

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI NANOSELULOSA DARI
LIMBAH KULIT KAKAO DENGAN METODE KOMBINASI
PERLAKUAN KIMIA DAN MEKANIK**

Untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh Sarjana S1 Program Studi Fisika



Diajukan oleh :

Amalina Salsabil Hajidah
19106020040

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Mansud. Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2233/Un.02/DST/PP/01/9/08/2023

Tagas Akhir dengan judul : ISOLASI DAN KARAKTERISASI NANOSILULOSA DARI LIMBAH KULIT KAKAO DENGAN METODE KOMBINASI PERLAKUAN KIMIA DAN MEKANIK

yang diperiapkan dan disusun oleh:

Nama : AMALINA SALSABIL HAJJAH
Nomor Induk Mahasiswa : 99106020040
Telah diajukan pada : Senin, 07 Agustus 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Ujian

Dr. Mella Mahandika, ST.
SIC/0632

Yudhi H. Nurrahman-01



Pengaji I

Dr. Nisa Handayani, S.Si, M.Si

SIC/0632

Yudhi H. Nurrahman-01



Pengaji II

Aris Yumrah, S.Si, M.Si, Ph.D.

SIC/0632

Yudhi H. Nurrahman-01



Yogyakarta, 07 Agustus 2023

UIN Sunan Kalijaga

Direksi Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Drs. Hj. Khairul Wadiah, M.Si

SIC/0632

Yudhi H. Nurrahman-01

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AMALINA SALSABIL HAJIDAH

NIM : 19106020040

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Isolasi Dan Karakterisasi Nanoselulosa Dari Limbah Kulit Kakao Dengan Metode Kombinasi Perlakuan Kimia Dan Mekanik" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Juli 2023

Penulis,



AMALINA SALSABIL HAJIDAH

19106020040

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan skripsi
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. nb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : AMALINA SALSABIL HAJDAH
NIM : 19106020040
Judul Skripsi : ISOLASI DAN KARAKTERISASI NANOSELULOSA DARI LIMBAH KULT KAKAO DENGAN METODE KOMBINASI PERLAKUAN KIMIA DAN MEKANIK.

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Assalamu'alaikum wr. nb.

Pembimbing I

Dr. Melbi Mahardika S.T.
NIP. 199209092022021002

Yogyakarta, 24 Juli 2023
Pembimbing II

Dr. Widayanti, S.Si., M.Si.
NIP. 19760526 200604 2 005

MOTTO

“Sebaik-baiknya manusia adalah yang dapat memanfaatkan waktunya dengan baik”

~Amalina Salsabil Hajidah

“Sukses adalah jumlah dari upaya kecil, yang diulangi hari demi hari”

~Robert collier

“Lelah boleh namun menyerah jangan, karena gagal yang sesungguhnya apabila kita berhenti dalam mencoba”.

~Amalina Salsabil Hajidah



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini penulis persembahkan untuk :

Allah SWT.

Ibu Suci Purwaningsih dan Bapak Suminto

Kakak Rezki Nur Safitri dan Rizal Ali Mustofa

Keluarga Besar Amalina

Sahabat Fisika 2019

SC Fisika Material

Prodi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Keluarga Biomassa dan Bioproduk BRIN Cibinong Bogor



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tugas akhir merupakan salah satu syarat wajib yang harus dipenuhi oleh mahasiswa dalam kurikulum program studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa meskipun jauh dari kata sempurna, namun penulis merasa sangat bangga dan senang dengan penelitian tugas akhir ini karena dapat memberi banyak ilmu serta pengalaman yang sangat bermanfaat bagi penulis yang nantinya dapat diterapkan di dunia kerja serta dapat menjadi wawasan untuk dikaji oleh peneliti selanjutnya. Pada pelaksanaan penelitian tugas akhir ini pastinya banyak sekali hambatan dan tantangan yang penulis hadapi. Namun dengan bantuan beberapa pihak menjadikan penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan tepat waktu.

Penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dimulai dari awal hingga penyusunan laporan ini dibuat, diantaranya kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat hidayat serta telah memberi nikmat sehat yang begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir dengan baik dan dalam kondisi sehat wal'afiat.
2. Mamah, Papah dan Kakak saya yang selalu memberikan doa, dukungan dan perhatian yang tak terhingga.

3. Bapak Prof. Dr. Phill. Al-Makin, S. Ag., M.A. Selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurun Wardati, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Anis Yuniati, Ph. D. selaku Ketua Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang tentunya telah memberikan izin pelaksanaan penelitian tugas akhir.
6. Pihak Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah menyediakan tempat pelaksanaan penelitian bagi Penulis untuk belajar dan melakukan penelitian.
7. Dr. Melbi Mahardika, S.T. Selaku dosen pembimbing 1 skripsi yang telah memberikan banyak saran mengenai penelitian tugas akhir yang senantiasa memberikan pengarahan dengan sabar dan bimbingan penuh dalam pelaksanaan penelitian sampai laporan penelitian tugas akhir ini selesai.
8. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. Selaku dosen pembimbing 2 skripsi yang telah memberikan banyak saran mengenai penelitian tugas akhir yang senantiasa memberikan pengarahan dengan sabar dan bimbingan penuh dalam pelaksanaan penelitian sampai laporan penelitian tugas akhir ini selesai.
9. Rekan Biomassa dan Bioproduk, rekan formulasi, serta rekan-rekan dari Badan Riset dan Inovasi Nasional, rekan fisika, dan rekan bidang minat material yang selalu menemani dan memberikan motivasi serta membantu dalam penelitian ini.

10. Serta sahabat saya Nada Halida Rosiana yang telah memberikan motivasi, support dan selalu mengingatkan sehingga laporan ini dapat selesai dengan tepat waktu.

11. Diri sendiri sebagai penulis, yang berhasil berjuang melawan rasa malas dan bosan sehingga dapat menyusun laporan ini sampai selesai.

