

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI
RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp.**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu
(S1) pada program studi Pendidikan Kelautan dan Perikanan*



Oleh

Nurvindhia Istiqomah Putri

2008029

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KELAUTAN DAN PERIKANAN

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

KAMPUS SERANG

2024

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI
RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp.**

Oleh

Nurvindhia Istiqomah Putri

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan pada Fakultas Kampus Serang

©Nurvindhia Istiqomah Putri

Universitas Pendidikan Indonesia

2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Nurvindhia Istiqomah Putri

NIM : 2008029

Program Studi : Pendidikan Kelautan dan Perikanan

Judul Skripsi :

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI RUMPUT
LAUT *Gracilaria* sp.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperoleh untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kelautan dan Perikanan Kampus UPI di Serang Universitas Pendidikan Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Penguji I : Agung Setyo Sasongko, S.Kel., M.Si.
NIPT. 920190219880207101

Penguji II : Ahmad Beni Rouf, S.Pi., M.Si.
NIPT. 920230219931124101

Penguji III : Ahmad Satibi, S.Pd., M.Pd.
NIPT. 920200819920922101



Ditetapkan di : Serang

Tanggal : 19 Agustus 2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
NURVINDIHA ISTIQOMAH PUTRI
SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI RUMPUT
LAUT *Gracilaria* sp.

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Hidayat Prasetiyo, M.Si
NIPT. 920200819890313102

Pembimbing II



Mad Rudi, M.Si
NIPT. 920200819900322101

Pembimbing BRIN



TT ELEKTRONIK

Dina Fransisika M.Si
NIP. 198110242005022007

Mengetahui,
Ketua program studi Pendidikan kelautan dan perikanan



Ferry Dwi Cahyadi, M.Sc

NIPT. 920171219900902101

iv



Dokumen ini diandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BIRE, silakan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code

 Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang berjudul "**Sintesis dan Karakteristik Selulosa Nanokristal dari Rumput Laut *Gracillaria sp.***". Proposal penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Pendidikan Kelautan dan Perikanan di Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Daerah Serang.

Jakarta, 02 Agustus 2024

Nurvindhia Istiqomah Putri

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, rasa syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT dengan kasih sayang dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Nanokristal dari Rumput Laut *Gracilaria* sp.". Dalam menentukan dan Menyusun skripsi ini sehingga dapat diselesaikan sebaik-baiknya dengan melibatkan banyak pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, nasihat serta dukungan baik dari moril maupun materil kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan kelulusan dan kerendahan hati Nurani, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat.

1. Bapak Prof. Dr. M. Solehuddin, M.Pd., MA sebagai Rektor Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Bapak Dr. Supriadi, M.Pd. sebagai Direktur Universitas Pendidikan Indonesia.
3. Bapak Ferry Dwi Cahyadi, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kelautan dan Perikanan Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak Himawan Prasetyo, M.Si. selaku Dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan bimbingan, dorongan dan petunjuk bagi penulis dalam menempuh Pendidikan Sarjana.
5. Bapak Himawan Prasetyo, M.Si, Bapak Mad Rudi, M.Si, dan Ibu Dina Fransiska M.Si. selaku pembimbing skripsi yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun untuk penulis serta kesediaan waktu yang telah diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Para dosen Program Studi Pendidikan Kelautan dan Perikanan yang telah banyak memberikan ilmu dan arahan selama menempuh Pendidikan Sarjana.
7. Program Magang Kampus Merdeka (MBKM) Badan Riset Inovasi Nasional, Ancol, Jakarta Utara yang telah memberikan fasilitas laborototium sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian.

