 20% hemiselulosa. Kandungan selulosa dari serat gambas jauh lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa limbah pertanian seperti kulit pisang, jerami, gandum, ampas tebu, sekam padi dan daun kelapa. Hasil ini menunjukkan bahwa serat gambas merupakan sumber selulosa yang paling melimpah di antara berbagai sumber limbah pertanian dan dapat menjadi sumber yang menjanjikan untuk produksi nanoselulosa⁶.

Serat gambas dihaluskan dengan menggunakan grinder untuk menghasilkan serbuk gambas yang akan diolah dengan larutan NaOH yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan hemiselulosa dan lignin. Lignin merupakan salah satu polimer kompleks yang memiliki struktur kimia yang sangat stabil²⁷. Proses delignifikasi ini bertujuan untuk mengurangi kandungan lignin dalam material lignoselulosa yang bertujuan untuk membuka struktur kompleks lignoselulosa sehingga komponen selulosa menjadi lebih mudah diisolasi. Selama proses delignifikasi, lignin yang terdapat dalam bahan akan dilarutkan, sehingga mempermudah pemisahan lignin dari serat selulosa. Reaksi ini juga menyebabkan kerusakan struktur lignin yang pada akhirnya melepaskan sebagian senyawa karbohidrat²⁸. Sedangkan, massa sisa selanjutnya diolah dengan NaClO₂ dengan menghilangkan sejumlah kecil lignin dan berbagai residu organik. Penggunaan dari pemakaian NaClO₂ yaitu sebagai agen pemutih yang bersifat oksidator yang mampu merusak dan menghilangkan senyawa penyebab warna seperti lignin. NaClO₂ memiliki kelebihan dalam selektivitas reaksinya sehingga dapat menjaga struktur serat tetap utuh. Serta, senyawa ini stabil pada suhu ruang dan dengan proses *bleaching* ini dapat meningkatkan tingkat kecerahan dan secara efektif menghilangkan lignin tanpa merusak komponen selulosa^{28,29}. Massa selulosa yang dihasilkan dari proses isolasi dilakukan proses hidrolisis asam dengan konsentrasi H₂SO₄ yang berbeda untuk menghasilkan nanoselulosa. Hasil selulosa dari serat gambas yang telah diisolasi yaitu 68% (perhitungan terdapat pada lampiran 2).

4.2 Pembuatan Nanoselulosa

Nanoselulosa diperoleh melalui proses isolasi nanoselulosa dari serat buah gambas (*Luffa acutangula* L.), kemudian dilakukan modifikasi ukuran menggunakan metode kimia berupa hidrolisis asam dengan variasi konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄ (v/v) 1%, 5% dan 10%). Proses hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat mampu memecah bagian amorf pada struktur selulosa, sehingga fraksi amorf larut dalam larutan asam dan menyisakan bagian kristalin dari selulosa. Selain itu, selama hidrolisis terjadi reaksi esterifikasi antara gugus hidroksil selulosa dan ion sulfat (SO₄²⁻) yang menyebabkan nanoselulosa terdispersi secara stabil dalam larutan membentuk sistem koloid⁶.

Gambar 4.1 menunjukkan hasil dari nanoselulosa dengan konsentrasi asam sulfat (a) 1% (b) 5% dan (c) 10%. Nanoselulosa dengan konsentrasi asam sulfat 10% menghasilkan serat yang lebih halus dan berukuran kecil yang disebabkan oleh proses hidrolisis yang menandakan proses ini mampu memecah struktur selulosa yang telah diisolasi dari serat gambas menjadi partikel – partikel yang lebih halus dengan ukuran serat yang belum sepenuhnya homogen karena terjadi aglomerasi³⁰.



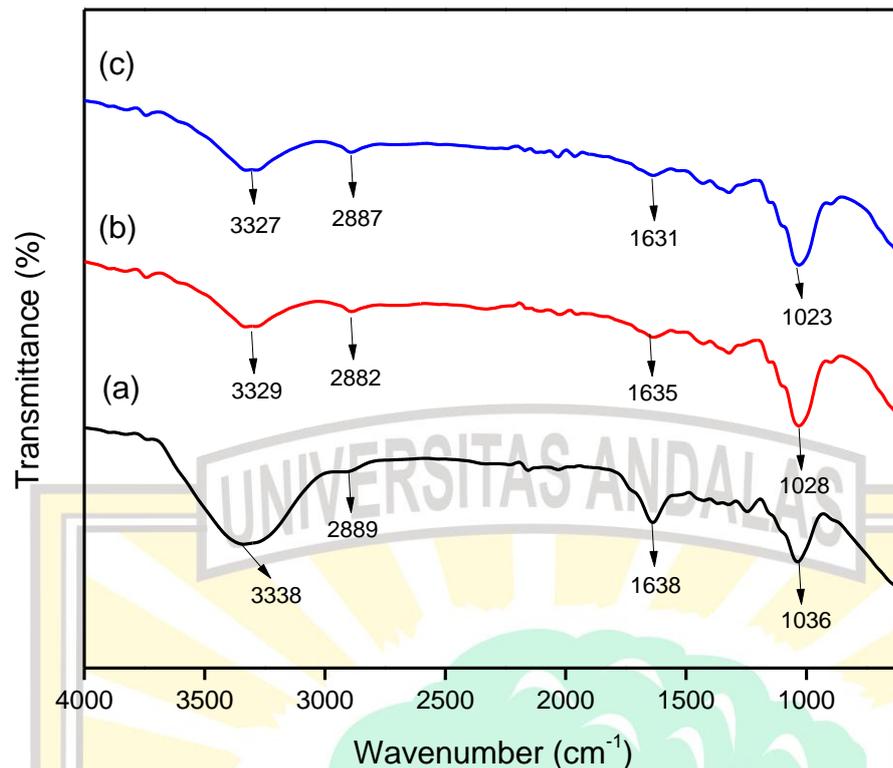
Gambar 4. 1 Nanoselulosa konsentrasi asam (a) 1% (b) 5% (c) 10%

Gambar 4.1 menampilkan bentuk nanoselulosa setelah dikeringkan selama 24 jam. Nanoselulosa yang telah kering menunjukkan karakteristik serupa, yaitu berupa gumpalan serat halus berwarna putih dengan tekstur padat namun ringan. Pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya aglomerasi seiring berjalannya waktu, sehingga kestabilan dan masa simpan nanoselulosa dapat terjaga dengan baik³⁰.

4.3 Hasil Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Analisis *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik gugus fungsi serta untuk melihat keberhasilan dari proses delignifikasi dan hidrolisis asam yang dilakukan pada serat gambas, selulosa dan nanoselulosa. Spektrum FT-IR ditunjukkan pada gambar 4.2.