Demikian penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, sehingga laporan penelitian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, maka dengan senang hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, serta pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 12 Juli 2023


STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Penulis

ISOLASI DAN KARAKTERISASI NANOSELULOSA DARI LIMBAH KULIT KAKAO DENGAN METODE KOMBINASI PERLAKUAN KIMIA DAN MEKANIK

AMALINA SALSABIL HAJIDAH
19106020040

INTISARI

Penelitian ini dilakukan dengan bahan limbah kulit buah kakao. Tanaman kakao merupakan tanaman yang dapat menjadi bahan baku coklat, buah kakao terdiri dari 75% kulit dari buah kakao, 22% kulit biji kakao dan 3% merupakan plasenta. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan karakterisasi selulosa dari limbah kulit buah kakao menggunakan metode kombinasi perlakuan kimia dan mekanik. Selulosa diisolasi dari serbuk limbah kulit buah kakao dengan alkalisasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH), Proses pemutihan menggunakan hidrogen peroksida (H₂O₂). Serat yang telah melalui penetralan kemudian disimpan dalam akuades yang bertujuan untuk penyimpanan dalam bentuk suspensi. Metode Komposisi kimia lignoselulosa dianalisis untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing perlakuan kimia antara lain kadar selulosa, hemiselulosa, serta lignin yang ada pada serat. Nanoselulosa dapat diperoleh dengan menggunakan metode mekanis ultrasonikasi. Pengaruh dari perlakuan kimia pada sampel dianalisis dengan uji komposisi kimia menggunakan metode *Van Soest* menunjukkan adanya kenaikan selulosa serta adanya penurunan kadar hemiselulosa dan lignin pada tiga varietas sampel. Hasil pengamatan XRD dari ketiga varietas sampel (SCAB, SUL 1, dan MCC 2) menunjukkan adanya kenaikan indeks kristal setelah melalui treatment kimia. Hasil pengamatan citra FE-SEM dari ketiga jenis varietas kulit buah kakao menunjukkan bahwa permukaan selulosa memiliki rongga-rongga yang merupakan pori-pori pada selulosa serta dalam perbesaran tertentu material selulosa mengalami aglomerasi atau adanya penggumpalan. Hasil pengamatan citra FE-SEM dari varietas SCAB dan SUL 1 juga menunjukkan adanya kenaikan pada diameter serat setelah treatment. Hasil tersebut juga didukung dengan hasil karakterisasi ukuran partikel serat bahwa perlakuan mekanik ultrasonikasi mempengaruhi ukuran partikel sampel, dimana semakin besar waktu yang dibutuhkan maka ukuran partikel pada sampel juga akan semakin kecil.

Kata Kunci: Isolasi, Limbah Kulit Kakao, Nanoselulosa, Ultrasonikasi.

**ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF NANOCELLULOSE FROM
COCOA SHELL WASTE USING A COMBINATION OF CHEMICAL AND
MECHANICAL TREATMENT METHODS**

AMALINA SALSABIL HAJIDAH
19106020040

ABSTRACT

This research was conducted with cocoa pod shell waste. The cocoa plant is a plant that can be used as raw material for chocolate, the cocoa pod consists of 75% of the cocoa pod shell, 22% of the cocoa bean husk and 3% is the placenta. This study aims to isolate and characterize cellulose from cocoa pod waste using a combination of chemical and mechanical treatments. Cellulose was isolated from cocoa pod shell waste powder by alkalization using sodium hydroxide (NaOH), bleaching process using hydrogen peroxide (H₂O₂). The fibers that have gone through neutralization are then stored in distilled water which aims to be stored in suspension form. Methods The chemical composition of lignocellulosic was analyzed to evaluate the effect of each chemical treatment, including the levels of cellulose, hemicellulose, and lignin present in the fiber. Nanocellulose can be obtained using the ultrasonication mechanical method. The effect of chemical treatment on the samples was analyzed by chemical composition test using the Van Soest method showing an increase in cellulose and a decrease in hemicellulose and lignin levels in the three sample varieties. The results of the XRD observations of the three sample varieties (SCAB, SUL 1, and MCC 2) showed an increase in the crystal index after going through chemical treatment. The results of FE-SEM image observations of the three types of cocoa pod varieties show that the cellulose surface has cavities which are pores in the cellulose and at a certain magnification the cellulose material experiences agglomeration or clumping. The results of the FE-SEM image observations of the SCAB and SUL 1 varieties also showed an increase in fiber diameter after treatment. These results are also supported by the results of the characterization of fiber particle size that ultrasonic mechanical treatment affects the sample particle size, where the greater the time required, the smaller the particle size in the sample..

Keywords: *Cocoa Shell Waste, Isolation, Nanocellulose, Ultrasonication*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Studi Pustaka	9
2.2 Dasar Teori	13
2.2.1 Tanaman Kakao.....	13
2.2.2 Selulosa	16
2.2.3 Nanoselulosa	18
2.2.4 Alkalisasi.....	20

2.2.5 Bleaching.....	22
2.2.6 Ultrasonikasi.....	24
2.2.7 Field Emission Scanning Electron Microscope atau FE-SEM	27
2.2.8 PSA (Particle Size Analysis).....	30
2.2.9 XRD (X- Ray Diffraction)	32
2.2.10FTIR (Fourier Trasform Infra Red)	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1 Waktu dan Tempat penelitian.....	37
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	37
3.3 Prosedur Penelitian.....	39
3.3.1 Preparasi Sampel dan Uji Kadar Kimia	41
3.3.2 Uji Kadar Kimia	41
3.3.3 Produksi selulosa murni	44
3.3.4 Karakterisasi Selulosa	45
3.3.5 Pembuatan Nanoselulosa	48
3.3.6 Karakterisasi NanoSelulosa.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Hasil Penelitian.....	49
4.1.1. Pengujian Komponen Kimia.....	49
4.1.2. Pengujian Gugus Hidroksil Selulosa.....	50
4.1.3. Pengujian Kristanilitas Selulosa.....	52
4.1.4. Pengujian Morfologi Selulosa.....	54
4.1.5. Pengujian Ukuran Partikel Nanoselulosa.....	57
4.2 Pembahasan	58
4.2.1. Pengujian Komponen Kimia	58

4.2.2. Pengujian Gugus Hidroksil Selulosa.....	62
4.2.3. Pengujian Kristanilitas Selulosa.....	64
4.2.4. Pengujian Morfologi Selulosa.....	66
4.2.5. Pengujian Ukuran Partikel Nanoselulosa.....	67
4.2.6. Wawasan Islam Tentang Pemanfaatan Limbah	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
Lampiran	80
1. Preparasi Sampel dan Uji Kadar Kimia	80
2. Produksi Selulosa Murni	84
3. Produksi Nanoselulosa	88
4. Karakterisasi Selulosa	89
CURRICULUM VITAE.....	113

