PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ASAM

(Skripsi)

Oleh

Rethanita Zaharani

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023

ABSTRAK

PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ASAM

Oleh

RETHANITA ZAHARANI

Telah dilakukan pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu dengan metode hidrolisis asam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu dengan metode hidrolisis asam dan mengetahui hasil dari karakterisasi dengn *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) and *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Pada penelitian ini dibuat 4 sampel dengan variasi H_2SO_4 yang digunakan adalah 19, 29, 39 dan 45%. Analisis XRD menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan maka persentase dari setiap sampel meningkat tetapi pada sampel 39% terjadi penuruan kemurnian yang disebabkan masih terdapat daerah selulosa yang belum hilang. Hasil indentifikasi fasa diperoleh bahwa pada sampel dengan penambahan H_2SO_4 19, 29, 39% terbentuk fasa $I_{\alpha,}$ I_{β} dan tenardit. Sementara, pada sampel 45% hanya terbentuk fasa I_{α} dan I_{β} dengan ukuran partikel yang dihasilkan sebesar 2,83 nm dan derajat kristalinitas sebesar 55,52%. Hasil analisis uji SEM diperoleh bahwa pola gambar mempunyai distribusi butir yang relatif homogen dengan bentuk batu yang saling bertumpang tindih. Hasil analisis FTIR menujukkan gugus fungsi yang terdeteksi adalah O – H, C – H, C ≡ C, C = C, H – C – H, C – O, dan C – O – C yang menujukkan kehadiran nanoselulosa.

Kata kunci: H_2SO_4, Hirolisis asam, Ampas Tebu, Nanoselulosa

ABSTRACT

EXTRACTION OF NANOCELLULOSE FROM BAGASSE USING ACID HYDROLYSIS METHOD

By

RETHANITA ZAHARANI

The extraction of nanocellulose from bagasse was carried out by the acid hydrolysis method. This study aims to prepare nanocellulose from sugarcane bagasse by acid hydrolysis method and to know the results of characterization with X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier Transform Infrared (FTIR). In this study, 4 samples were made with variations of H_2SO_4 of 19, 29, 39 and 45%. XRD analysis shows that the increase of sulfuric acid, the percentage of each sample increases but in the 39% sample there is a decrease in purity because there are still areas of cellulose that have not disappeared. The phase identification results show that in the sample with the addition of 19, 29, and 39% H_2SO_4 I_α, I_β, and thenardite phases were formed. While in the sample 45% only form I_α and I_β phases with a resulting particle size of 2.83 nm and a degree of crystallinity of 55.52%. The results of the SEM test analysis show that the image pattern has stone structures that overlap each other. The results of FTIR analysis show that the functional groups detected are O – H, C – H, C ≡ C, C = C, H – C – H, C – O, and C – O – C which indicates the presence of nanocellulose

Keywoards: *H_2SO_4, Acid Hydrolysis, Bagasse, Nanocellulose.*

PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ASAM

Oleh

Rethanita Zaharani

Skripsi

Sebagai Syarat Salah Satu untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023

Judul Skripsi	:	**PEMBUATAN NANOSELULOSA DARI AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ASAM**
Nama Mahasiswa	:	Rethanita Zaharani
Nomor Pokok Mahasiswa	:	1857041001
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Posman Manurung, Ph. D	**Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.**
NIP. 195903081991031001	NIP. 199006162019031016

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.

NIP. 198010102005011002

Dipindai dengan CamScanner

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Posman Manurung, M.Si., Ph.D** _____

Sekretaris : **Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si.** _____

Penguji

Bukan Pembimbing : **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.** _____

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS LAMPUNG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP. 197407052000031001

Tanggal lulus ujian skripsi: **06 Februari 2023**

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain. Sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 Februari 2023

Rethanita Zaharani

1857041001

Dipindai dengan CamScanner

RIWAYAT HIDUP

Rethanita Zaharani dilahirkan di Kecamatan Bekasi Timur, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat pada 14 Agustus 2000. Penulis merupakan putri kedua dari tiga bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Iwan dan Ibu Retno. Penulis menempuh pendidikan formal pada tingkat Sekolah dasar di SD Aren Jaya 14 Bekasi pada tahun 2006-2012, Sekolah Menegah Pertama di SMP Negri 11 Bekasi pada tahun 2012-2015, serta Sekolah Menegah Atas di SMAS PGRI 1 Bekasi pada tahun 2015-2018. Pada tahun 2018, penulis mendaftar sebagai calon mahasiswa S1 di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung (Unila), diterima melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negri (SMMPTN).

Selama menempuh jenjang pendidikan S1 di Jurusan Fisika FMIPA Unila, penulis mengambil peminatan keilmuan bidang Fisika Material. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum fisika inti pada tahun 2022. Dalam bidang organisasi, penulis pernah menjadi anggota UKM-U Zoom (2018) dan anggota UKM-U Volly (2019). Pada tahun 2021, penulis mengikuti program KKN di Canggu, Kabupaten Lampung Barat. Kemudian pada tahun 2021, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Bukit Asam Tbk-Tarahan.

Pada bulan Januari 2022 penulis melakukan penelitian terkait tugas akhir yang berjudul "Pembuatan Nanoselulosa dari Ampas Tebu (*Bagasse*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam" yang bertempat di Laboratorium Fisika Dasar Universitas Lampung.

MOTTO

"Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui"

(Q.S Al- Baqarah:216)

"Each life is made up of mistake and learning, waiting and growing, practicing patience and being persistent"
(Billy Graham)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, sembah sujud kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat dan kasih sayang-Nya, serta segala bantuan dan kemudahan-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam.

Sebagai tanda hormat dan terima kasih. Ku persembahkan karya kecil ini kepada.

"Ayah Iwan Iransidi dan Ibu Retno Wahyu Widowati"

Semoga karya ini bisa menjadi suatu kebangga kecil untuk ayah dan ibu tercinta.

"Keluarga Besarku"

Terima kasih atas segala doa, semanggat dan dukunganya.

"*Sahabat-sahabatku"*

Terima kasih telah memberikan warna, tawa, kceriaan dan kebersamaan selama ini.

"Fisika 2018"

"Universitas Lampung"

Almamater Tercinta

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan segala kekuatan dan pertolongan-Nya, sehingga, penulis dapat menyelesaikan studi S1 di Jurusan Fisika FMIPA di Universitas Lampung serta dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **"Pembuatan Nanoselulosa dari Ampas Tebu Menggunakan Metode Hidrolisis Asam"**. Penelitian ini membahas tentang pengaruh variasi konsentrasi asam terhadap pembentukan fasa, sturktur dan ukuran partikel menggunakan metode hidrolisis asam.

Penulis menyadari dalam penelitian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak, demi penyempurnaan serta perbaikan dari skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi salah satu rujukan untuk penelitian tentang nanoselulosa berikutnya, serta dapat memperkaya ide-ide penelitian yang lain.

Bandar Lampung, 06 Februari 2023

Penulis

Rethanita Zaharani

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, penulis akan menyelesaikan skripsi ini berkat bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Posman Manurung, M.Si., Ph.D selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan serta wawasan selama penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si selaku Pembimbing II yang senantiasa memberikan wawasan serta bimbingan selama penulisan skripsi.
3. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D selaku Pembahas yang telah memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
5. Ibu Suprihatin, S.Si., M. Si selaku pembimbing Akademik yang telah memberi arahan dan nasehat selama menempuh pendidikan di Jurusan Fisika.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas lampung yang telah banyak membekali ilmu bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Kedua Orang Tuaku serta adik dan kakak ku yang telah mendoakan serta memberi semangat.
8. Sahabatku Anisyah Anggaraini, Rysa Sonya Reni Paulin Gultom dan Cahlia Kurnia yang telah memberi semangat dan menjadi teman diskusi selama mngerjakan skripsi.
9. Teman-teman Laboratorium Fisika Inti Farra Fazria, Wiwin Sulistiani, Yessi Efridahniar, Firmanda Fardony, Eza Ariyani, Wulan Warohmah, Mirdha Khamidah dan Hauzan Khairullah yang telah memberikan semangat.