8. Para peneliti Pusat Riset Bioindustri Laut dan Darat Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan masukan, saran serta membantu dalam pengambilan data penelitian.
9. Kedua orang tua penulis, Ibu Umi Kulsum dan Bapak Lukman Hakim yang tidak lelah memberikan cinta dan kasih. Penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga untuk Ema tercinta yang selalu mendampingi dengan sabar, memberikan nasihat terbaik, dan selalu mendoakan setiap langkah penulis. Begitu pula ucapan terima kasih kepada Bapak yang tidak pernah lelah memberikan yang terbaik dalam segala hal kepada penulis, dan selalu bersedia mengantar-jemput penulis dari rumah sampai kampus dengan selamat.
10. Ketiga kakak kesayangan penulis Annisa Handayani, Siti Wulan Ulpiah dan Atika Putri beserta keluarganya yang tidak pernah lelah memberikan bantuan tenaga, pikiran dan finansial. Terima kasih pula atas doa, motivasi, semangat dan kesempatan untuk penulis dalam menyelesaikan perkuliahan tepat waktu.
11. Teman-teman magang Badan Riset dan Inovasi Nasional Alfitra Raya, Andin Raihan Fadillah, Sabina Hastiana, Debora Diana Rahayu Pratiwi, Lilis Suryaningsih, dan Dani Febrian Sutrisno Putra yang telah berkontribusi dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian.
12. Nurul Aulia selaku teman seperbimbingan dan seperjuangan yang selalu membersamai penulis dalam penelitian, memberikan motivasi dan dorongan. Terima kasih banyak atas bantuan yang tidak kenal waktu dan tidak lelah mendengarkan keluh kesah penulis, serta selalu meyakinkan penulis dalam mencapai tujuan.
13. Geahadiani Utari selaku teman satu kost penulis yang selalu memberikan doa dan dorongan. Terima kasih selalu menjadi pendengar dan pendukung terbaik bagi penulis.
14. Teman-teman terdekat penulis group Vidio, Geahadiani Utari, Nurul Aulia, Annisa Sekar Hanum, Maria Prima Jelita, Rahma Atillah, Amalia Putri, Pratiwi Audita Anggraini, dan Eneng Hera Herliana yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam penelitian ini.

15. Yasmina Mufidah, Jihan Azizah, serta teman-teman PKP B yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang selalu mensupport dan menjadi teman terbaik penulis selama menempuh Pendidikan Sarjana.
16. Sahabat SMA penulis Risma Arnadila, Desiana Khairunnisa, Farras Azzahra, Heriyah Fatmawati dan Siti Marfuah, terima kasih atas doa dan supportnya.

Jakarta, 02 Agustus 2024

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Kampus UPI di Serang Universitas Pendidikan Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurvindhia Istiqomah Putri

NIM : 2008029

Program Studi : Pendidikan Kelautan dan Perikanan

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI
RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Serang berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 02 Agustus 2024

Yang menyatakan,

Nurvindhia Istiqomah Putri

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul “SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp.” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam Masyarakat keilmuan. Ini dibuktikan dengan pengajuan Turnitin yang mencapai hasil plagiarism sebanyak 30%.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian skripsi ini.

Jakarta, 02 Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan

Nurvindhia Istiqomah Putri

NIM. 2008029

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA NANOKRISTAL DARI RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp.

Nurvindhia Istiqomah Putri

Program Studi Pendidikan Kelautan dan Perikanan Kampus Daerah Serang

Universitas Pendidikan Indonesia

Pembimbing :

Himawan Prasetyo, M.Si.

Mad Rudi, M.Si.

Dina Fransiska, M.Si.

ABSTRAK

Rumput laut *Gracilaria* sp. merupakan salah satu jenis rumput laut merah (*Rhodophyta*), dengan >185 spesies tersebar secara global. Rumput laut *Gracilaria* sp berfungsi sebagai sumber polisakarida yang sangat baik. *Gracilaria* mengandung karbohidrat dan galaktan yang banyak digunakan untuk pembuatan agar, selain itu *Gracilaria* mengandung selulosa. Penggunaan CNC sebagai bahan pengisi penguat pada nanokomposit berbasis polimer telah menarik banyak perhatian di bidang nanoteknologi. Telah dibuktikan secara luas bahwa penggabungan CNC ke dalam biopolimer dapat menghasilkan bahan nanokomposit dengan sifat mekanik, optik, termal, dan penghalang yang tinggi. Sintesis selulosa nanokristal dapat dilakukan dengan cara alkalinisasi, hidrolisis asam dan pemutihan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan suhu hidrolisis asam terhadap karakteristik rendemen, FTIR, TGA, XRD, FESEM. Hasil dari penelitian ini ekstraksi selulosa nanokristal dengan perlakuan suhu 40°C, 50°C, dan 60°C pada hidrolisis asam mempengaruhi karakteristik rendemen yang dihasilkan, dengan hasil masing- masing 22,36%, 23,14% dan 25,08%. Analisis FTIR menunjukkan bagian amorf berkurang selama proses hidrolisis asam, dan perlakuan suhu pada hidrolisis asam tidak mempengaruhi struktur gugus selulosa. Analisis termal menunjukkan bahwa selulosa dengan perlakuan suhu 40°C memiliki kestabilan termal yang lebih baik dibandingkan dengan selulosa perlakuan suhu 50°C dan 60°C. Indeks kristalinitas selulosa nanokristal *Gracilaria* sp. perlakuan suhu 40°C, 50°C, dan 60°C masing-masing adalah 47,38%, 38,51% dan 38,61%. Hasil morfologi perlakuan suhu 40°C menunjukkan morfologi lembaran yang lebih rapat dan halus daripada C. Gra 50°C dan 60°C.