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
 YOGYAKARTA

DAFTAR LAMPIRAN

1. Preparasi Sampel dan Uji Kadar Kimia	80
a) Preparasi sampel	80
b) Uji Kadar Kimia.....	80
c) Tabel Perhitungan komposisi kimia	82
2. Produksi Selulosa Murni	84
a) Pembuatan larutan NaOH	84
b) Proses Alkalisasi 3 Varietas.....	84
c) Penetralan menggunakan kain saring hingga pH netral.....	86
d) Bleaching 3 varietas kulit buah kakao	86
e) Penetralan dengan sentrifugasi	87
3. Produksi Nanoselulosa	88
a) Ultrasonikasi	88
4. Karakterisasi Selulosa	89
a) XRD	89
b) FTIR.....	102
c) FE-SEM	107
d) PSA.....	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi Tanaman Bioenergi (Biomassa Lignoselulosa), menunjukkan dinding sel tanaman terdiri atas lignoselulosa (Sankaran dkk., 2021).....	2
Gambar 1.2 Hirarki Struktur Selulosa dari Sekala Makrometer Hingga Ke Nanometer (Noremylia dkk., 2022).	4
Gambar 2. 1 Tanaman Kakao (Fitri, 2021).	14
Gambar 2. 2 Bagian Kulit Buah Kakao (Campos-Vega dkk., 2018).	15
Gambar 2. 3 Struktur Selulosa (Thakur dkk., 2014).	16
Gambar 2. 4 Struktur Polimer Selulosa (Mantanis dkk., 2020).	17
Gambar 2. 5 Ikatan Hidrogen selulosa (Phanthong dkk., 2018).....	18
Gambar 2. 6 Struktur Nanofiber Selulosa (Mantanis dkk., 2020).....	19
Gambar 2. 7 Struktur Nanofiber Selulosa berdasarkan metode kimia (Mantanis dkk.,2020).	20
Gambar 2. 8 Sistematis Ekstraksi Nanoselulosa dari Biomassa Lignoselulosa (Noremylia dkk., 2022).	20
Gambar 2. 9 Mekanisme Reaksi Alkalisasi (Barman dkk., 2020).	21
Gambar 2. 10 Mekanisme Reaksi Bleaching H ₂ O ₂ (Liu dkk., 2019).	22
Gambar 2. 11 Reaksi penguraian Lignin dengan Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂) (Jayanudin, 2009).....	23
Gambar 2. 12 Ultrasonikator Probe.....	25
Gambar 2. 13 Proses Ultrasonikasi (Kumar dkk., 2019).....	27
Gambar 2. 14 FE-SEM.	28
Gambar 2. 15 Perbandingan image SEM dan FESEM (NGIA MASTA, 2020). 30	
Gambar 2. 16 Skema dan Instrumen X-ray diffraction (Weni Ayu Puja Kesuma, 2018)	33
Gambar 2. 17 Getaran Peregangan serta pembekokan pada atom karena adanya penyerapan pada radiasi IR (Nasrazadani & Eureste, 2008).....	35
Gambar 2. 18 Skema alur penggunaan FTIR pada sampel (Nasrazadani & Eureste, 2008).	35

Gambar 2. 19 Pengoperasian FTIR Pada Sampel	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses Pembuatan Nanoselulosa	40
Gambar 4. 1 Hasil FTIR Kulit Buah Kakao Varietas SCAB	50
Gambar 4. 2 Hasil FTIR Kulit Buah Kakao Varietas SUL1	51
Gambar 4. 3 Hasil FTIR Kulit Buah Kakao Varietas MCC 02.....	51
Gambar 4. 4 Hasil XRD Kulit Buah Kakao Varietas SCAB Murni dan Setelah di Bleaching.....	52
Gambar 4. 5 Hasil XRD Kulit Buah Kakao Varietas SUL 1 Murni dan Setelah Di Bleaching.....	53
Gambar 4. 6 Hasil XRD Kulit Buah Kakao Varietas MCC 02 Murni dan Setelah di Bleaching	53
Gambar 4. 7 Morfologi selulosa dengan varietas SCAB sebelum melalui treatment bleaching (sampel murni) dengan perbesaran 800x.....	54
Gambar 4. 8 Morfologi selulosa dengan varietas SCAB setelah melalui treatment bleaching dengan perbesaran 800x	55
Gambar 4. 9 Morfologi selulosa dengan varietas SUL 1 sebelum melalui treatment bleaching (sampel murni) dengan perbesaran 800x.....	56
Gambar 4. 10 Morfologi selulosa dengan varietas SUL 1 setelah melalui treatment bleaching dengan perbesaran 800x.	56
Gambar 4. 11 Hasil Uji PSA Varietas SCAB Sebelum Ultrasonikasi.	57
Gambar 4. 12 Hasil Uji PSA Varietas SCAB Variasi Waktu 10 Menit.....	58
Gambar 4. 13 Hasil Uji PSA Varietas SCAB Variasi Waktu 20 Menit.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 State of The Art.....	9
Tabel 2. 2 Komposisi Penyusun Buah Kakao (Campos-Vega dkk., 2018).....	15
Tabel 2. 3 Komposisi Kimia Kulit Buah Kakao (Fitri, 2021).	15
Tabel 3. 1 Alat Penelitian.....	37
Tabel 3. 2 Bahan Penelitian.....	38
Tabel 4. 1 Komponen Kimia Kulit Buah Kakao Varietas SCAB dengan Perlakuan Kimia.....	49
Tabel 4. 2 Komponen Kimia Kulit Buah Kakao Varietas SUL 1 dengan Perlakuan Kimia.....	49
Tabel 4. 3 Komponen Kimia Kulit Buah Kakao Varietas MCC 02 dengan Perlakuan Kimia.....	49
Tabel 4. 4 Indeks Kristal (%) Varietas Kulit Buah Kakao dengan Perlakuan Kimia.....	54
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran diameter sampel.....	57