10. Teman–teman Fisika angkatan 2018 dan semua pihak yang tidak dapat penulis cantumkan.

Semoga Allah membalas kebaikan kalian dan kita semua selalu dalam lindungan Allah SWT

Bandar Lampung, 06 Februari 2023

Rethanita Zaharani

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
HALAMAN JUDUL ..... **iii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iv**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **v**
HALAMAN PERNYATAAN ..... **vi**
RIWAYAT HIDUP ..... **vii**
MOTTO ..... **ix**
PERSEMBAHAN ..... **x**
KATA PENGANTAR ..... **xi**
SANWACANA ..... **xii**
DAFTAR ISI ..... **xiv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvi**
DAFTAR TABEL ..... **xvii**
I. PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat Penelitian 5
II. TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Selulosa 6
2.2 Nanoselulosa 7
2.3 Hidrolisis Asam 9
2.4. Ampas Tebu 11
2.5. X-Ray Diffraction (XRD) 12

2.6. Fourier Transformasi Infrared (FTIR) 15
2.6. Analisis Mikroskop Elektron 17
III. METODE PENELITIAN 21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 21
3.2 Alat dan Bahan 21
3.3 Prosedur Penelitian 21
3.3.1 Pembuatan Nanoselulosa 22
3.3.2 Karakterisasi 23
3.4. Diagram Alir 24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Hasil Sintesis Sampel 25
4.2 Hasil Analisis XRD 27
4.2.1 Hasil Analisis Kualitatif XRD 27
4.2.2Hasil Analisis Kuantitatif XRD 30
4.3. Hasil Analisis SEM 33
4.4. Hasil Analisis Spektrometer FTIR 35
V. KESIMPULAN DAN SARAN 38
5.1 Kesimpulan 38
5.2 Saran 38
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 44

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Struktur selulosa 4

Gambar 2.2 Ilustrasi struktur nanoselulosa 6

Gambar 2.3 Struktur kristal nanoselulosa fasa I_α 9

Gambar 2.4 Struktur kristal nanoselulosa fasa I_β 8

Gambar 2.5 Ampas tebu 10

Gambar 2.6 Difraksi sinar-X pada kisi kristal 10

Gambar 2.7 Pola XRD ampas tebu(a), selulosa ampas tebu (b) dan nanoselulosa ampas tebu 11

Gambar 2.8 Spektrum FTIR ampas tebu 13

Gambar 2.9 Skematik komponen SEM 15

Gambar 2.10 Analisis SEM ampas tebu 16

Gambar 3.1 Diagram alir 24

Gambar 4.1 Proses sintesis sampel, (a) *bleaching* ampas tebu, (b) *pre-treatment* (c) hidrolisis asam, (d) pencucian dengan aquabides, (e) netralisasi (f) penyaringan, (g) p-CNC, (h) pengeringan 25

Gambar 4.2 CNC hasil hidrolisis H_2SO_4 (a) 19%, (b) 29%, (c) 39%, (d) 45% .. 27

Gambar 4.3 Difraktogram XRD 28

Gambar 4.4 Hasil penghalusan data XRD (a) CNC 19%, (b) CNC 29%, (c) CNC 39%, (d) CNC 45% 31

Gambar 4.5 Hasil karakterisasi SEM pada sampel 45% 34

Gambar 4.6 Spektrum FTIR CNC 35

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Variasi konsentrasi sampel 22

Tabel 4.1 Hasil perhitungan derajat kristalinitas 29

Tabel 4.2 Parameter kesesuaian penghalusan 31

Tabel 4.3 Parameter fasa CNC dalam persen molar 32

Tabel 4.4 Parameter sel fasa I_α 32

Tabel 4.5 Parameter sel CNC fasa I_β 33

Tabel 4.6 Hasil perhitungan ukuran partikel 33

Tabel 4.7 Hasil analisis FTIR CNC 35

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi merupakan ilmu interdisiplin dari ilmu fisika, kimia, biologi bahan dan keteknikan (Duncan, 2011). Material berskala nano merupakan pengembangan ukuran dari yang sebelumnya berskala mikrometer menjadi nanometer. Sesuai dengan namanya nano memiliki ukuran 10^{-9} m yang di dalamnya tidak hanya berupa proses pengecilan ukuran bahan (Rhodes, 2014), namun juga menyusunnya menjadi ukuran nano dengan struktur yang diatur sedemikian rupa sehingga produk yang dihasilkan memiliki sifat fisika dan kimia yang lebih unggul dari material berukuran besar (bulk) (Bera and Belhaj, 2016).

Berdasarkan karakteristiknya, nano memiliki sifat yang berbeda antara lain: sensitivitas terhadap suhu tinggi, luas permukaan, ketahanan terhadap regangan tinggi dan konduktivitas rendah (Yang and Tighe, 2013). Nanomaterial memiliki beberapa jenis seperti nanologam, nanoselulosa, nanopolimer, nanokomposit dan nanokeramik (Morris and Willis, 2007).

Salah satu jenis nanomaterial yang banyak diteliti adalah nanoselulosa, material yang terbuat dari selulosa dengan ukuran nano memiliki panjang 10-100 nm dan diameternya 1-100 nm (Ieolovich, 2012a). Nanoselulosa memiliki sifat unggul yaitu,

densitasnya rendah, memiliki reaktivitas tinggi, kekuatan dan modulusnya tinggi. Berdasarkan kelebihan-kelebihan tersebut nanoselulosa dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi diantaranya sebagai kosmetik, bahan produksi kertas, pengemulsi minyak dan air. Beberapa teknik dikembangkan untuk mengekstrak nanoselulosa dari selulosa diantaranya hidrolisis asam, hidrolisis enzimatis, dan proses mekanis. Adapun penggunaan masing-masing metode ekstraksi dimungkinkan menghasilkan tipe dan properti nanoselulosa yang berbeda (Ioelovich, 2012).

Salah satu metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah hidrolisis asam berbasis ampas tebu, hidrolisis menggunakan asam kuat lebih mudah dan cepat untuk menghasilkan nanoselulosa serta indeks kristal yang dihasilkan lebih tinggi (Lavarack *et al*., 2002). Asam kuat dapat menghilangkan bagian amorf dari suatu rantai selulosa sehingga isolasi pada bagian kristalin selulosa dapat dilakukan. Kelebihan nanoselulosa dari ampas tebu dibandingkan dengan bahan lainya seperti tumbuhan berkayu umumnya memiliki kandungan lignin yang rendah, membutuhkan waktu yang lebih singkat, ramah lingkungan dan kebutuhan energi isolasi selulosa yang lebih rendah (Foo and Hamed, 2009). Selulosa terdiri dari molekul glukosa yang terhubung atas rantai-rantai glukosa yang identik melalui ikatan hidrogen yang kuat. Molekul glukosa dapat dihasilkan dengan memecah ikatan selulosa melalui proses *pre-treatment* (Gibson, 2012).

(Wulandari, 2016) telah melakukan penelitian nanoselulosa menggunakan metode hidrolisis asam dengan asam kuat, dalam hal ini asam sulfat 60%. Sebelum hidrolisis, tahap preparasi dilakukan dengan merendam ampas tebu dalam 17,5% larutan NaOH pada 45°C selama tiga jam dan *bleaching* pada 45°C selama empat jam menggunakan *sodium hypochlorite*. Selanjutnya *pulp* yang telah melewati tahap *bleaching*

dihidrolisis menggunakan asam sulfat 60% dengan berbagai parameter reaksi, seperti rasio asam terhadap selulosa, suhu dan waktu hidrolisis. Karakteriasi sempel dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR).