Kata Kunci: *Gracilaria* sp., Selulosa Nanokristal, Perlakuan Suhu

SYNTHESIS AND CHARACTERISTICS OF CELLULOSE NANOCRYSTALS FROM *Gracilaria* Sp.

Nurvindhia Istiqomah Putri

Marine and Fisheries Study Program Serang Regional Campus

University of Education Indonesia

Mentor :

Himawan Prasetyo, M.Si.

Mad Rudi, M.Si.

Dina Fransiska, M.Si.

ABSTRACT

Gracilaria sp. is a type of red seaweed (Rhodophyta) with >185 species distributed globally. *Gracilaria* sp seaweed serves as an excellent source of polysaccharides. *Gracilaria* contains carbohydrates and galactans that are widely used for making agar, in addition *Gracilaria* contains cellulose. Using CNCs to reinforce filler materials in polymer-based nanocomposites has attracted much attention in nanotechnology. It has been widely demonstrated that incorporating CNCs into biopolymers can produce nanocomposite materials with high mechanical, optical, thermal, and barrier properties. Cellulose nanocrystals can be synthesized by alkalinization, acid hydrolysis, and bleaching. The study aims to determine the effect of acid hydrolysis temperature treatment on yield characteristics, FTIR, TGA, XRD, and FESEM. The results of this study showed that the extraction of cellulose nanocrystals with temperature treatments of 40°C, 50°C, and 60°C in acid hydrolysis affected the characteristics of the resulting yield, with results of 22.36%, 23.14%, and 25.08%, respectively. FTIR analysis showed that the amorphous part decreased during the acid hydrolysis process, and the temperature treatment in acid hydrolysis did not affect the structure of cellulose groups. Thermal analysis showed that cellulose treated at 40°C had better thermal stability than cellulose treated at 50°C and 60°C. The crystallinity index of *Gracilaria* sp. nanocrystalline cellulose treated at 40°C, 50°C, and 60°C was 47.38%, 38.51%, and 38.61%, respectively. The morphology results of the 40°C temperature treatment showed a tighter and smoother sheet morphology than C. Gra 50°C and 60°C.

Keywords: *Gracilaria* sp., Nanocrystalline Cellulose, Temperature Treatment

DAFTAR ISI

HAK CIPTA.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Struktur Organisasi.....	6
BAB II.....	7
KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Rumput Laut Gracilaria sp.	7
2.2 Selulosa	9
2.3 Selulosa Nanokristal.....	11
2.4 Metode Pemisahan Selulosa	12
2.4.1 Alkalinisasi.....	13
2.4.2 Hidrolisis Asam.....	13
2.4.3 Bleaching.....	15
2.5 Aplikasi Selulosa Nanokristal	15