BAB I

PENDAHULUAN

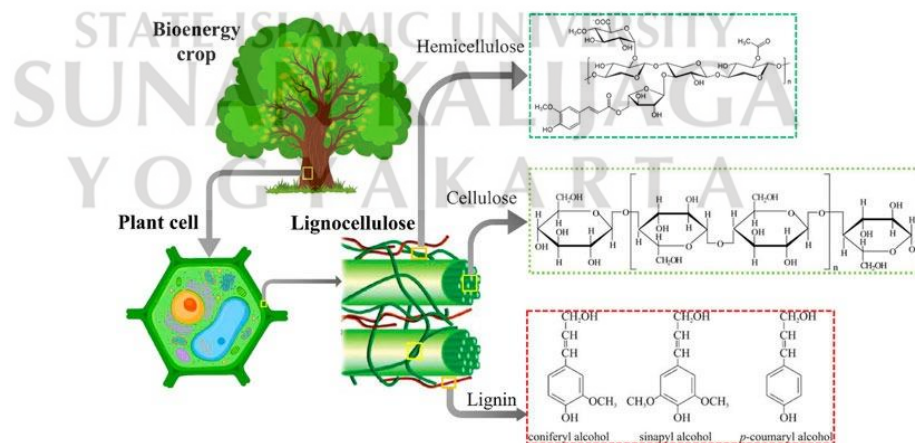
1.1 Latar Belakang

Limbah kulit kakao saat ini belum banyak yang memanfaatkan, sebagian kecil yang memanfaatkan hanya dijadikan sebagai makanan hewan ternak atau hanya dibiarkan menjadi sampah yang membusuk dan menyebabkan pencemaran lingkungan (Ratna Winata, 2018). Menurut Badan Standarisasi Nasional Indonesia merupakan penghasil kakao terbesar ke-3 didunia setelah Pantai Gading dan Ghana (Haifan, 2015). Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia pada tahun 2021 memproduksi kakao sebanyak 688,21 Ribu Ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Salah satu daerah penghasil kakao di Indonesia adalah daerah Bogor Jawa Barat. Dari data BPS produksi tanaman kakao di Bogor Jawa Barat, yaitu untuk perkebunan rakyat memproduksi sebanyak 22 ton tanaman kakao, untuk perkebunan besar swasta memproduksi sebanyak 18 ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Menurut *International Cocoa Organization* (ICO) 2017, dalam satu pohon memproduksi sekitar 20-50 butir /buah kakao dan waktu panennya sepanjang tahun. Berdasarkan produksi biji kakao di dunia, maka produksi limbah dari kulit buah kakao sekitar 700.000 ton/tahun (Handojo dkk., 2019). Semakin meningkatnya produksi kakao maka semakin meningkat pula produksi limbah kulit kakao.

Berdasarkan penelitian sebelumnya kulit kakao memiliki kandungan kimia seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin. Kulit kakao

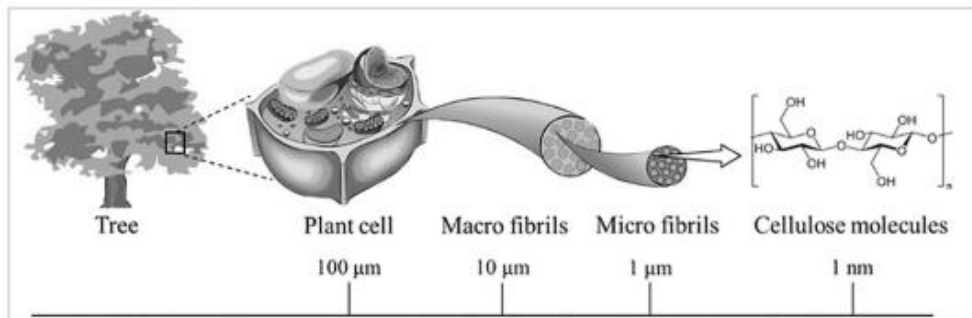
diambil dari Ghana menunjukkan komposisi kimia yang berupa 19.7-26.1% selulosa, 8.7-12.8% hemiselulosa, 14-28% lignin dan 6.0-12.6% pektin (Lu dkk., 2018). Kulit kakao mengandung potensi yang besar seperti kandungan selulosa tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi contohnya untuk pembuatan kertas. Selain itu juga selulosa biasanya dimanfaatkan pada bidang industri film transparan, film fotografi, sinar-X, plastik biodegradable hingga sebagai membran yang digunakan pada bidang industri lainnya (Kentjana dkk., 2002).

Selulosa terletak pada dinding sel tanaman yang disebut lignoselulosa. Dalam lignoselulosa terdiri dari selulosa (38-50%), hemiselulosa (17-32%), dan lignin (15-30%). Selulosa dan hemiselulosa terdiri dari gula pentosa dan monomer gula *hexose*, sedangkan lignin terdiri dari polifenol. Pada **Gambar 1.1** menunjukkan fungsi struktural lignoselulosa, yaitu selulosa membentuk dinding sel, sedangkan hemiselulosa membentuk ikatan silang antara polimer non selulosa dan selulosa (Sankaran dkk., 2021).



Gambar 1.1 Ilustrasi Tanaman Bioenergi (Biomassa Lignoselulosa), menunjukkan dinding sel tanaman terdiri atas lignoselulosa (Sankaran dkk., 2021).

Selulosa merupakan komponen utama yang ada pada dinding sel tumbuhan. Selulosa merupakan homopolimer unit *D-anhydroglucopyranose* yang berhubungan dengan ikatan β -1,4-*glucosidic*. Molekul selulosa berikatanbagas dengan hidrogen dan mengandung 40-70% kristal sedangkan sisanya amorf (Gautam dkk., 2010). Selulosa memiliki sifat biodegradabilitas, *nontoxicity*, dan persediaannya melimpah karena terbuat dari serat alam, sehinga sangat menarik untuk dikaji dan diteliti. Selulosa dapat dibuat dengan struktur nano yang memiliki panjang pada skala nanometer (1–100 nm) dalam satu dimensi (Shojaearani dkk., 2021). Keunggulan dari nanoselulosa yaitu memiliki karakteristik biodegradabilitas, memiliki sifat mekanik yang baik, sumber daya yang melimpah, serta modifikasi kimia yang mudah (Mai dkk., 2023). Nanoselulosa memiliki sifat kristalinitas tinggi, modulus young tinggi, serta memiliki kekuatan yang tinggi (Zhuo dkk., 2017). Keunggulan tersebut membuat nanoselulosa banyak dimanfaatkan untuk beberapa aplikasi seperti dalam bidang packaging (Atta dkk., 2022), nanokomposit, produk biomedis, perekat kayu, superkapasitor, tempat komponen elektronik, baterai, pendukung katalitik, elektroaktif polimer (Trache dkk., 2020). Nanoselulosa yang memilki ukuran berkisar 10 nm-70 nm tersusun berdasarkan dari mikrofibril dengan diameter 0,1 μ m-1,0 μ m. Ikatan mikrofibril terdiri dari serat selulosa tunggal. Struktur hirarki dari selulosa berdasarkan skala pohon hingga nanometer ditunjukkan pada **Gambar 1.2** (Noremylia dkk., 2022).