Tebu merupakan tanaman yang hidup ditaman tropis terutama di Indonesia. Perkebunan tebu memiliki luas sekitar 232 ribu hektar yang tersebar luar di Indonesia (Setiati *et al*., 2016). Ampas tebu yang biasa disebut *bagasse*, merupakan sisa dari proses ekstraksi cairan tebu. Ampas tebu diperoleh 32% dari berat tebu yang digiling. Komponen penyusun ampas tebu adalah serat yang didalamnya terdapat selulosa, hemiselulosa dan lignin sehingga banyak dimanfaatkan dalam beberapa industri (Gutierrez and Tengerdy, 1997).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan nanoselulosa dari limbah hasil pertanian dengan berbagai konsentrasi asam, pengaruh konsentrasi akan menghasilkan sifat yang berbeda pada sumber selulosa. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu menggunakan metode hidrolisis asam dan karakterisasi menggunakan (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan (FTIR) untuk menghasilkan selulosa dengan ukuran nano terbaik berkisar antara 1 – 100 nm.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu dengan metode hidrolisis asam?
2. Bagaimana hasil karakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM dan FTIR?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu dengan menggunakan metode hidrolisis asam.
2. Menganalisis hasil dari karakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM dan FTIR.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah ampas tebu.
2. Pembuatan digunakan dengan menggunakan metode hidrolisis asam.
3. Karakterisasi sampel dilakukan dengan menggunakan XRD, SEM dan FTIR.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukanya penelitian ini adalah:

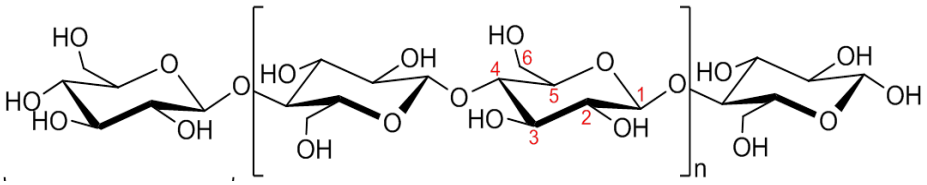
1. Dapat mengetahui proses pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu dengan menggunakan metode hidrolisis asam.
2. Dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya, terutama pada bidang nanoselulosa dengan metode hidrolisis asam.
3. Dapat menjadi referensi tambahan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, khususnya pada bidang material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tumbahan hingga organisme (Fengel and Wegener, 1983). Selulosa merupakan komponen karbohidrat rantai lurus dengan glukosa sebagai monomer penyusunnya, dimana antar monomernya dihubungkan oleh ikatan hidrogen. Selulosa tidak larut dalam air dan tahan terhadap perlakuan dengan berbagai bahan kimia, kecuali asam kuat (Karlsson, 2006). Melalui tahapan proses isolasi, ukuran selulosa murni yang dihasilkan menjadi sangat beragam tergantung dari sumber bahan baku, metode isolasi yang digunakan, proses penanganan hingga proses karakterisasi.

Selulosa merupakan homopolimer yang terdiri atas satuan β-D-glukopiranosa yang terikat dengan ikatan (1,4)-glikosida dengan rumus $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan n adalah derajat polimerisasinya. Struktur selulosa dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 Struktur selulosa (Börjesson and Westman, 2015).

Berdasarkan pada **Gambar 2.1** molekul selulosa berbentuk linear dengan unit ikatan seragam. Unit glukosa akan mengeliminasi molekul air diantara gugus hidroksil pada C_1 dan C_4. Gugus-gugus pada C_1 merupakan gugus hidrat aldehida memiliki sifat pereduksi, sedangkan gugus C_4 merupakan gugus hidroksil alkohol yang bukan bersifat pereduksi (Roy *et al*., 2009).

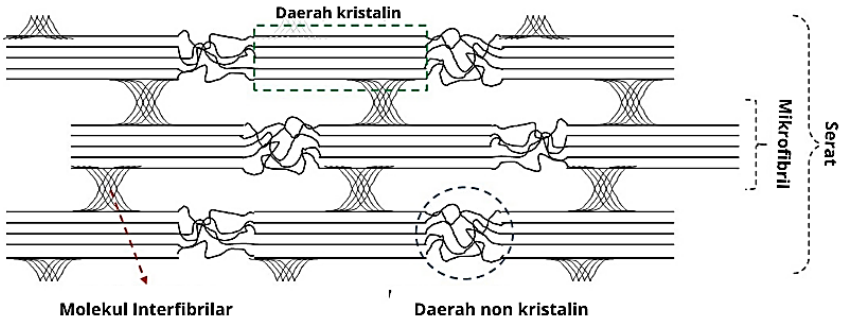
2.2 Nanoselulosa

Nanoselulosa adalah suatu partikel selulosa yang berukuran nano memiliki ukuran kurang dari 100 nm (Lee *et al*., 2014). Hal tersebut ditandai dengan adanya peningkatan kemampuan dispersi dan biodegradasi serta peningkatan kristalinitas, aspek rasio dan luas permukaannya. Dengan kemampuan dari nanoselulosa tersebut, maka partikel dari nanoselulosa dimanfaatkan menjadi filler penguat dari suatu polimer. Nanoselulosa juga dimanfaatkan sebagai aditif untuk produk-produk *biodegredable*, penguat membran, media pembawa obat serta implan dan sebagai pengental (Borges *et al*., 2011).

Nanoselulosa memiliki banyak keunggulan antara lain densitasnya rendah, memiliki reaktivitas kimia yang tinggi, kekuatan dan modulusnya tinggi masing-masing sebesar 228% dan 317% (Gonzales *et al*., 2014). Aplikasi nanoselulosa dapat diterapkan pada bidang kimia, farmasi serta industri. Pada bidang industri nanoselulosa diaplikasikan untuk meningkatkan kekuatan ikatan serat kertas dan nanokomposit (Börjesson and Westman, 2015).

Nanoselulosa merupakan bagian kristal selulosa yang mempunyai satu dimensi dalam kisaran ukuran nanometer. Untuk nanoselulosa yang daerahnya dihidrolisis kristal

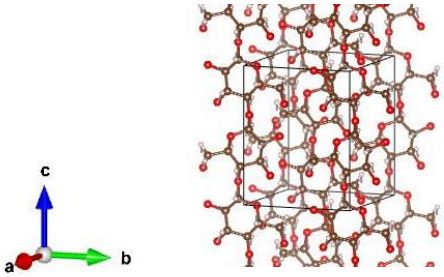
yang tersisa akan tidak sama dalam kisaran nanometer disemua atmosfer dimensi.



Gambar 2.2 Ilustrasi struktur nanoselulosa (Börjesson and Westman, 2015).

Dalam **Gambar 2.2** ditunjukkan bagian dari serat selulosa yang mengandung kristal serta amorf. Hidrolisis asam menghilangkan daerah non-kristal dan hanya bagian kristal yang tersisa. Perlakuan mekanis dari serat akan permanen baik non-kristal dan daerah kristal akan tetapi beberapa ikatan *interfibrillar* akan pecah, membentuk *fibril* dalam ukuran nanometer dan ukuran mikrometer (Börjesson and Westman, 2015).

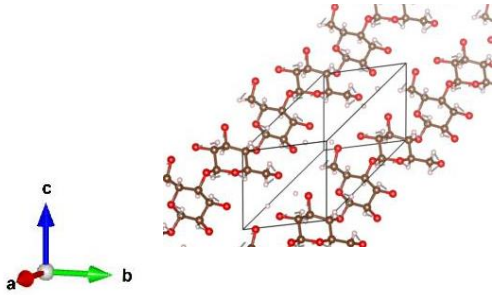
Bahan nanoselulosa ini memiliki dua jenis kristal utama yang dapat disintesis yaitu I_α (trklinik) dan I_β (monoklinik) (Nishiyama *et al*., 2002;2003). Kedua struktur kristal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.3** dan **2.4**.



Gambar 2.3. Struktur kristal nanoselulosa fasa I_α

Gambar 2.3 menunjukkan struktur kristal nanoselulosa fasa I_α dibuat dengan Vesta ver 3.4.8. Model I_α yang digunakan adalah sistem triklinik dan grup ruang P1 dengan

parameter kisi a = 6,717 Å, b = 5,962 Å, c = 10,400 Å (Nishiyama *et al*., 2003).



Gambar 2.4 Struktur kristal nanoselulosa fasa I_β.

Gambar 2.4 menunjukkan struktur kristal nanoselulosa fasa I_β dibuat dengan Vesta ver 3.4.8. Model I_β yang digunakan adalah sistem monoklinik dan grup ruang $P2_1$ dengan parameter kisi a = 7,784 Å, b = 8,201 Å dan c = 10,380 Å (Nishiyama *et al*., 2002).