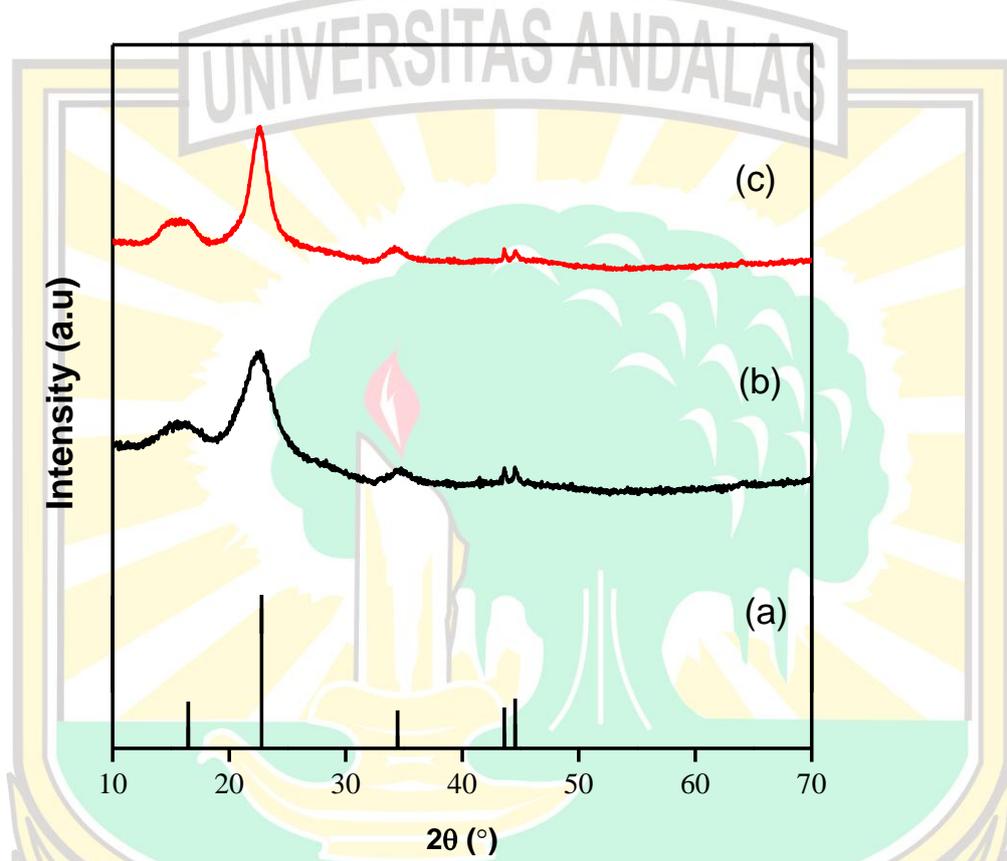
Gambar 4. 2 Spektrum FTIR (a) Serat Gambas (SG) (b) Selulosa Serat Gambas (SGS) (c) Nanoselulosa

Pada gambar 4.2 menunjukkan spektrum FTIR gambas, selulosa dan nanoselulosa . Hasil FTIR menunjukkan pola puncak dan gugus fungsi yang serupa dengan yang dilaporkan pada penelitian oleh Nang An V *et al.*,(2020) dan Rajendra *et al.*,(2024). Puncak spektrum pada bilangan gelombang 3329 cm^{-1} hingga 3338 cm^{-1} merupakan regangan gugus -OH yang terdapat pada struktur selulosa dan nanoselulosa dari serat gambas yang menunjukkan terjadinya penurunan intensitas serapan selulosa, hal ini berarti telah terjadi penghilangan gugus fungsi khas lignin dan hemiselulosa dari struktur selulosa serat gambas akibat adanya perlakuan *bleaching*³¹. Kemudian, terdapat pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 2882 cm^{-1} pada struktur serat gambas baik sebelum isolasi selulosa hingga setelah isolasi selulosa yang menunjukkan adanya vibrasi regangan ikatan C-H struktur alifatik jenuh pada polisakarida³² dan tidak menunjukkan perubahan intensitas serapan, sehingga dengan adanya proses isolasi selulosa dan produksi nanoselulosa dengan menggunakan asam tidak mengubah struktur selulosa pada serat gambas. Pada bilangan gelombang 1638 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=O yang disebabkan oleh penyerapan air yang berkaitan dengan getaran deformasi molekul air ketika berinteraksi dengan selulosa, yang mengakibatkan cincin piranosa selulosa akan terbuka dengan gugus aldehyd pada ujung rantai selulosa sehingga muncul gugus C=O aldehyd pada rantai asiklik selulosa. Hal ini, membuktikan bahwa penurunan intensitas yang tidak terlalu signifikan yang disebabkan masih adanya lignin di selulosa³¹. Pada puncak FTIR rentang bilangan gelombang 1076-1023 cm^{-1} menunjukkan terdapat regangan ikatan C-O-C pada ikatan β -

(1,4) - glikosidik dalam rantai cincin piranosa terjadi penurunan intensitas menunjukkan bahwa hemiselulosa, lignin dan pengotor telah dihilangkan melalui proses hidrolisis asam yang dapat memutus ikatan glikosidik⁶. Hasil FTIR ini mengonfirmasi bahwa isolasi nanoselulosa dari serat gambas telah berhasil dilakukan.

4.4 Hasil Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

Nanoselulosa yang telah diisolasi dianalisis dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD). Analisis difraksi sinar – X (XRD) digunakan untuk mengetahui pembentukan fasa dan struktur kristalografi nanoselulosa dari gambas yang telah diisolasi³³. Pada gambar 4.3 menunjukkan pola difraksi XRD nanoselulosa hasil hidrolisis asam dari serat gambas.



Gambar 4. 3 Pola difraksi XRD (a) Standar Selulosa (b) Selulosa dan (c) Nanoselulosa (NS)

Gambar 4.3 menunjukkan analisis XRD yang memiliki kesamaan pola difraksi yang diperoleh antara selulosa dari serat gambas sebelum dihidrolisis dan setelah hidrolisis dengan asam. Kedua sampel menunjukkan puncak difraksi pada sudut (2θ) = 16.5° , 22.5° dan 34° , puncak-puncak tersebut menunjukkan bahwa selulosa dan nanoselulosa yang dihasilkan memiliki struktur kristal selulosa tipe I^{34,31}. Rajendra *et al.*, (2024) dan Asrofi *et al.*, juga telah melaporkan penelitian mengenai isolasi selulosa yang menghasilkan puncak difraksi yang sama dengan hasil penelitian ini yaitu pada sudut $2\theta = 16,5^\circ$ dan $22,5^\circ$ yang juga mengonfirmasi selulosa tipe I. Pola difraksi XRD pada hasil penelitian menunjukkan kecocokan dengan data standar referensi selulosa No.00-003-0226 dan menunjukkan bahwa produk yang diisolasi adalah selulosa murni. Pada puncak $16,5^\circ$ merupakan daerah

amorf pada struktur selulosa dan pada puncak difraksi $22,5^\circ$ merupakan daerah kristalin pada struktur selulosa⁶. Berdasarkan persamaan scherrer, terjadi peningkatan ukuran rata-rata kristal selulosa serat gambas dari 25.48 nm menjadi 26.31 nm (perhitungan terdapat pada lampiran 3), hal ini membuktikan bahwa hidrolisis asam meningkatkan ukuran kristal yang mungkin diyakini karena ada penyempitan distribusi ukuran kristal akibat perlakuan kimia^{32,35} hasil ini sejalan dengan peningkatan derajat kristalinitas pada selulosa serat gambas dan nanoselulosa yang dihitung berdasarkan metode segal seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