Gambar 1.2 Hirarki Struktur Selulosa dari Sekala Makrometer Hingga Ke Nanometer (Noremylia dkk., 2022).

Dalam senyawa selulosa terdapat senyawa yang melekat kuat yaitu lignin. Lignin merupakan heteropolimer aromatik kompleks, terbuat dari unit fenilpropana (*p-coumaryl*, *coniferyl* dan *sinapyl alcohols*). Pemisahan lignin dan pemurnian selulosa pada limbah kulit kakao akan sangat menguntungkan (Lu dkk., 2018). Pemurnian selulosa dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu delignifikasi, dan *bleaching*. Proses delignifikasi memiliki tujuan yaitu untuk mendegradasi struktur lignin yang ada pada biomassa lignoselulosa, sehingga nantinya lebih mudah memisahkan lignin dengan serat. Proses delignifikasi juga dapat disebut alkalisasi. *Bleaching* merupakan sebuah proses memutihkan yang bertujuan untuk mendegradasi sisa lignin yang ada pada bahan lignoselulosa. Bahan kimia yang umum yang digunakan pada proses ini biasanya jenis oksidator (Sena, 2021).

Merujuk dari Al-Qur'an Allah menjelaskan untuk memanfaatkan bumi dengan baik, dalam surat Surat Al-An'am Ayat 99 yaitu :

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ
خَبًا مُتَرَكَبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ
مُشْتَبِهًا وَعَجِيرٌ مُتَشَابِهٌ ۗ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

Artinya : Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.

Berdasarkan tafsir Quraish Shihab Ayat tentang tumbuh-tumbuhan ini menerangkan proses penciptaan buah yang tumbuh dan berkembang melalui beberapa fase, hingga sampai pada fase kematangan. Pada saat mencapai fase kematangan itu, suatu jenis buah mengandung komposisi zat gula, minyak, protein, berbagai zat karbohidrat dan zat tepung. Semua itu terbentuk atas bantuan cahaya matahari yang masuk melalui klorofil yang pada umumnya terdapat pada bagian pohon yang berwarna hijau, terutama pada daun. Daun itu ibarat pabrik yang mengolah komposisi zat-zat tadi untuk didistribusikan ke bagian-bagian pohon yang lain, termasuk biji dan buah. Lebih dari itu, ayat ini menerangkan bahwa air hujan adalah sumber air bersih satu-satunya bagi tanah. Sedangkan matahari adalah sumber semua kehidupan. Tetapi, hanya tumbuh-tumbuhan yang dapat menyimpan daya matahari itu dengan perantaraan klorofil, untuk kemudian menyerahkannya kepada manusia dan hewan dalam bentuk bahan makanan organik yang dibentuknya. Kemajuan ilmu pengetahuan telah dapat membuktikan kemahaesaan Allah. Zat hemoglobin yang diperlukan untuk pernapasan manusia dan sejumlah besar jenis hewan, berkaitan erat sekali dengan zat hijau daun. Atom karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen, mengandung atom zat besi di dalam molekul

hemoglobin. Hemoglobin itu sendiri mengandung atom magnesium dalam molekul klorofil. Di dunia kedokteran ditemukan bahwa klorofil, ketika diasimilasi oleh tubuh manusia, bercampur dengan sel-sel manusia. Percampuran itu kemudian memberikan tenaga dan kekuatan melawan bermacam bakteri penyakit. Dengan demikian, ia berfungsi sebagai benteng pertahanan tubuh dari serangan segala macam penyakit. Di bagian akhir ayat ini disebutkan "Unzhurû ilâ tsamarihi idzâ atsmara wa yan'ih" (amatilah buah-buahan yang dihasilkannya). Perintah ini mendorong perkembangan Ilmu Tumbuh-tumbuhan (Botanik) yang sampai saat ini mengandalkan metode pengamatan bentuk luar seluruh organnya dalam semua fase perkembangannya. Menurut penelitian sebelumnya diketahui bahwa kulit kakao banyak mengandung serat makanan, lignin, hemiselulosa, selulosa, antioksidan bioaktif seperti polifenol, sehingga dalam penelitian ini akan memanfaatkan selulosa yang ada pada limbah kulit kakao.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan kimia dari 3 jenis varietas kulit buah kakao?
2. Bagaimana hasil proses produksi selulosa murni dari 3 jenis varietas kulit kakao dengan perlakuan kimia?
3. Bagaimana hasil proses produksi nanoselulosa dengan metode ultrasonikasi terhadap limbah kulit buah kakao?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis kandungan kimia dari tiga 3 jenis varietas kulit kakao
2. Menganalisis dan mengkarakterisasi kandungan selulosa dari 3 jenis varietas kulit kakao dengan metode kimia
3. Menganalisis dan mengkarakterisasi proses produksi nanoselulosa dari limbah kulit kakao dengan metode ultrasonikasi.

1.4 Batasan Masalah

Dari pembahasan diatas maka perlu adanya pembatasan masalah, batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 3 jenis varietas kulit kakao (SCAB, SUL 1, dan MCC 02)
2. Bahan yang digunakan dalam alkalisasi yaitu NaOH
3. Bahan yang digunakan dalam proses *bleaching* yaitu H₂O₂
4. Metode yang digunakan dalam pembuatan nanoselulosa yaitu metode mekanik ultrasonikasi
5. Metode uji komposisi kimia menggunakan metode *Van Soest*.
6. Karakterisasi hasil menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Field Emission Scanning Electron Microscope* atau *FE-SEM*, dan *Particle Size Analyzer* (PSA).