2.3 Hidrolisis Asam

Hidrolisis merupakan proses pemecahan suatu molekul dengan air menghasilkan molekul yang lebih kecil. Hidrolisis merupakan rekasi antara reaktan dengan air sehingga terjadi penguraian senyawa. Asam yang biasanya digunakan dalam proses hidrolisis yaitu asam asetat (CH_3COOH), asam fosfat (H_3PO_4), asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H_2SO_4). Proses hidrolisis menggunakan asam sulfat dapat menghasilkan kristal yang lebih tinggi karena asam ini memiliki jumlah ion hidrogen yang lebih banyak daripada asam kuat lainnya seperti asam klorida (Martín *et al*., 2002).

Proses hidrolisis dengan konsentrasi tinggi dapat dilakukan pada suhu yang rendah namun kelemahanya yaitu konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi sekitar 30-

70% menimbulkan korosi terhadap peralatan dan waktu rekasi yang digunakan lama yaitu 2-6 jam. Hidrolisi dengan menggunakan asam memiliki keuntungan yaitu jumlah asam yang digunakan sedikit dan waktu yang dibutuhkan singkat yaitu 1-2 jam namun kelemahanya membutuhkan suhu yang tinggi sekitar 90-110°C (Taherzadeh and Karimi, 2007).

Hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat menunjukkan nanoselulosa dapat terdispersi dengan mudah oleh air dan nanoselulosa hasil hidrolisis dengan asam klorida tidak terdispersi dengan mudah oleh air serta membentuk suspensi larutan yang cenderung terflokulasi (Liu *et al*., 2016). Asam yang digunakan pada hidrolisis pada proses isolasi nanoselulosa akan berpengaruh terhadap gugus muatan pada permukaan nanoselulosa yang dihasilkan (Börjesson and Westman, 2015).

Proses terjadi hidrolisis asam yaitu selulosa terdiri dari daerah amorf dan daerah kristal. Daerah amorf memiliki densitas lebih rendah dibandingkan daerah kristal, sehingga ketika selulosa diberikan perlakuan asam kuat maka sebagian daerah amorf akan terdegradasi dan melepaskan daerah kristal. Asam bertindak sebagai katalis pada protonisasi atom oksigen ikatan glikoksidik pada rantai selulosa (Mandal & Chakrabarty, 2011). Asam sulfat yang diencerkan dengan air akan membentuk ion H_2O+ yang kemudian H+ berekasi dengan salah satu selulosa dan membentuk ikatan O – H rekasi ini menghasilakn ion H+. Adanya muatan pada permukaan selulosa menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja dari partikel (Serhan *et al*., 2019).

Metode hidrolisis asam yang digunakan untuk mengekstrasi nanoselulosa telah menghasilkan produk dengan diameter 30-50 nm dan panjangnya 200-500 nm

(Gond, 2021). Penelitian lainnya yang telah dilakukan oleh (Ghazy, 2016) menghasilkan nanoselulosa dengan diameter 5-20 nm dan panjangnya 80-100 nm.

2.4. Ampas Tebu

Tanaman tebu merupakan tanaman yang tergolong perdu, memiliki batang yang tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Pada batangnya terdapat lapisan lilin yang berwarna putih keabu-abuan, batangnya mempunyai panjang ruas 10-30 cm. Daun tebu berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling (Yovita and Emi, 2000). Tebu bisa menjadi sumber pemanis selain dari bit gula (Joersbo, 2007).

Ampas tebu merupakan salah satu limbah pada pabrik gula. Ampas tebu atau lazimnya disebut *bagasse*, adalah hasil samping dari batang tebu yang telah mengalami proses ekstrasi (pemerahan) tebu. Saat ini perkebunan tebu mendominasi luas area perkebunan di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Tebu Indonesia ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu yang digiling (Habibullah, 2019). Serat ampas tebu tidak dapat terlarut dengan air dan terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa pada ampas tebu dilapisi oleh lignin yang membuat struktur selulosa bersifat kuat.

Keberadan lignin tersebut dapat mengganggu selulosa untuk berkaitan dengan ion logam. Maka ampas tebu perlu dilakukan delignifikasi untuk menghilangkan kandungan lignin. Ampas tebu ini memiliki kandungan lignin 18,9%, selulosa 33,4% dan hemiselulosa 30 % (Howard *et al*., 2003). Pada **Gambar 2.5** menunjukkan bentuk ampas tebu.

Gambar 2.5 Ampas tebu.

2.5. X-Ray Diffraction (XRD)

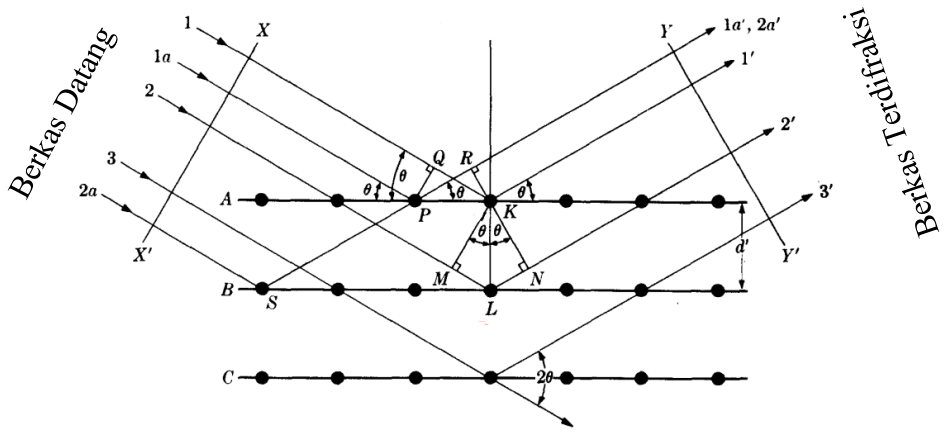
Sinar-X ditemukan pertama kali oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Tidak seperti cahaya biasa, sinar ini tidak terlihat, namun berada dalam garis lurus dan mempengaruhi film fotografi dengan cara yang sama seperti cahaya. Sinar-X yang digunakan dalam difraksi memiliki panjang gelombang pada kisaran 0,5-0.2 Å. XRD merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi susunan atom dalam suatu bahan dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik dari sianr-X dan struktur kisi sebagai parameternya. Berkas sinar-X yang saling menguatkan itu disebut sebagai berkas difraksi (Cullity, 1978).

Difraksi sinar-X pertama kali dieksperimenkan pada tahun 1912 oleh Friedish, Knipying dan Von Laue. Teknik ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama dan kurang paraktis karena umumnya mesin bergerak secara bertahap melakukan pengukuran mulai dari sudut hamburan kecil sampai sudut besar. Percobaan dilakukan kembali oleh dua fisikawan Inggris, W. H. Bragg 1862-1942 dan putranya W. L. Bragg 1890-1972. Mereka berhasil menganalisis percobaan Laue dan mampu menampilkan kondisi yang diperlukan untuk difraksi dalam bentuk

matematika jauh lebih sederhana. Percobaan dilakukan dengan cara menambahkan sinar-X pada sampel padaran kristalin, kemudian sinar tersebut akan terdifraksi. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksi oleh sampel. Sampel serbuk memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang tedapat didalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi tertentu, sehingga dapat dituliskan sebagai:

$$2d \sin \theta = \lambda \tag{2.1}$$

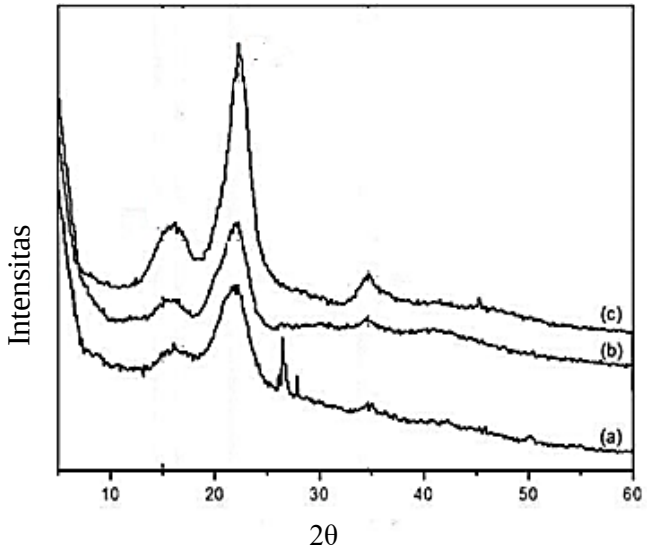
Persamaan di atas dikenal sebagai hukum Bragg, dengan θ = sudut difraksi, λ = panjang gelombang sinar-X, *d* adalah jarak antar bidang. Derajat kekeristalan adalah besaran yang menyatakan banyaknya kadungan kristal dalam suatu materi dengan membandingkan luasan kurva puncak dengan total luasan amorf dan kristal. **Gambar 2.6** menunjukkan difraksi sinar-X pada kisis kristal.