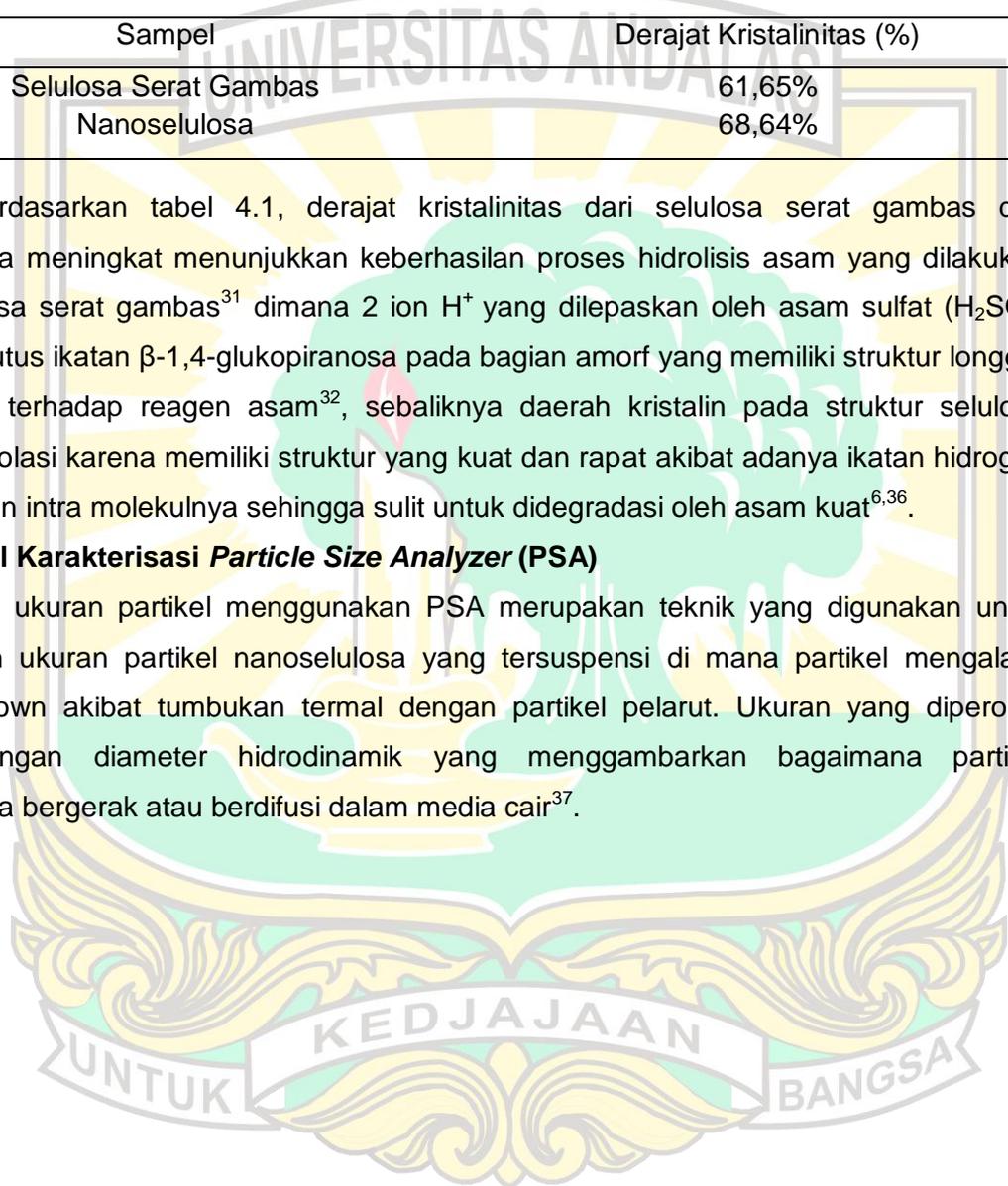
Tabel 4. 1 Derajat kristalinitas (%) selulosa serat gambas dan nanoselulosa

Sampel	Derajat Kristalinitas (%)
Selulosa Serat Gambas	61,65%
Nanoselulosa	68,64%

Berdasarkan tabel 4.1, derajat kristalinitas dari selulosa serat gambas dan nanoselulosa meningkat menunjukkan keberhasilan proses hidrolisis asam yang dilakukan pada selulosa serat gambas³¹ dimana 2 ion H^+ yang dilepaskan oleh asam sulfat (H_2SO_4) dapat memutus ikatan β -1,4-glukopiranosida pada bagian amorf yang memiliki struktur longgar dan rentan terhadap reagen asam³², sebaliknya daerah kristalin pada struktur selulosa berhasil diisolasi karena memiliki struktur yang kuat dan rapat akibat adanya ikatan hidrogen baik inter dan intra molekulnya sehingga sulit untuk didegradasi oleh asam kuat^{6,36}.

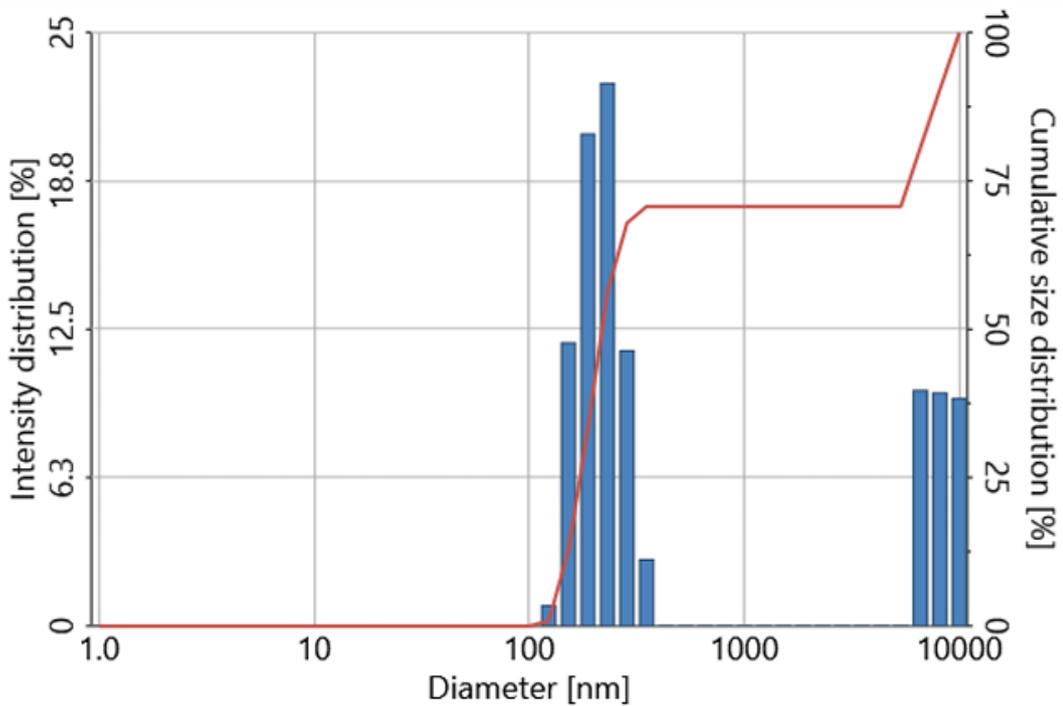
4.5 Hasil Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Pengukuran ukuran partikel menggunakan PSA merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan ukuran partikel nanoselulosa yang tersuspensi di mana partikel mengalami gerakan Brown akibat tumbukan termal dengan partikel pelarut. Ukuran yang diperoleh dikenal dengan diameter hidrodinamik yang menggambarkan bagaimana partikel nanoselulosa bergerak atau berdifusi dalam media cair³⁷.