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa

Menambah pengetahuan dan wawasan di bidang selulosa dan nanoselulosa serta aplikasinya dalam kehidupan manusia.

2. Bagi Akademik

Tujuan yang dilakukan dalam penelitian ini dalam lingkup akademik yaitu sebagai bahan informasi dan referensi bagi mahasiswa lain yang akan melakukan penelitian dalam bidang sintesis nanoselulosa dari serat alam.

3. Bagi Masyarakat

Memberikan edukasi tentang pemanfaatan kulit kakao menjadi bahan yang lebih memiliki nilai guna yang tinggi dan sebagai solusi dalam mengurangi limbah yang ada dilingkungan masyarakat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Isolasi Dan Karakterisasi Nanoselulosa Dari Limbah Kulit Kakao Dengan Metode Kombinasi Perlakuan Kimia Dan Mekanik” dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Isolasi dan karakterisasi nanoselulosa dari limbah kulit kakao dengan metode kombinasi perlakuan kimia dan mekanik telah sukses dilakukan dalam penelitian ini. Perlakuan kimia pada tiga varietas kulit buah kakao menunjukkan adanya kenaikan selulosa serta penurunan kadar hemiselulosa dan lignin pada sampel. Hasil ini didukung juga oleh pengujian gugus fungsi dengan FT-IR.
2. Isolasi selulosa pada penelitian ini dikarakterisasi gugus hidroksilnya dengan FTIR menunjukkan adanya gugus hidroksil selulosa, serta adanya intensitas setelah bleaching sehingga hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode bleaching menghilangkan atau menurunkan kadar lignin dan selulosa pada sampel. Morfologi dan dimensinya serta kristalinitas dikarakterisasi dengan XRD dan citra dengan FESEM. Hasil pengamatan XRD dari ketiga varietas sampel (SCAB, SUL 1, dan MCC 2) menunjukkan adanya kenaikan indeks kristal setelah melalui *trathment* kimia dimana semakin meningkatnya indeks kristal maka semakin meningkat pula selulosanya. Hasil pengamatan citra FE-SEM dari ketiga jenis varietas kulit

buah kakao menunjukkan bahwa permukaan selulosa memiliki rongga-rongga yang merupakan pori-pori pada selulosa serta dalam perbesaran tertentu material selulosa mengalami aglomerasi atau adanya penggumpalan.

3. Pengamatan ukuran partikel sampel dapat dilihat dari hasil FESEM dan untuk ukuran nanoselulosa dapat dilihat dari PSA. Hasil pengamatan citra FE-SEM dari varietas SCAB dan SUL 1 setelah *treatment* menunjukkan ukuran diameter serat semakin kecil karena mengalami reduksi. Hasil tersebut juga didukung dengan hasil karakterisasi ukuran partikel serat bahwa perlakuan mekanik ultrasonikasi mempengaruhi ukuran partikel sampel, dimana semakin besar waktu yang dibutuhkan maka ukuran partikel pada sampel juga akan semakin kecil.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, memiliki beberapa kekurangan yang dapat diperbaiki dalam penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu sebagai berikut :

1. Perlu adanya variasi H_2O_2 sehingga dapat diketahui konsentrasi H_2O_2 yang tepat untuk proses pembuatan nanoselulosa.
2. Perlu ditambahkan metode Hidrolisis asam agar mendapatkan ukuran nanoselulosa yang maksimal.
3. Perlu ditambahkan referensi aplikasi nanoselulosa berdasarkan bahan nanoselulosa yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M. B., Nakatsubo, F., & Yano, H. 2018. Improving the thermal stability of wood-based cellulose by esterification. *Carbohydrate Polymers*, **192** Februari 2018 ; 28–36.
- Akinjokun, A. I., Petrik, L. F., Ogunfowokan, A. O., Ajao, J., & Ojumu, T. V. 2021. Isolation and Characterization of Nanocrystalline Cellulose from Cocoa Pod Husk (CPH) Biomass Wastes. *Heliyon*, **Vol.7(4)** : 1-7.
- Alyamani, A., & Lemine, O. M. 2012. *FE-SEM Characterization of Some Nanomaterial*. InTech. China.
- Anggoro, D. D., Purwanto, P., & Rispiandi, R. 2014. Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa Dengan Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi. *Reaktor*, **Vol. 15 No. 2 Oktober 2014** : 126-131.
- Arnata, I. W., Suprihatin, S., Fahma, F., Richana, N., & Sunarti, T. C. 2020. Cationic Modification of Nanocrystalline Cellulose From Sago Fronds. *Cellulose*, **Vol 27 No 6 Januari 2020** : 3121–3141.
- Ansyarif, A.R. 2022. *Sintesis Nanopartikel Emas (Aunp) Dengan Penudung Asam Glutamat Sebagai Sensor Kolorimetri Terhadap Bakteri Salmonella Sp.* (Tesis), Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Luas Areal dan Produksi Tanaman Kakao Menurut Kepemilikan di Jawa Barat*.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Statistik Kakao Indonesia 2021*.
- Andrei A. Bunaciu, Elena gabriela Udriștioiu & Hassan Y. Aboul-Enein. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, **Vol. 45 No. 4 April 2015** : 289-299.
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. 2018. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *In Trends in Food Science and Technology*, **Vol. 81 September 2018** : 172–184.
- Dwistika, R. 2018. *Karakteristik Nanopartikel Perak Hasil Produksi dengan Teknik Elektrolisis Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis dan Particle Size Analyzer (PSA)*. (Skripsi), Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