Gambar 2.6 Difraksi sinar-X pada kisi kristal (Cullity,1978)

Jika berkas pararel sempurna, maka sianr-X monokromatik sempurna dengan panjang gelombang λ merupakan sianr datang pada kristal dengan sudut θ, dimana θ

diukur antara berkas datang dan bidang kristal tertentu. Keuntungan utama penggunaan sinar-X dalam karakterisasi material adalah kemampuan penetrasinya, sebab sinar-X memiliki energi yang sangat tinggi akibat panjang gelombangnya (Culity, 1978). Pada penelitian yang telah dilakukan (Kumar *et al*., 2013) hasil karakterisasi XRD pada sampel ampas tebu dapat dilihat pada **Gambar 2.7.**



Gambar 2.7 Pola XRD ampas tebu (a), selulosa yang diberi perlakuan secara kimiawi (b), nanoselulosa berbasis ampas tebu (c) (Kumar *et al*., 2013).

Hasil analisis XRD pada ampas tebu ditunjukkan pada **Gambar 2.7.** Semua sampel menunjukan 3 puncak difraksi, yaitu pada 2θ = 16,5^o, 18,5^o dan 22,5^o puncak difraksi tersebut merupakan tipikal puncak selulosa tipe 1 dengan nilai 2θ daerah kristalin berada di rentang 22,5^o. Dari hasil puncak difraksi dapat dilihat bahwa ketajaman puncak pada setiap puncak nanokristalin selulosa meningkat, sedangkan hasil perhitungan nilai indeks kristalinitas didapatkan nilai pada sampel ampas tebu nilai indeks kristalinitasnya 35,6%, sampel selulosa yang diberi perlakuan secara kimiawi nilai indeks kristalinitasnya 63,5%, dan nanoselulosa ampas tebu indeks

kristalinitasnya 72,5%. Ada dua cara untuk menganalisis data difraksi yaitu dengan analisis kualitatif dan kuantitatif. Selanjutnya data XRD dapat digunakan untuk melakukan perhitungan ukuran parikel, dimana tingkat kristalinitas parikel dilakukan dengan membandingkan intensitas dan pelebaran puncak difraksi dari sampel dengan menggunakan persamaan *Scherrer* (Cullity, 1978) yang dituliskan pada **Persamaan 2.2**.

$$L = \frac{0{,}9\,\lambda}{B\cos\theta} \tag{2.2}$$

Dengan *L* adalah diameter (nm), 0,9 adalah konstanta *Scherrer*, λ adalah panjang gelombang sinar-X, θ adalah sudut difraksi dan *B* adalah lebar penuh pada setengah intensitas maksimum atau *Full-Width at Half Maximum* (FWHM) puncak difraksi dalam radian. Metode penentuan derajat kristalinitas (I_c) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Segel yang dituliskan melalui **Persamaan 2.3**.

$$I_c = \frac{I_{max} - I_{am}}{I_{max}} \times 100\% \tag{2.3}$$

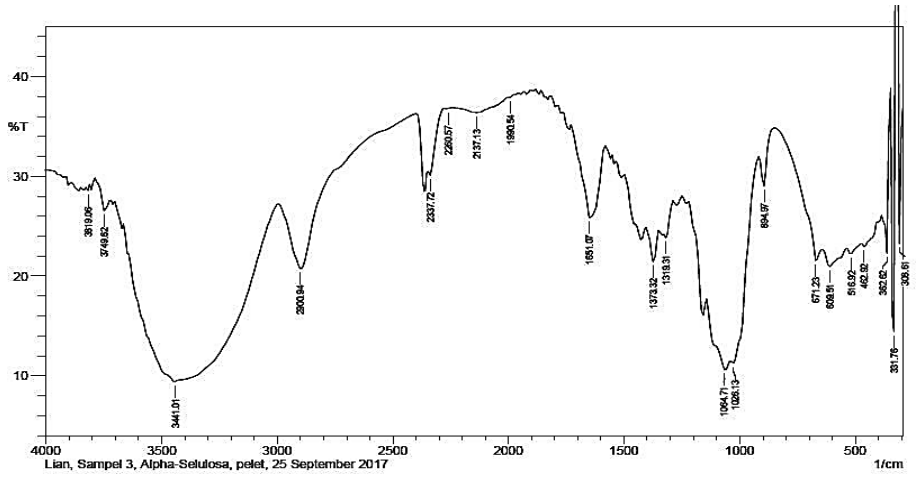
Hasil difraksi menunjukkan sinyal kuat pada fraksi krsitalinitas selulosa yang digunakan untuk menentukan parameter kristolografis, seperti jarak antar unit sel kristal (Zugenmaier, 2001).

2.6. Fourier Transformasi Infrared (FTIR)

Spektrofotometri inframerah adalah salah satu teknik identifikasi yang dapat mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom, menganalisa senyawa organik dan anorganik, serta analisis senyawa secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menentukan struktur polimer dan kopolimer sedangkan analisis kuantitatif ditentukan berdasarkan hukum Lambert Beer (Skoog, 1998).

Spektrofotometri inframerah pada umumnya digunakan untuk melakukan penentuan jenis gugus fungsi suatu senyawa organik, mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak. Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik. Spektrum inframerah yang dihasilkan dari pentransmisian cahaya akan melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Marcott, 1986).

Pada penelitian yang telah dilakukan (Wulandari *et al*., 2016) hasil karakterisasi FTIR sampel ampas tebu dapat dilihat pada **Gambar 2.8**



Gambar 2.8 Hasil FTIR ampas tebu (Wulandari *et al.*, 2016).

Gambar 2.8 menunjukkan hasil FTIR dari ampas tebu. Dari spektrum data tersebut memberi dukungan bahwa sampel yang digunakan memiliki gugus O – H dengan munculnya puncak vibrasi pada bilangan gelombang 3441,01 cm^{-1}, serta didukung

oleh puncak serapan pada bilangan gelombang 1026,13 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi dari gugus C-O simetris dan puncak serapan pada bilangan gelombang 1373,32 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C-O anti-simetris. Puncak vibrasi pada bilangan gelombang 2900,94 cm^{-1} merupakan vibrasi *stretching* C-H yang didukung oleh vibrasi C-H *bending* pada bilangan gelombang 671,23 cm^{-1}. Munculnya puncak vibrasi pada bilangan gelombang 2337,72 cm^{-1} menunjukkanvibrasi C-C *stretching* dan didukung dengan bilangan gelombang 894,97 cm^{-1} yang menunjukkan C-C *bending*. Munculnya gugus karbonil pada spektrum FTIR sebelum esterifikasi diperkirakan berasal dari rantai paling akhir selulosa dan senyawa fenil pada lignin yang tersisa.

2.6. Analisis Mikroskop Elektron

Analisis mikroskop elektron yang digunakaan adalah SEM. SEM merupakan teknologi yang telah berkembang selama 80 tahun terakhir. Publikasi pertama kali yang mendeskripsikan teori SEM dilakukan oleh fisikawan Jerman Dr. Max Knoll pada 1935, meskipun fisikawan Jerman lainya Dr. Manfred von Ardenne mengklaim dirinya telah melakukan penelitian suatu fenomena yang kemudian disebut SEM hinga tahun 1937 (McMullan, 1988).