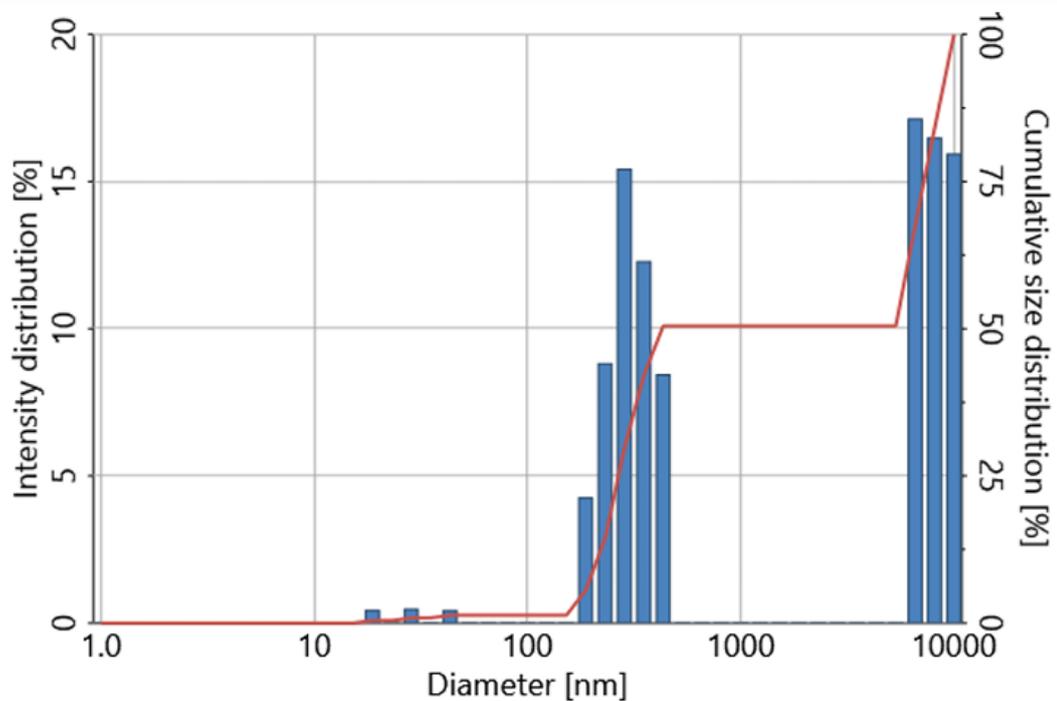
(a)

Intensity distribution



(b)

Intensity distribution



Gambar 4. 4 Spektrum distribusi ukuran partikel nanoselulosa (a) 5% (b) 10%

Berdasarkan data PSA yang terdapat pada gambar 4.4 (a) menunjukkan distribusi partikel nanoselulosa dengan konsentrasi asam sebesar 5% pada kisaran diameter 0,1-10 μm . Pada nanoselulosa dengan konsentrasi 5% belum maksimal dalam memperkecil ukuran partikel hingga skala nanometer. Sedangkan, pada nanoselulosa dengan konsentrasi asam 10% menunjukkan adanya variasi ukuran diameter partikel (polidispersi) yaitu diperoleh

ukuran rata-rata diameter partikel nanoselulosa kisaran 15-50 nm dan 0,1-10 μm . Hal ini, membuktikan bahwa hidrolisis asam dengan konsentrasi 10% telah mampu mereduksi ukuran selulosa hingga skala nano walaupun belum sepenuhnya homogen karena diduga terjadinya aglomerasi pada suspensi nanoselulosa yang dihasilkan. Hasil penelitian ini juga diperkuat dengan hasil analisis mikroskop *Hirox* yang memperlihatkan morfologi nanoselulosa dengan ukuran yang tidak seragam³⁷.

4.6 Hasil Karakterisasi Mikroskop Optik *Hirox*



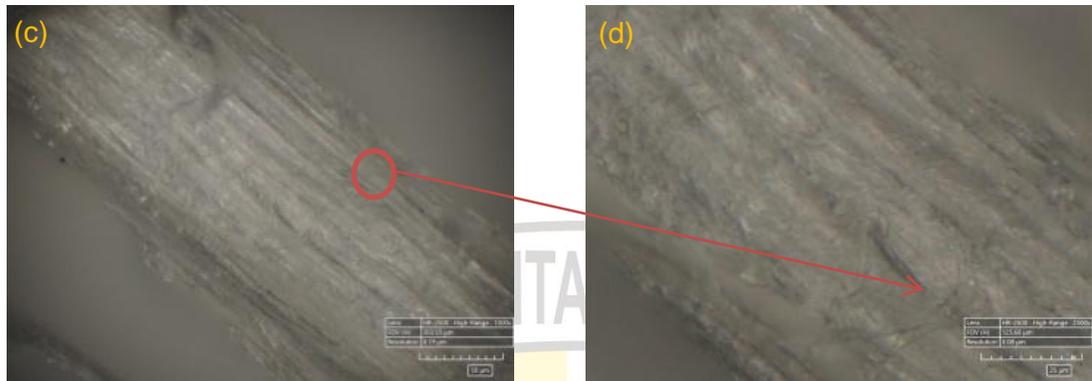
Gambar 4. 5 (a) Serat gambas mentah (b) Nanoselulosa 10%

Pada gambar 4.5 menunjukkan gambar digital dari serat gambas mentah dan nanoselulosa 10% dengan perbedaan serat gambas mentah berwarna putih kekuningan dengan tekstur yang kasar (gambar 4.5 (a)) berubah menjadi putih dan halus (gambar 4.5 (b)) setelah dilakukan proses *bleaching* dan hidrolisis asam.