- Fabio P, L. de C. dan R. M. 2010. The Influence Of Sample Preparation On The Strength Results Of A Pan-Based Carbon Fiber. *Chemical Technology*, **Vol. 4 No. 4 September 2010** : 329-337.
- Fahma, F., Lisdayana, N., Abidin, Z., Noviana, D., Sari, Y. W., Mukti, R. R., Yunus, M., Kusumaatmaja, A., & Kadja, G. T. M. 2019. Nanocellulose-Based Fibres Derived from Palm Oil by-Products and their in Vitro Biocompatibility Analysis. *Journal of the Textile Institute*, **Vol.111 No.9 November 2019** : 1354-1363.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., dan Hermiati, E. 2019. *Selulosa Karakteristik dan Pemanfaatannya*. LIPI Press. Jakarta.
- Fitri, E. 2021. *Pemanfaatan Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao L.) Sebagai Produk Minuman Antioksidan Penghambat Aktivitas Radikal Bebas Dalam Tubuh Manusia*. (Skripsi), Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
- Gautam, S., Bundela, P., Pandey, A., Awasthi, M., & Sarsaiya, S. 2010. A Review on Systematic Study of Cellulose. *INDIA Journal of Applied and Natural Science*, **Vol.2 No.2** : 330–343.
- George, J., & Sabapathi, S. N. 2015. Cellulose Nanocrystals: Synthesis, Functional Properties, and Applications. *Nanotechnology, Science and Applications*, **Vol.8**, 45–54.
- Haifan, M. 2015. Dampak Kebijakan Bea Keluar Terhadap Kinerja Industri Pengolahan Kakao (The Impact of Tax Policy On Performance of Cocoa Manufacturing Industry).
- Handojo, L., Triharyogi, H., & Indarto, A. 2019. Cocoa Bean Shell Waste as Potential Raw Material For Dietary Fiber Powder. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, **Vol.8** : 485–491.
- Jayanudin. 2009. Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*, **Vol. 3 No. 1** : 10-14.
- Kesuma, W. A. P. 2018. *Karakterisasi Material Berbahan Dasar Silika Resume (Kuliah Karakterisasi Material)*. Pro di Fisika Institut Teknologi Sumatera. Sumatera.
- Kim, J. S., Lee, Y. Y., & Kim, T. H. 2016. A review on alkaline pretreatment technology for bioconversion of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, **Vol. 199** : 42–48.
- Kumar, M., Bishnoi, R. S., Shukla, A. K., & Jain, C. P. 2019. Techniques for formulation of nanoemulsion drug delivery system: A review. *Preventive Nutrition and Food Science*, **Vol. 24 No. 3** : 225–234.

- Li, F., Mascheroni, E., & Piergiovanni, L. 2015. The Potential of Nanocellulose in the Packaging Field: A review. *Packaging Technology and Science*, **Vol. 28**, **No. 6**: 475–508.
- Liu, K., Yan, K., & Sun, G. 2019. Mechanism of H₂O₂/Bleach Activators and Related Factors. *Cellulose*, **Vol. 26 No. 4 Januari 2019** : 2743–2757.
- Lu, F., Rodriguez-Garcia, J., van Damme, I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S., Warren, G., Chatzifragkou, A., McQueen Mason, S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., & Charalampopoulos, D. 2018. Valorisation Strategies for Cocoa Pod Husk and its Fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, **Vol. 14** : 80-88.
- Lynd, L. R., Weimer, P. J., van Zyl, W. H., & Pretorius, I. S. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, **Vol. 66 No.3 September 2002** : 506–577.
- Mahardika, M., Abral, H., Kasim, A., Arief, S., & Asrofi, M. 2018. Production of Nanocellulose from Pineapple Leaf Fibers Via High-Shear Homogenization and Ultrasonication. *Fibers*, **Vol. 6 No. 28 Mei 2018** : 1-12.
- Mai, T., Li, D., Chen, L., & Ma, M. 2023. Collaboration of Two-star Nanomaterials: The Applications of Nanocellulose-Based Metal Organic Frameworks Composites. *Carbohydrate Polymers*, **Vol. 302 Februari 2023**.
- Mantanis, G. I., Lykidis, C., & Papadopoulos, A. N. 2020. Durability of Accoya Wood in Ground Stake Testing After 10 Years of Exposure in Greece. *Polymers*, **Vol. 12 No. 8 Juli 2020** : 1635.
- Midhun C. D., Maheswary, S., Neenu, K. v., Sajadi, S. M., dos Santos Rosa, D., Sabura Begum, P. M., Mathew, M., Ajithkumar, T. G., Parameswaranpillai, J., George, T. S., Resmi, V. C., Ilyas, R. A., & Badawi, M. 2022. Colocasia Esculenta Stems For The Isolation of Cellulose Nanofibers: A Chlorine-Free Method For The Biomass Conversion. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
- Mohammed, M. A. A., Salmiaton, A., Wan Azlina, W. A. K. G., & Mohamad Amran, M. S. 2012. Gasification of oil palm empty fruit bunches: A characterization and kinetic study. *Bioresource Technology*, **Vol. 110 Januari 2012** : 628-636.
- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., & Youngblood, J. 2011. Cellulose Nanomaterials Review: Structure, Properties and Nanocomposites. *Chemical Society Reviews*, **Vol. 40 No. 7 September 2010** : 3941–3994.
- Mtibe, A., Liganiso, L. Z., Mathew, A. P., Oksman, K., John, M. J., & Anandjiwala, R. D. 2014. A Comparative Study on Properties of Micro and

- Nanopapers Produced From Cellulose and Cellulose Nanofibres. *Carbohydrate Polymers*, **Vol. 118 Oktober 2014** : 1–8.
- Mwaikambo, L. Y., & Ansell, M. P. 2002. Chemical Modification of Hemp, Sisal, Jute, and Kapok Fibers by Alkalization. *Journal of Applied Polymer Science*, **Vol. 84 No. 12** : 2222–2234.
- Nasrazadani, S., & Eureste, E. 2008. Application of FTIR for Quantitative Lime Analysis. www.ntis.gov.
- Masta, N. 2020. *Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy*. Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.
- Ningtyas, K. R., Muslihudin, M., Sari, I. N., Produk, P., Politeknik, A. /, Lampung, N., Studi, P., Pangan, T., & Politeknik. 2020. Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Pertanian dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam Synthesis of Nanoselulosa from Agricultural Waste Using Variation Acid Concentration. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, **Vol. 20 No.2 Oktober 2020** : 142–147.
- Noremylia, M. B., Hassan, M. Z., & Ismail, Z. 2022. Recent Advancement in Isolation, Processing, Characterization and Applications of Emerging Nanocellulose: A review. *International Journal of Biological Macromolecules* **Vol. 206** : 954–976.
- Pérez, J., Muñoz-Dorado, J., de La Rubia, T., & Martínez, J. 2002. Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: An overview. *International Microbiology*, **Vol. 5 No. 2 April 2022** : 53–63.
- Perovic, D. D., Castell, M. R., Howie, A., Lavoie, C., Tiedje, T., & Cole, J. S. W. 1995. Ultramicroscopy Field-emission SEM Imaging of Compositional and Doping Layer Semiconductor Superlattices. *Ultramicroscopy*, **Vol. 58** : 104–113.
- Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., & Guan, G. 2018. Nanocellulose: Extraction and aApplication. *Carbon Resources Conversion*, **Vol. 1 No. 1** : 32–43
- Pratama, A.P. 2016. *Peningkatan Nilai Arang Tempurung Kelapa Produksi Petani Untuk Industri Pemurnianair Sumurgalian/Bor Yang Terkontaminasife Di Kota Dumai*. (Skripsi), Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sulthan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru.
- Rachmawaty, R., Pagarra, H., & Anisa, N. 2022. Identifikasi Senyawa Pada Ekstrak Kulit Buah Kakao Sulawesi 2 (*Theobroma cacao L.*) Menggunakan Pelarut Etanol dan Aseton. *Sainsmat : Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, **Vol. 11 No. 1** : 68-77.