SEM merupakan mikroskop dengan elektron sebagai pengganti cahaya untuk membentuk sebuah gambar. SEM memiliki banyak keuntungan melebihi mikroskop biasa. SEM mempunyai bidang pengukuran yang lebar yang membuat sampel fokus pada suatu waktu. Dengan resolusi SEM yang lebih tinggi tersebut sampel dapat diperbesar pada tingkatan yang lebih tinggi secara teliti (Schweitzer, 2013). SEM memiliki perbesaran 400.00 kali dan resolusi sebesar 1 nm dengan kedalam bidang

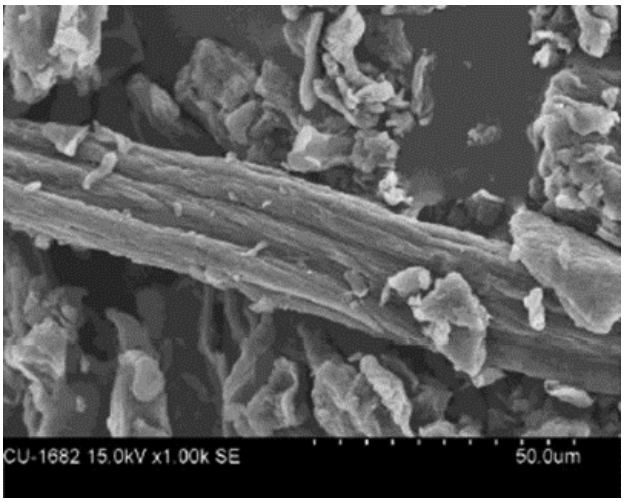
4-0,4 mm. SEM digunakan untuk melihat permukaan citra suatu bahan, selain itu juga dapat memberikan informasi terkait komposisi kimia dalam suatu bahan, baik bahan konduktif maupun bahan non konduktif. Mikroskop yang paling umum digunakan

adalah mikroskop cahaya, mikroskop cahaya meninggalkan objek yang dicitrakan tidak berubah oleh proses pencitran. Alam SEM dapat dilihat pada **Gambar 2.9**

Gambar 2.9. Alat SEM (Sumber: https://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/).

Gambar 2.9 terdapat alat SEM proses kerja alat ini terjadi karena interaksi elektron yang berasal dari alat dengan sampel. Perilaku ini dapat menghasilkan mekanisme yaitu pantulan inelastis dan pantulan elastis. Pantulan inelastis adalah elektron yang memiliki tingkat energi rendah ketika terjadi pantulan eklektron pada sampel yang disebut dengan elektron sekunder, sedangkan pantulan elastis adalah pantulan elektron yang menghasilkan dua sinyal yaitu elektron hamburan balik yang memberikan informasi mengenai komposisi dari sampel karakteristik sinar-X yang memberikan hasil mikroanalisis dan distribusi unsur-unsur pada sampel (Kuo, 2007).

Pada penelitian yang telah dilakukan (Gond *et al*., 2021) hasil karakterisasi pada SEM dapat dilihat pada **Gambar 2.10**



Gambar 2.10 Analisis SEM nanoselulosa ampas tebu (Gond *et al*., 2021).

Pada analisis sampel ampas tebu yang terdapat pada **Gambar 2.10** menunjukkan gambar yang dilakukan uji SEM hasil isolasi dari ampas tebu adapun hasil yang didapatkan menunjukkan morfologi permukaan yang tampak homogen, amorf dan memiliki pori kecil, nanoselulosa yang dihasilkan berbentuk sepertiserat yang saling berhubungan dengan ukuran partikel dan serat berkisar antara 30-50 nm.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada bulan Agustus 2022 sampai dengan September 2022. Karakterisasi XRD dilakukan di PT. Glabs Indonesia Utama, SEM dilakukan di Institut Teknologi Bandung dan FTIR dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari neraca digital, gelas ukur, spatula, *magnetic stirrer hot plate*, kertas saring, mortar dan alu, magnet bar, kertas lakmus, lemari asam, oven, alumunium foil, pembungkus plastik, *centrifuge*, pot sampel. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ampas tebu, NaOH 98%, H_2SO_4 98%, aquades, pemutih dan aquabides.

3.3 Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan pembuatan sampel langkah pertama mencuci alat yang digunakan dalam penelitian, selanjutnya menyiapkan larutan etanol 10% untuk

merendam peralatan yang telah dicuci sebelumnya lalu dikeringkan. Langkah kedua melakukan sintesis sampel dengan ketentuan variasi yang terdapat pada **Tabel 3.1**. Masing-masing sampel diberikan perlakuan yang sama dengan variasi H_2SO_4 yang berbeda.

Tabel 3.1 Variasi konsentrasi sampel

Nama Sampel	Ampas Tebu (g)	NaOH(%)	*Pre-treatment* (Jam)	H_2SO_4 (%)	Hidrolisi (Jam)
CNC Tebu- 19%	10	3	2	19	1
CNC Tebu- 29%	10	3	2	29	1
CNC Tebu- 39%	10	3	2	39	1
CNC Tebu- 45%	10	3	2	45	1

3.3.1 Pembuatan Nanoselulosa

Pembuatan nanoselulosa yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode hidrolisis asam. Tahap awal yang dilakukan dengan mencuci ampas tebu dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel setelah itu dikeringkan dengan sinar matahari selama 2 hari. Ampas tebu dihancurkan dengan menggunakan blender hingga menjadi bubuk. Kemudian di*bleaching* dengan merendam ampas tebu pada pemutih selama 30 menit lalu dikeringkan dengan sinarmatahari selama 1 hari. Langkah selanjutnya yaitu *delignifikasi* untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin dengan mencampurkan ampas tebu 1:10 (b/v) dengan NaOH 3% ke gelas ukur, setelah itu diaduk dan dipanasakan pada suhu 50°C selama 2 jam dengan *magnetic stirerr* dalam keadaan tertutup lalu disaring dan dibuang airnya. Selanjutnya tahap hidrolisis yang dilakukan dengan 10 gram ampas tebu dan ditambahkan 100 ml H_2SO_4 secara perlahan dengan variasi konsentrasi 19, 29, 39, 45% lalu tunggu hingga larutan tersebut tidak panas lagi, setelah itu diaduk dan dipanaskan pada temperatur 45°C selama 1 jam dalam keadaan terbuka dengan