Gambar 4. 6 Hasil mikroskop optik serat gambas mentah (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 2500x

Gambar 4.6 merupakan hasil mikroskop optik dari serat gambas mentah yang menunjukkan terdapat bercak berwarna kecoklatan yang tersebar merata pada serat gambas mentah yang berkaitan dengan keberadaan hemiselulosa, lignin, lilin, pektin, dan pengotor lain yang terikat pada selulosa.



Gambar 4. 7 Hasil mikroskop optik nanoselulosa 10% (c) perbesaran 1000x (d) perbesaran 2500x

Gambar 4.7 menunjukkan hasil mikroskop optik dari nanoselulosa 10% yang tampak berwarna putih serta tidak ada bercak yang terlihat dengan penurunan kerapatan massa serta berkurangnya aglomerasi yang menunjukkan terjadi penghilangan area amorf setelah perlakuan hidrolisis asam⁶.



BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa nanoselulosa berhasil diisolasi dari serat gambas melalui proses kimia bertahap, yaitu delignifikasi, *bleaching* dan hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi (1%, 5 % dan 10%) pada suhu $80^\circ C$ selama 2 jam, hasil karakterisasi FTIR menunjukkan keberhasilan dalam menghilangkan lignin dan hemiselulosa, yang menandakan bahwa selulosa telah dimurnikan. Hasil dari XRD mengindikasikan adanya peningkatan derajat kristalinitas dari 61.65% (sebelum hidrolisis) menjadi 68.64% (setelah hidrolisis), serta peningkatan ukuran kristal dari 25.48 nm menjadi 26.31 nm. Pengamatan dengan mikroskop *Hirox* memperlihatkan perbedaan morfologi sebelum dan sesudah hidrolisis, di mana serat menjadi lebih cerah dan tampak lebih homogen, meskipun masih terdapat aglomerasi. Pada data pengukuran PSA menunjukkan bahwa ukuran partikel nanoselulosa bervariasi dari nanometer hingga mikrometer yang membuktikan bahwa proses hidrolisis asam mampu memperkecil ukuran selulosa meskipun belum menghasilkan ukuran yang sepenuhnya seragam.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dipelajari mengenai proses pembuatan dan karakteristik dari nanoselulosa serat gambas (*Luffa acutangula* L.). Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan variasi konsentrasi asam yang lebih bervariasi dan mencakup rentang yang lebih luas untuk menemukan kondisi optimum dengan kualitas terbaik perlu dilakukan pengujian karakterisasi tambahan, seperti *Transmission Electron Microscope* (TEM) untuk melihat morfologi nanoselulosa yang dihasilkan dalam skala nano dan mengukur distribusi ukuran partikel dari nanoselulosa yang dihasilkan serta disarankan untuk menerapkan metode sonikasi setelah hidrolisis asam untuk meminimalkan aglomerasi partikel dan memperoleh ukuran partikel lebih seragam.