- Rahmawati, R., & Handayani, N. 2013. Fabrikasi Ferrogel Berbahan Dasar Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) dari Hasil Sintesis Pasir Besi Pantai Utara Jawa dan Sifat Magneto-Elastisitasnya. *Neutrino*, **Vol. 5 No. 2** : 95–104.
- Ramahdita, G., Ilmiati, S., Suryanegara, L., Khalid, A., & Chalid, M. 2017. Preparation and Characterization for Sorgum-Based Micro-Fibrillated Celluloses. *Macromolecular Symposia*, **Vol. 371 No.1** : 69–74.
- Ratna W, D. 2018. Pengolahan Limbah Kulit Buah Kakao dengan Memanfaatkan Isolat Bakteri dari Cairan Pulp Kakao sebagai Bioaktivator dalam Pengomposan. (Tesis), Jurusan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Universitas Hasannudin Makasar.
- Ronie, A. S. 2011. Studi Proses Bleaching Serat Eceng Gondok Sebagai Reinforced Fiber. *Jurnal Ilmiah Faktor Exacta*, **Vol. 4 No. 4 Desember 2011** : 282-292.
- Salem, D. M. S. A., & Ismail, M. M. 2021. Characterization of cellulose and cellulose nanofibers isolated from various seaweed species. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, **Vol. 48** : 307-313.
- Sankaran, R., Markandan, K., Khoo, K. S., Cheng, C. K., Ashokkumar, V., Deepanraj, B., & Show, P. L. 2021. The Expansion of Lignocellulose Biomass Conversion Into Bioenergy via Nanobiotechnology. *Frontiers in Nanotechnology*, **Vol. 3** : 1-10.
- Sena, P.W., Putra, G. P. G., & Suhendra, L. 2021. Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Berbagai Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu Proses Bleaching. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, **Vol. 9 No. 3 September 2021** : 288-299.
- Setiabudi, A., Hardian, R., Mudzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. UPI Press. Bandung.
- Shojaeiarani, J., Bajwa, D. S., & Chanda, S. 2021. Cellulose Nanocrystal Based Composites: A review. *Composites Part C: Open Access*, **Vol. 5**.
- Silverstain, R. M., Webster, F. X., dan Kiemle, D. J. 1967. Spectrometric Identification of Organic Compounds. (7th Ed). John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Supian, M. A. F., Amin, K. N. M., Jamari, S. S., & Mohamad, S. 2020. Production of cellulose nanofiber (CNF) from empty fruit bunch (EFB) via mechanical method. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **Vol. 8 No.1**.
- Thain, S. 2022. *IR Spectroscopy and FTIR Spectroscopy: How an FTIR Spectrometer Works and FTIR Analysis*. Diakses 10 Juli 2023 dari <https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/ir-spectroscopy-and-ftir-spectroscopy-how-an-ftir-spectrometer-works-and-ftir-analysis-363938>.

- Thakur, V. K., Thakur, M. K., & Gupta, R. K. 2014. Review: Raw Natural Fiber-Based Polymer Composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, **Vol. 19 No. 3 2014** : 256–271.
- Thulasingh, A., Kannaiyan, S., & Pichandi, K. 2021. Cellulose Nanocrystals From Orange and Lychee Biorefinery Wastes and its Implementation as Tetracycline Drug Transporter. *Biomass Conversion and Biorefinery*.
- Trache, D., Tarchoun, A. F., Derradji, M., Hamidon, T. S., Masruchin, N., Brosse, N., & Hussin, M. H. 2020. Nanocellulose: From Fundamentals to Advanced Applications. *Frontiers in Chemistry*, **Vol. 8 No. 392**.
- Utomo, S. B., Farid, M., & Nurdiansah, H. 2017. Analisis Proses Pengikisan (Bleaching) dari Hasil Alkalisasi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Penguat Bahan Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*, **Vol. 6 No. 2 2017** : 237-241.
- Wadzani, S., & Danladi, A. (2020). Isolation and Characterization of Nanocellulose from Pineapple Leaf Fibres via Chemo-Mechanical Method. *Science World Journal*, **Vol. 15 No. 2 2020** : 100-105.
- Widjaja, T., Nurkhamidah, S., Altway, A., Rohmah, A. A. Z., & Saepulah, F. 2021. Chemical pre-treatments effect for reducing lignin on cocoa pulp waste for biogas production. *AIP Conference Proceedings*, 2349.
- Yang, G., Lin, W., Lai, H., Tong, J., Lei, J., Yuan, M., Zhang, Y., & Cui, C. 2021. Understanding the Relationship Between Particle Size and Ultrasonic Treatment During the Synthesis of Metal Nanoparticles. *Ultrasonics Sonochemistry*, **Vol 73 Mei 2021**.
- Yan, Q., Qiu, M., Chen, X., & Fan, Y. 2019. Ultrasound Assisted Synthesis of Size-Controlled Aqueous Colloids For The Fabrication of Nanoporous Zirconia Membrane. *Frontiers in Chemistry*, **Vol. 7 Mei 2019**.