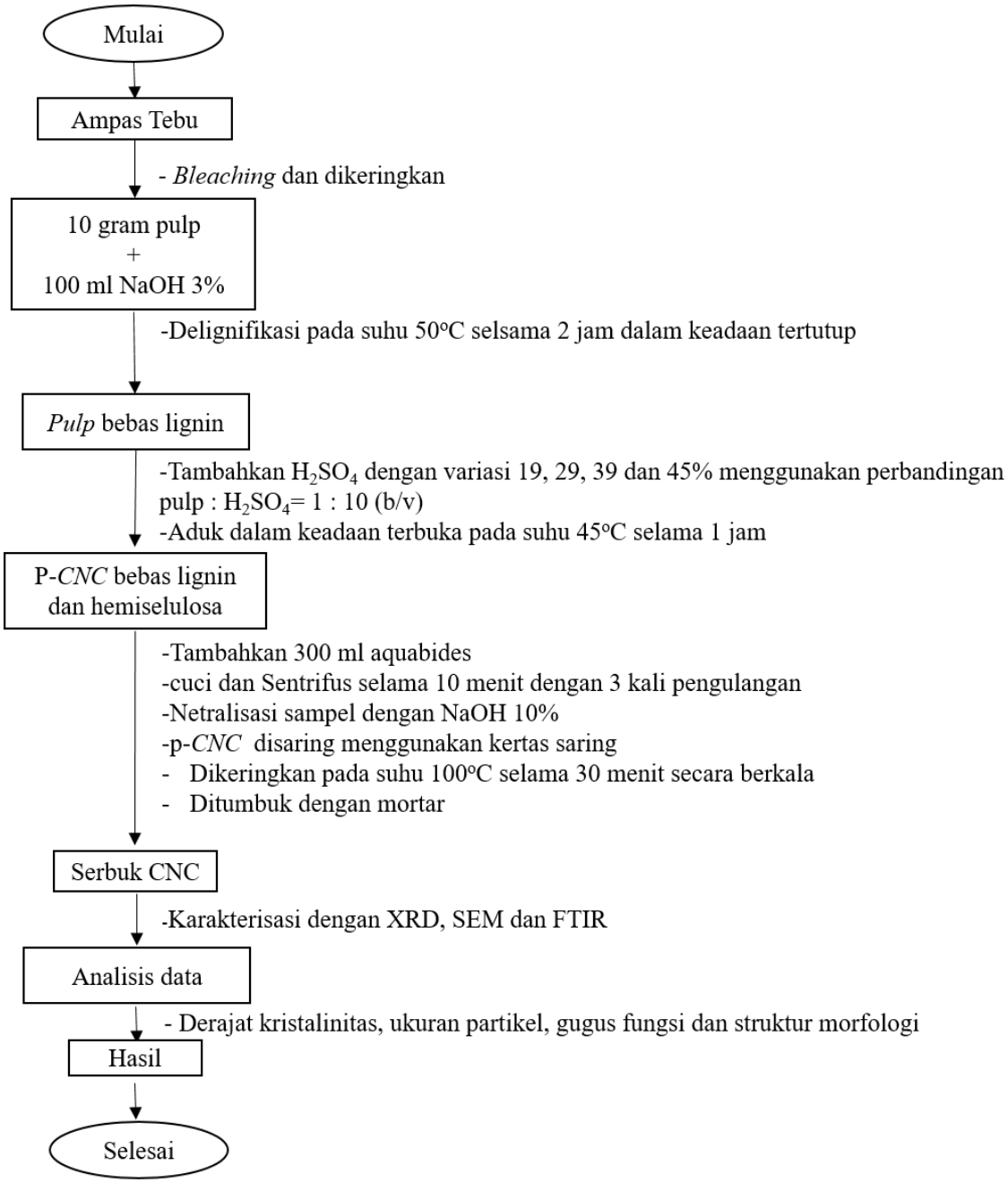
magnetic stirerr. Produk yang sudah dihidrolisis berupa *pre-Cellulose Nano Crystal* (p-CNC) ditambahkan 300 ml aquabides. Selanjutnya dicuci dan dilakukan *centrifuge* selama 10 menit sebanyak 3 kali. Kadar asam yang telah melewati proses hidrolisis berada di pH 2,untuk mencapai pH netral ditetesi oleh NaOH 10% dan disaring menggunakan kertas saring, p-CNC yang didapatkan berupa *pulp* basah. Pada langkah terakhir dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 30 menit secara berkala selanjutnya ditumbuk dengan menggunakan mortar sampai menjadi serbuk.

3.3.2 Karakterisasi

Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, SEM dan FTIR. Karakterisasi XRD ini dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi.

3.4. Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pembuatan nanoselulosa dari ampas tebu (*bagasse*) telah berhasil dilakukan dengan metode hidrolisis asam menggunakan variasi konsentrasi 19, 29, 39 dan 45%.
2. Analisis XRD menunjukkan nanoselulosa yang diekstraksi dari ampas tebu (bagasse) memiliki tingkat kemurnian sebesar 55,52% dengan ukuran partikel sebesar 2,83 nm, Analisis SEM menunjukkan bahwa distribusi butir nanoselulosa menyerupai bentuk susunan batu yang saling bertumpah tindih, Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terbentuk yaitu gugus fungsi C-O-C yang muncul pada nanoselulosa.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian dan uji karakterisasi lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam terhadap indeks kristal dan ukuran partikel menggunakan metode hidrolisis asam.

DAFTAR PUSTAKA

Atalla, R. H. and Vanderhart, D. L. (1984). Native Cellulose: A Composite of Two Distinct Crystalline Forms. *Science*. 223.

Bera, A., and Belhaj, H. (2016). Application of Nanotechnology by Means of Nanoparticles and Nanodispersion in Oil Recovery-a Comprehensive Review. *Journal of Natural Gas Science and Enggineering*. 34. 1284-1309.

Börjesson, M., and Westman, G. (2015). Crystalline Nanocellulose Preparation, Modification, and Properties. *Cellulose - Fundamental Aspects and Current Trends*, 160-164.

Borges, A. C., Eyholzer, C., Duc, E., Bourban, P. E., Tingaut, P., Zimmermann, T., Pioletti, D. P., Manson, J. A. (2011). Nanofibrillated Cellulose Composite Hydgrogel for The Replacment of The Pulposus. *Acta Biomaterialia*. 7(9). 3412-3421.

Coates, J. (2000). Interpretation of Infrared Spectra A Prartical Approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 8-14.

Cullity, B. D. (1978). *Elements of X-Ray*. Departement of Metalulurgical Engeenering and Material Science. Addison-Wesley Publishing Company. Boston. 44-500.

Dulai, P. S., Singh, S., Cesarini, M., Bouguen, G. Nelson SA, Peyrin-Biroulet L, Feagan BG, Ordas I, Sandborn WJ, Santillan C, Rimola J, Panes J, D'Haens G, Zou GY, Stoker J, MacDonald JK, Levesque BG (2015). MRI Scoring Indices for Evaluation of Disease Activity and Severity in Crohns Disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews.*1-8.

Duncan, T. V. (2011). Applications of Nanotechnology in Food Packaging and Food safety: Barrier Materials, Antimicrobials and Sensors. *Journal of Colloid and Interface Science*. 363(1). 1–24.

Fan, M., Dai, D., and Huang, B. (2012). Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres. *Fourier Transform - Materials Analysis*.

Fengel, D. and Wegener, G. (1983). *Wood Chemistry Ultrastructure, Reaction*. Beriln. Jerman: Walter de Gruyter. 421-432.

Foo, P., and Weinkamer, R. (2007). Nature's Hierachical Material. *Progress in Material Science*. 52(8). 1263-1334.

Garside, P., and Wyeth, P. (2003). Identification of Cellulosic Fibres by FTIR Spectroscopy: Thread and single fibre analysis by attenuated total reflectance. *Studies in Conservation*, 48(4). 269–275

Ghazy. B. M., Esmail, F. A., El-Zawawy. W. K., Mariam., Al-Maadeed., and Owda. M. E. (2016). Extraction and Characterization of Nanocellulose Obtained from Sugarcane Bagasse as Agro Waste. *Journal of Advances in Chemistry*, 12(3*)*. 4256-4264.

Gibson, L. J. (2012). The Hierarchical Sructure and Mechanics of Plant Materials. *Journal of the Royal Society Interface*. 9(76). 2749–2766.

Gutierrez, C., and Tengerdy. (1997). Production of Cellulose on Sugarcane Bagasse by Fungal Mixed Culture Solid Substrate Fermentation. *Biotechnology Letters*. 19(7). 665.

Gond, R. K., Gupta. M. K., and Jawaid. M. (2021). Extraction of Nanocellulose from Bagasse and its Characterization for Potential Applications. *Jurnal of Polymer Composites.* 2-18.

Gonzalez, I., Alcala, M., Chinga-Carrasco, G., Vilaseca, F., Boufi, S., and Mutje, P. (2014). From Paper to Nanopaper: Evolution of Mechanical and Physical Properties. *Cellulose*. 21(4). 2599-2609.

Habibullah. M. (2019). *Statistik Tebu Indonesia 2018*. BPS RI. Jakarta. 24-36.

Hawthorne, FC, and Ferguson, RB (1975). Anhydrous Sulfate I: Refinement of the Celestite Crystal Structure with an Appendix on Thenardite Structure. *Canadian mineralogist.* 13(2). 181-187.

Howard. R. L., Abotsi. E., Jansen Van Rensburg. E. L., and Howard. S. (2003). Lignocellulose Biotechnology: Issues of Bioconversion and Enzyme Production. *Jurnal of Biotechnology*. 2(12). 602-619.