DAFTAR PUSTAKA

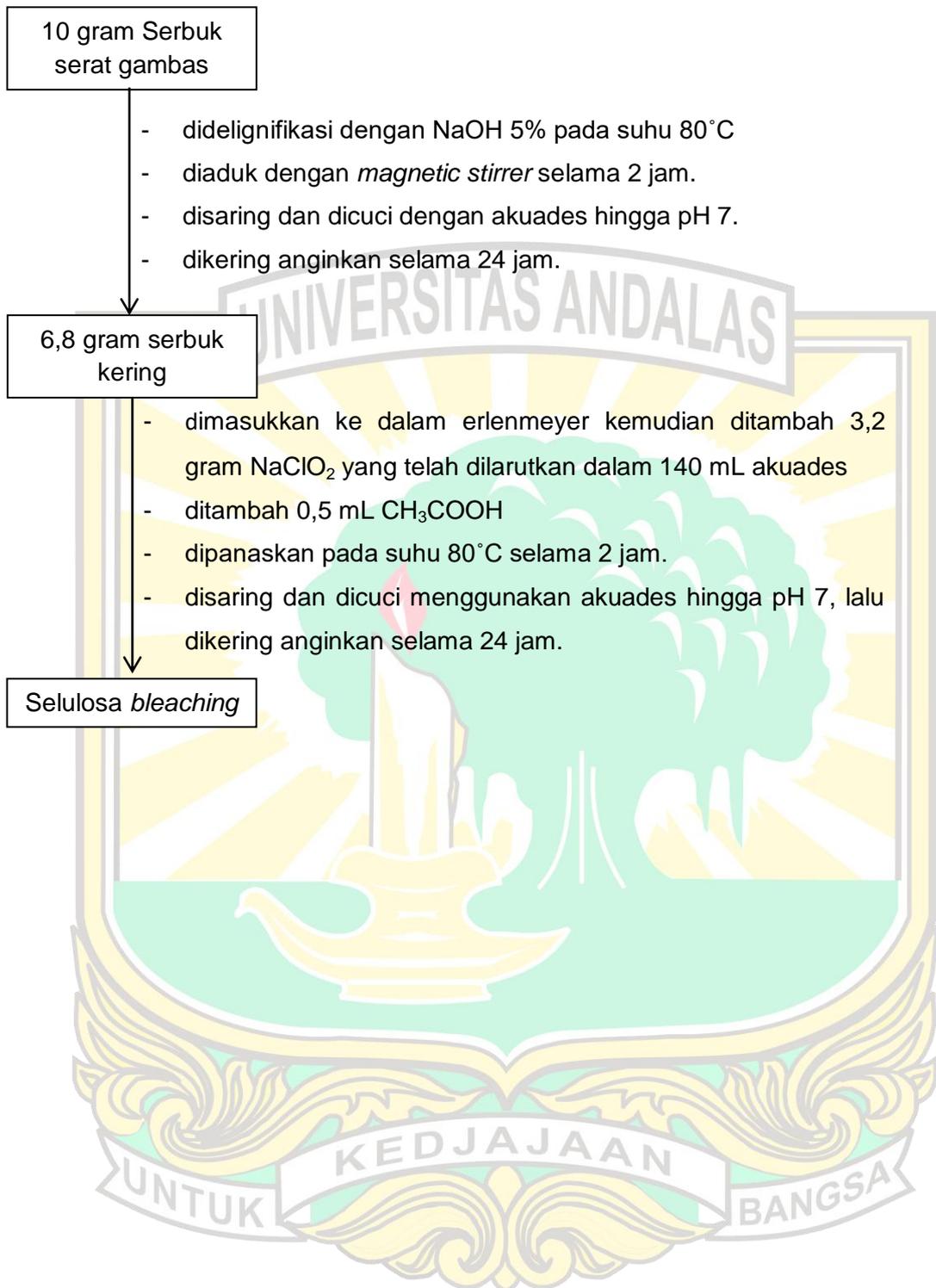
1. Arsi A, Nugraha SI, SHK S, et al. Keanekaragaman Serangga di Tanaman Gambas (*Luffa acutangula* L.) pada Lahan Monokultur dan Tumpang Sari di Desa Tanjung Pering Kecamatan Indralaya Utara Kabupaten Ogan Ilir. *Sainmatika J Ilm Mat dan Ilmu Pengetahuan Alam* 2022;19(1):86.
2. Bayu GF, F MH, Kurniati E. Sintesis Natrium Karboksimetilselulosa(Na-CMC) dari Serat Gambas Tua (*Luffa Acutangula*). *Chempro* 2023;3(2):56–61.
3. Mulyadi I. Isolasi Dan Karakterisasi Selulosa : Review. *J Saintika Unpam J Sains dan Mat Unpam* 2019;1(2):177.
4. Jiang J, Zhu Y, Jiang F. Sustainable isolation of nanocellulose from cellulose and lignocellulosic feedstocks: Recent progress and perspectives. *Carbohydr Polym* [internet] 2021;267(April):118188. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118188>
5. Fikri A. Sintesis Masker Gel Nanoselulosa Dari Bahan Daun Ubi Jalar Merah. *Syntax Lit J Ilmu Indonesia* 2017;2(11):16–27.
6. C RBG, Prasad G, Shin M, Prasad K. Bioresource Technology Reports Nanocellulose from Mankamana-3 corncob biomass: Synthesis , characterization , surface modification and potential applications. 2024;28(September):101971.
7. Fauzi FD, Dhany Wicaksono H, Waluyo J. BIOTEKNOLOGI & BIOSAINS INDONESIA A REVIEW OF NANOCELLULOSE SYNTHESIS METHODS AND ITS APPLICATION Review Metode Sintesis Nanoselulosa dan Aplikasinya. *J Bioteknol biosains Indones* [internet] 2023;10(1):128–149. Available from: <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>
8. Shendge PN, Belemkar S. Therapeutic potential of luffa acutangula: A review on its traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicological aspects. *Front Pharmacol* 2018;9(OCT).
9. Shirish P, M PV, Dinesh D. Pharmacological review of *Luffa acutangula* (L) Roxb. *J Pharmacogn Phytochem* [internet] 2020;9(5):110–116. Available from: www.phytojournal.com
10. Aharudin A, Mustapa K, Jura MR. Analysis of Flavonoid Levels in Extract of Gambas Fruit (*Luffa acutangula* L) Originating from the Village of Posona District Parigi Moutong. *J Akad Kim* 2020;9(2):102–106.
11. Fahma F, Lestari FA, Kartika IA, Lisdayana N, Iriani ES. Nanocellulose sheets from oil palm empty fruit bunches treated with NaOH solution. *Karbala Int J Mod Sci* 2021;7(1):10–17.
12. Etale A, Onyianta AJ, Turner SR, Eichhorn SJ. Cellulose: A Review of Water Interactions, Applications in Composites, and Water Treatment. *Chem Rev* 2023;123(5):2016–2048.
13. Aditama AG, Ardhyanta H. Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR. *J Tek ITS* 2017;6(2):228–231.
14. Ningtyas KR, Muslihudin M, Sari IN. Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam Pertanian dengan Synthesis of Nanoselulosa from Agricultural Waste Using Variation Acid Concentration. 2020;20(2):142–147.
15. Solhi L, Guccini V, Heise K, et al. Understanding Nanocellulose-Water Interactions: Turning a Detriment into an Asset. *Chem Rev* 2023;123(5):1925–2015.
16. Benschlomo O. Pembuatan Nanoselulosa dari Ampas Tebu Menggunakan Metode Hidrolisis asam. 2023;4(1):88–100.
17. Wang X, Guo J, Ren H, et al. Research progress of nanocellulose-based food packaging. *Trends Food Sci Technol* [internet] 2024;143(September 2023):104289. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104289>
18. Utami F. Preparasi Nanoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Metode Hidrolisis Asam Pada Berbagai Variasi Waktu Sonikasi. 2017;
19. Nina Hartati. Isolasi, Karakterisasi, Dan Aplikasi Nanokristal Selulosa : Review. *JSSIT J Sains dan Sains Terapan* 2023;1(2):29–38.
20. Roy A, G SRA. Elsevier reference collection in chemistry, molecular sciences and chemical engineering. 2013;7(2):786–788.

21. Ali A, Chiang YW, Santos RM. X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: A Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals* 2022;12(2).
22. Maniar V, Kalsara K, Upadhyay U. A Review of Ftir-An Useful Instrument. *Int J Pharm Res Appl [internet]* 2023;8(1):2486. Available from: www.ijprajournal.com
23. Sandhu R, Singh N, Dhankhar J, Kama G, Sharma R. Dynamic light scattering (DLS) technique, principle, theoretical considerations and applications. *Nanotechnological Biochem Tech Assess Qual Saf Milk Milk Prod [internet]* 2018;(February 2019):135–137. Available from: https://www.researchgate.net/publication/331022012_Dynamic_light_scattering_DLS_technique_principle_theoretical_considerations_and_applications
24. Prahasti AE, Yuanita T, Rahayu RP. Effect of Various Diluents on the Result of Particle Size Analyzing Process of Theobroma cacao Pod Husk Extract. *Malaysian J Med Heal Sci* 2023;19(8):76–78.
25. Asem M, Noraini Jimat D, Huda Syazwani Jafri N, Mohd Fazli Wan Nawawi W, Fadhillah Mohamed Azmin N, Firdaus Abd Wahab M. Entangled cellulose nanofibers produced from sugarcane bagasse via alkaline treatment, mild acid hydrolysis assisted with ultrasonication. *J King Saud Univ - Eng Sci* 2023;35(1):24–31.
26. Merais MS, Khairuddin N, Salehudin MH, Mobin Siddique MB, Lepun P, Chuong WS. Preparation and Characterization of Cellulose Nanofibers from Banana Pseudostem by Acid Hydrolysis: Physico-Chemical and Thermal Properties. *Membranes (Basel)* 2022;12(5).
27. Li J, Zha YN, Wang HM, Tian JN, Hou QX. Advances in lignin chemistry during pulping and bleaching. *Ind Crops Prod [internet]* 2025;229(April):121004. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121004>
28. Ischak NI, Fazriani D, Botutihe DN. Ekstraksi dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Kulit Kacang Tanah (*Arachys hypogaea* L.) Sebagai Adsorben Ion Logam Besi. *Jambura J Chem* 2021;3(1):27–36.
29. Gong J, Li J, Xu J, Xiang Z, Mo L. Research on cellulose nanocrystals produced from cellulose sources with various polymorphs. *RSC Adv* 2017;7(53):33486–33493.
30. Khumalo NL, Mohomane SM, Malevu TD, Motloung S V., Koao LF, Motaung TE. Effect of Acid Concentration on Structural, Thermal, and Morphological Properties of Cellulose Nanocrystals from Sugarcane Bagasse and Their Reinforcement in Poly(Furfuryl) Alcohol Composites. *Crystals* 2025;15(5):1–13.
31. Asrofi M, Abral H, Kasim A, et al. Isolation of Nanocellulose from Water Hyacinth Fiber (WHF) Produced via Digester-Sonication and Its Characterization. *Fibers Polym* 2018;19(8):1618–1625.
32. Nang An V, Chi Nhan HT, Tap TD, Van TTT, Viet P Van, Hieu L Van. Extraction of High Crystalline Nanocellulose from Biorenewable Sources of Vietnamese Agricultural Wastes. *J Polym Environ [internet]* 2020;28(5):1465–1474. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01695-x>
33. Putri GE, Arifani N, Wendari TP, et al. Nanocomposites of cellulose-modified cerium oxide nanoparticles and their potential biomedical applications. *Case Stud Chem Environ Eng [internet]* 2024;10(August):101013. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.csee.2024.101013>
34. Nugraha AB, Nuruddin A, Sunendar B. Isolasi Nanoselulosa Terdekarboksilasi dari Limbah Kulit Pisang Ambon Lumut dengan Metode Oksidasi. *J Sci Appl Technol* 2021;5(1):236.
35. Kusmono, Listyanda RF, Wildan MW, Ilman MN. Preparation and characterization of cellulose nanocrystal extracted from ramie fibers by sulfuric acid hydrolysis. *Heliyon [internet]* 2020;6(11):e05486. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05486>
36. Hertiwi LR, Afni AN, Nur L, Sanjaya IGM. Ekstraksi dan Karakterisasi Nanoselulosa dari Limbah Kulit Bawang Merah. *J Educ Chem* 2020;2(1):77–81.
37. Radakisinin R, Majid MSA, Jamir MRM, Jawaid M, Sultan MTH, Tahir MFM. Structural, morphological and thermal properties of cellulose nanofibers from napier fiber (*Pennisetum purpureum*). *Materials (Basel)* 2020;13(18).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja

a. Isolasi Selulosa dari Serat Gambas (*Luffa acutangula L.*)



b. Pembuatan Nanoselulosa

Selulosa *bleaching*

- dihidrolisis asam dengan variasi konsentrasi H_2SO_4 1%, 5%, 10%
- dipanaskan pada suhu $80^\circ C$ selama 2 jam
- disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga pH 7 kemudian pulp ditimbang dan didapatkan 5,2729 gram pulp
- dikarakterisasi sampel dengan XRD, FT-IR, PSA, dan mikroskop optik *Hirox*.

Nanoselulosa



Lampiran 2. Perhitungan

1. Menentukan massa NaOH 5%

Diketahui : Konsentrasi NaOH : 5%

Volume NaOH : 100mL

$$\% \text{ b/v} = \frac{\text{berat massa terlarut (g)}}{100 \text{ mL larutan}} \times 100 \text{ mL}$$

$$5\% = \frac{\text{gram}}{100 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$= 5 \text{ gram}$$

2. Menentukan massa NaOCl₂ 2%

Diketahui : Konsentrasi NaOCl₂ : 2%

Massa selulosa setelah delignifikasi : 8 gram

Selulosa : NaOCl₂ = 1 : 20

Volume NaOCl₂ yang diperlukan : 8 gram x 20 mL = 160mL

$$\text{Massa NaOCl}_2 = \frac{2 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} \times 160 \text{ mL} = 3,2 \text{ gram}$$

3. Menentukan volume H₂SO₄

- Konsentrasi H₂SO₄ = 1%

Konsentrasi H₂SO₄ = 98%

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 98\% = 100\text{mL} \times 1\%$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

- Konsentrasi H₂SO₄ = 5%

Konsentrasi H₂SO₄ = 98%

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 98\% = 100\text{mL} \times 5\%$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

- Konsentrasi H₂SO₄ = 10%

Konsentrasi H₂SO₄ = 98%

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 98\% = 100\text{mL} \times 10\%$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

4. Menentukan rendemen nanoselulosa hasil isolasi

Massa awal serat gambas = 10 gram

Massa selulosa buah gambas = 6,8501 gram

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{massa selulosa serat gambas}}{\text{Massa awal serat gambas}} \times 100\%$$

$$= \frac{6,8501 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 68,50 \%$$



Lampiran 3. Perhitungan Ukuran Kristal dan Derajat Kristalinitas

1. Perhitungan Ukuran Kristal

$$D = \frac{k \times \lambda}{\beta \cos \theta}$$

Keterangan :

D = Ukuran kristal partikel

K = Faktor bentuk dari kristal (0.9-1)

λ = Panjang gelombang dari pancaran sinar – X (1.54056 Å)

B = Nilai dari *Full Width at Half Maximum* (FWHM)(rad)

θ = Sudut difraksi (derajat)

Tabel ukuran rata – rata kristal dari raw gambas

2 θ (°)	FWHM	Ukuran Kristal (nm)
18.1632	0.5432	14.80
24.5375	0.6954	11.69
34.9782	0.3478	23.94
43.6367	0.1948	43.91
44.5898	0.2598	33.04
Rata-rata ukuran kristal selulosa		25.48

Tabel ukuran rata – rata kristal dari Nanoselulosa hidrolisis asam

2 Theta	FWHM	Ukuran Kristal (nm)
16.5906	0.7793	10.3
22.5982	0.8443	9.59
34.3698	0.6494	12.8
43.6234	0.1299	65.85
44.5777	0.2598	33.03
Rata-rata ukuran kristal nanoselulosa		26.31

2. Perhitungan derajat kristalinitas

$$\%Cr = \frac{I_{002}}{I_{002} + I_{am}} \times 100\%$$

Keterangan :

I_{002} = Intensitas puncak maksimum pada daerah kristalin, berkisar pada sudut 2 θ diantara 22-23°