Horri, F., Hiarai, A., and Kitamaru, R. (1987). Transformation of Native Celllose Crystals from Cellulose I_b dan I_a through solid-State Chemical Reactions Macromolecules. 20(6). 1440-1442.

Joersbo, M., Pua, E. C., and Davey, M. R. (2007). *Sugar beet In: Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Transgenic Crops IV. Berlin Heidelberg. 59. 355-379.

Karlsson, H. (2006). *Fiber Guide: Fiber Analysis and Process Applicatins in The Pulp and paper industry.* Swedia: AB lorentzen and Wettre. 100-108.

Kisi, E. H. (1994). Rietveld Analysis of Powder Diffraction Patterns. In: Material Forum. 18. 135-155.

Kumar, A., Singh Negi, Y., Choudhary, V., and Kant Bhardwaj, N. (2013). Characterization of Cellulose Nanocrystals Produced by Acid-Hydrolysis from Sugarcane Bagasse as Agro-Waste. *Journal of Materials Physics and Chemistry*. 2(1). 222-365.

Kuo, J. (2007). *Electron Microscopy; Methods and Protocols*. Human Press. Tutowa, New jersey. 224-235.

Liu, Chao., Li, Bin., Du, Haishun., Lv, Dong., Zhang, Yuedong., Yu, Guang., Mu, Xindong., & Peng, Hui. (2016). Properties of Nanocellulose Isolated from Corncob Residue Using Sulfuric Acid, Formic Acid, Oxidative and Mechanical Methods. *Carbohydrate Polymers*. 16. 1-30.

Ioelovich, M. (2012a). *Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles*. Nanoscience and Nanotechnology. 2(2). 9–13.

Ioelovich, M. (2012b). Study of Cellulose Interaction with Concentrated Solutionsof Sulfuric Acid. *ISRN Chemical Engineering*. 1–7.

Lavarack, B. P., Griffin, G. J., and Rodman, D. (2002). The acid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products. *Biomass and Bioenergy*. 23(5). 367–380.

Lewis, W. (2009). Ultraviolet Spectroscopy. In *Paint Testing Manual*, 545-560. Liu, C., Li, B., Du, H., Lv, D., Zhang, Y., Yu, G., Mu, X., and Peng, H. (2016). Properties of Nanocellulose Isolated from Corncob Residue Using Sulfuric Acid,Ormic Acid, Oxidative and Mechanical Methods. *Carbohydrate Polymers*. 151.716–724.

Leni, N. S., Ngadi, N., Johari, A., and Jusoh, M. (2014). Isolation, Characterization, and Application of Nanocellulose from Oil Palm Empty Fruir Bunch as Nanocomposites. *Journal of Nanomaterial.* 1-10.

Libretext. (2022). *Infrared Spectroscopy Absorption Table*. 1-4. https://chem.libretexts.org/@go/page/22645.

Mandal, A., and Chakrabarty, D. (2011). Isolation of Nanocellulose from Waste

Sugarcane Bagasse (SCB) and its Characterization. *Carbohydrate Polymers*. 86(3). 1291–1299.

Martín, C., Galbe, M., Wahlbom, C. F., Hahn-Hägerdal, B., and Jönsson, L. J. (2002). Ethanol Production from Enzymatic Hydrolysates of Sugarcane Bagasse Using Recombinant Xylose-utilising Saccharomyces Cerevisiae. *Enzyme and Microbial Technology*. 31(3). 274–282.

Marcott, C. (1986). *Material Characterization Hand Book vol 1 Infrared Spectroscopy*. USA. ASM International. 133-139.

McMullan, D. 1988. Von Ardenne and The Scanning Electron Microscopy. *Proc Roy Micrisc*. 23. 283-288.

Morris, J. and Wills, J. (2007). *Nanotechnology White Paper*. Scuence Policy Council. Washington. 1445-1550.

Nishiyama, Y., Sugiyama, J., Chanzi, H., amd Langan, P. (2002). Crystal Sturcture and Hydrogen Bonding System in Cellullose I_β from Synchrotorn X-rat and Neutron Fiber Diffraction, *America Chemical Society*. 124(31). 9076.

Nishiyama, Y., Sugiyama, J., Chanzi, H., amd Langan, P. (2003). Crystal Sturcture and Hydrogen Bonding System in Cellullose I_α from Synchrotorn X-rat and Neutron Fiber Diffraction, *America Chemical Society*. 125(47). 14301.

Pan, M., Zhou, X., and Chen, M. (2013). Cellulose Nanowhisker Isolation and Properties from Acid Hydrolysis Combined with High Pressure Homogenization," Bioresources, 8(1), ,933-943.

Rhodes, C. J. (2014). Eating small: Applications and Implications for Nanotechnology in Agriculture and the Food Industry. *Science Progress*, *97*(2). 173–182.

Rohman, A., Kuwat, T., Retno, S., Sismindari, Yuny, E., and Tridjoko, W. (2012). Fourier Transform Infrared Spectroscopy Applied for Rapid Analysis of Lard in Palm Oil. *International Food Research Journal*, *19*(3). 1161–1165
.

Rosanti, A. D., Wardani, A. R. K., Anggraeni, H. A. (2020). Pengaruh Suhu Kalsinasi terhadap Karakteristik dan Aktivitas Fotokatalis N/TiO2 pada Penjernihan Limbah Listrik Batik Tenun Ikat Kediri. *Cakra Kimia*.8(1). 30.

Roy, D., Semsarilar, M., Guthrie, J. T., Perrier, S. (2009). Cellulose Modification by Polymer Grafting: A review. *Chemical Society Reviews*. 38. 1825-2148.

Saha, K., Maharana, A., Sikder, J., Chakraborty, S., Curcio, S., and Drioli, E. (2019). Continuous Production of Bioethanol from Sugarcane Bagasse and Downstream Purification Using Membrane Integrated Boreactor. *Catalysis Today*. 68–77.

Schweitzer, J. (2013). *Sanning Electron Microscoper*. http://wwww.purdue.edu/rem/rs/sem.htm diakses pada tanggal 24 April 2022pukul 08.39 WIB.

Serhan, M., Sprowls, M., Jackemeyer, D., Long, M., Perez, I. D., Maret, W., Tao, N., and Forzani, E. (2019). Total Iron Measurement in Human Serum with a Smartphone. *AIChE Annual Meeting, Conference Proceedings*, *2019-Novem*. 435-551.

Setiati, R., Wahyuningrum, D., Siregar, S., and Marhaendrajana, T. (2016). Ethos (Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat): Optimasi Pemisahan Lignin Ampas Tebu Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*. 4. 257–264.

Skoog, D. (1998). *Principles Instrumental Analysis 5 th Edition*. New York: John wiley and Sons. 67-73.

Stolen, R, Hill Andrew, and Harriman, T. (2016). TEM, SEM, and AFM OF Polysdtyrene Lates and Gold Nanoparticel. J*ournal Submission Of Journal Publication*. 3-8.

Taherzadeh, M.J. and K, Karimi. (2007). Acid-based Hydrolysis Processes for Ethanol from lignocellulosic Materials: A Review. *Bio Resources* 2 (3). 472- 499.

Wulandari, W. T., Rochliadi, A., and Arcana, I. M. (2016). Nanocellulose Preparedby Acid Hydrolysis of Isolated Cellulose from Sugarcane Bagasse. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 107(1).

Wada, M., and Okano, T. (2001). Localization of Iα and Iβ Phase in Alga Cellulose Reveald by Acid Trearment. *Selulosa* , 8 (3), 183–188.

Yang. J., and Tighe, S. (2013). A Review of Advances of nanotechnology in Asphalt Mixtures. *Journal of Physics Chemical.* 96. 1269-1276.

Young. R. A. (1993). *The Rietveld Method.* Oxford University Press. New York. 299-315.

Yovita, H. I., and Emi, S. (2000*). Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*. Penebar Swadaya. Jakarta. 110-112.

Zugebmauer, P. (2001). Conformation and Packing of Various Cryztalinitas Celullose Fibers. *Progress in Polymer Science*. 26(9), 1341-1417.