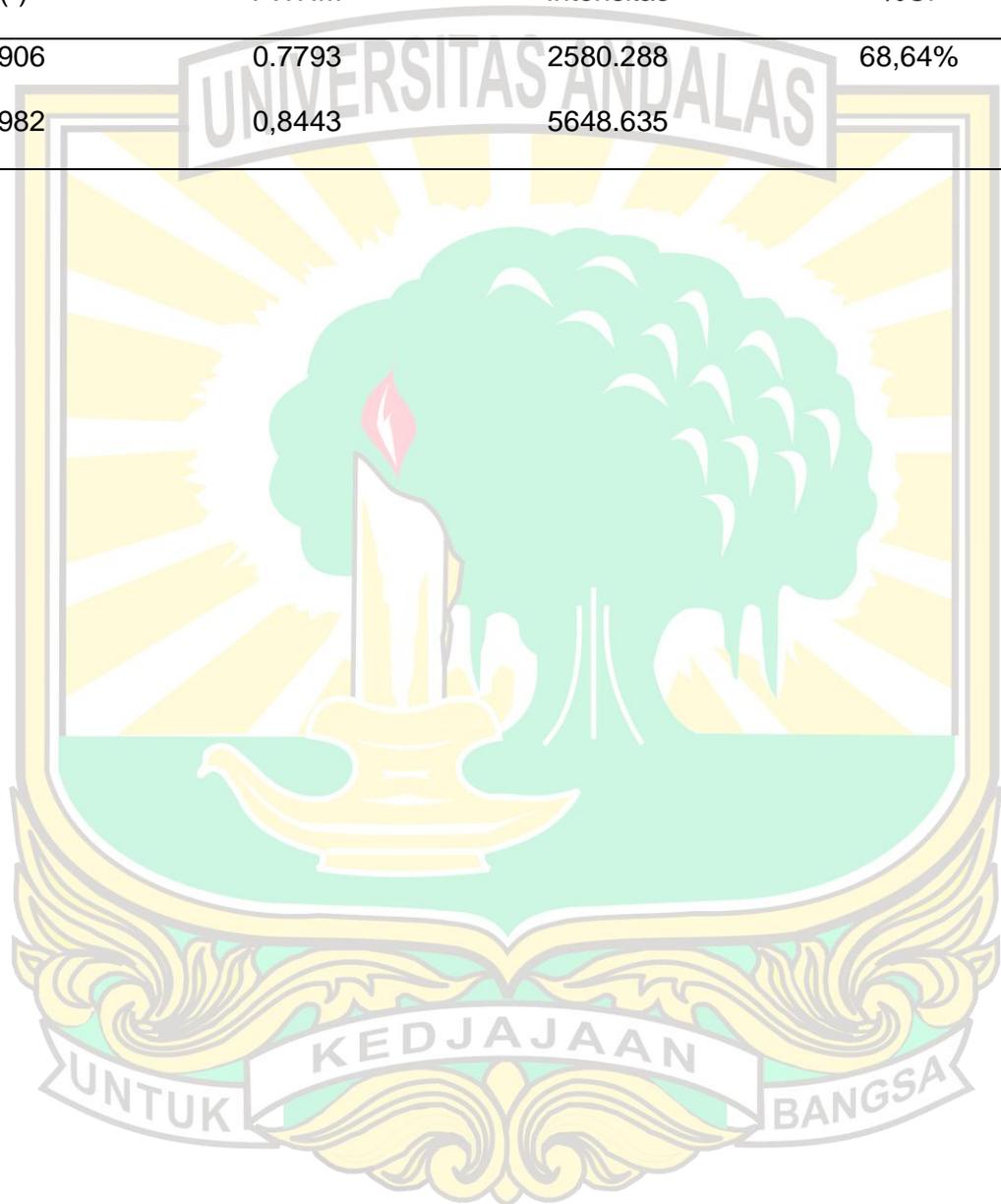
I_{am} = Intensitas puncak pada daerah amorf dengan kisaran sudut 2 θ 16 - 18°

Tabel derajat kristalinitas selulosa sebelum hidrolisis asam

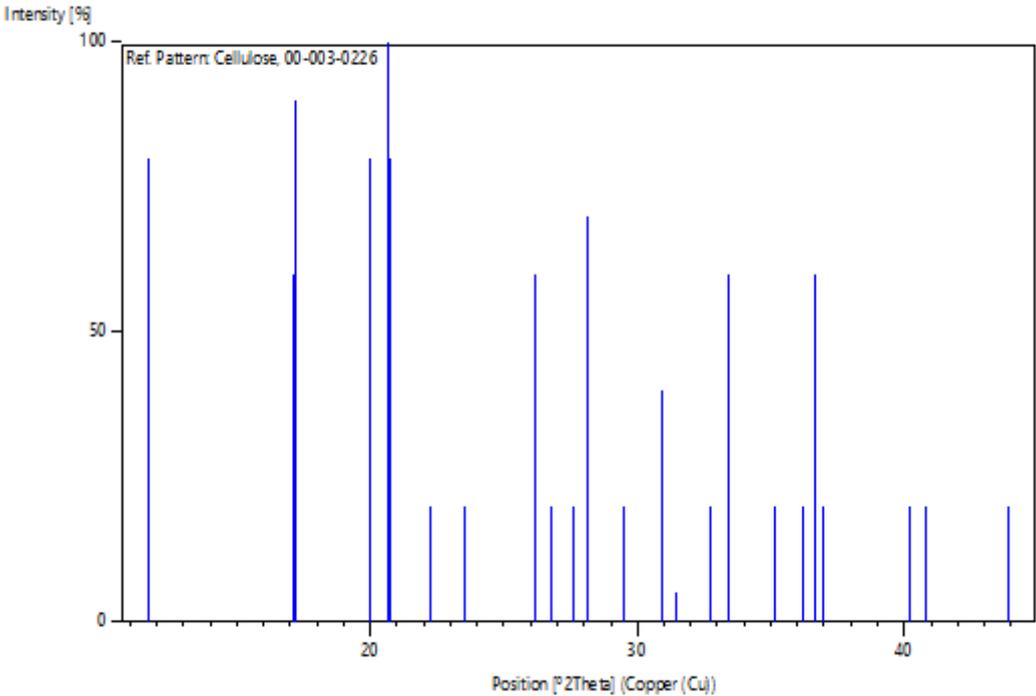
2θ (°)	FWHM	Intensitas	%Cr
16,0517	0.1948	2493.033	61,65%
22,5783	0.2598	4007.527	

Tabel derajat kristalinitas selulosa setelah hidrolisis asam

2θ (°)	FWHM	Intensitas	%Cr
16,5906	0.7793	2580.288	68,64%
22,5982	0,8443	5648.635	



Lampiran 4. Standar XRD Selulosa



Lampiran 5. Dokumentasi penelitian



Serat buah gambas yang telah dihaluskan dan digrinder



Filtrat serat buah gambas setelah delignifikasi



Serat buah gambas yang telah dikeringkan setelah delignifikasi



Serat buah gambas setelah *bleaching*



Proses hidrolisis asam dengan H_2SO_4



Hasil hidrolisis asam



Skripsi Aulia Febby Zhafira

by Aulia Zhafira

Submission date: 25-Aug-2025 11:31AM (UTC+0800)

Submission ID: 2734723949

File name: 2110412043_Skripsi_Aulia_Febby_Zhafira.pdf (2.16M)

Word count: 9116

Character count: 59693

Skripsi Aulia Febby Zhafira

ORIGINALITY REPORT

0 %	0 %	0 %	3 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On Exclude matches < 3%

Exclude bibliography On

Padang, 26 Agustus 2025
Validator Turnitin
Departemen Kimia FMIPA Universitas Andalas



Dr. Eng. Mahal Fajri Alif, M.Si
NIP. 198207242014041002