2.5.1	Obat-obatan	16
2.5.2	Rekayasa Jaringan	17
2.5.3	Antibakteri / Antimikroba	19
2.5.4	Implan Untuk Jantung	20
2.6	Karakterisasi	20
2.7.1	Rendemen	21
2.7.2	Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FT-IR)	21
2.7.3	Analisis <i>Thermogravimetric analysis</i> (TGA)	21
2.7.4	Analisis <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	22
2.7.5	Analisis <i>Field Emission Scanning Electron Microscope</i> (FE-SEM)	22
2.7	Penelitian Terdahulu	22
BAB III		22
METODE PENELITIAN		22
3.1	Desain Penelitian	22
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	22
3.3	Populasi dan Sampel	22
3.4	Alat dan Bahan	23
3.4.1	Alat	23
3.4.2	Bahan	23
3.5	Diagram Penelitian	24
3.6	Prosedur Penelitian	24
3.6.1	Preparasi Rumput Laut	24
3.6.2	Proses Alkalinisasi	25
3.6.3	Proses Hidrolisis Asam	25
3.6.4	Proses Pemutihan	25
3.6.5	Proses Ultasonik	25
3.6.6	Proses Freeze Dryer	26
3.7	Analisis Data	26
3.7.1	Rendemen	26
3.7.2	Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	26
3.7.3	<i>Thermogravimetric analysis</i> (TGA)	26
3.7.4	Analisis <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	27
3.7.5	Analisis <i>Field Emission Scanning Electron Microscope</i> (FE-SEM)	27

BAB IV	28
HASIL & PEMBAHASAN	28
4.1 Rendemen	28
4.2 Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	29
4.3 <i>Thermogravimetric analysis</i> (TGA)	32
4.4 Analisis <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	35
4.5 Analisis <i>Field Emission Scanning Electron Microscope</i> (FE-SEM).....	38
BAB V	40
KESIMPULAN	40
5.1 Simpulan.....	40
5.2 Impilkasi	40
5.3 Rekomendasi	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	19
Tabel 4. 1. Pita Serapan.....	30
Tabel 4. 2. Suhu Degradasi Awal dan Akhir	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1. Rendemen Selulosa Nanokristal <i>Gracilaria</i> sp. a)Perlakuan suhu 40°C; b)Perlakuan suhu 50°C; c)perlakuan suhu 60°C	28
Gambar 4. 2. Rendemen perlakuan suhu hidrolisis asam selulosa nanokristal dari <i>Gracilaria</i> sp.	29
Gambar 4. 3. Spektrum FTIR: (a) TRL Gra; (b) CNC Komersial; (c) C. Gra 40°C; (d) C. Gra 50°C; (e) C. Gra 60°C.....	30
Gambar 4. 4. Thermogram Weight (%): (a) TRL Gra; (b) CNC Komersial; (c) C. Gra 40°C; (d) C. Gra 50°C; (e) C. Gra 60°C	33
Gambar 4. 5. Thermogram Derivative Weight (%/m) (a) TRL Gra; (b) CNC Komersial; (c) C. Gra 40°C; (d) C. Gra 50°C; (e) C. Gra 60°C	35
Gambar 4. 6. Kristalinitas: (a) TRL Gra; (b) CNC Komersial; (c) C. Gra 40°C; (d) C. Gra 50°C; (e) C. Gra 60°C	36
Gambar 4. 7. Indeks Kristalinitas.....	37
Gambar 4. 8. Penampilan morfologi: a) TRL Gra; b) CNC Komersil; c) C. Gra 40°C; d) C. Gra 50°C; e) C. Gra 60°C	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	45
Lampiran 2. Data Mentah TGA	48

DAFTAR PUSTAKA

- Abhilash, M., & Thomas, D. (2017). Biopolymers for Biocomposites and Chemical Sensor Applications. In *Biopolymer Composites in Electronics* (pp. 405–435). Elsevier Inc. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809261-3.00015-2>
- Adini, S., Kusdiyantini, E., dan Budiharjo, A. (2015). Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria* sp. dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 16(2), 65. Doi: <https://doi.org/10.14710/bioma.16.2.65-75>
- Armawan Sandi, Y., Susanah Rita, W., dan Ciawi, Y. (2016). Hidrolisis Rumput Laut (*Glacilaria* Sp.) Menggunakan Katalis Enzim Dan Asam Untuk Pembuatan Bioetanol. *Jurnal Kimia*, 1(10). Doi: <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2016.v10.i01.p02>
- Asih, T., Khayuridlo, M., Noor, R., Muhfahroyin, M., (2019). Biodiversity and potential use of macro algae in Pesisir Barat Lampung. *Biosaintifika. J. Biol. Educ.* 11, 100-107. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v11i1.16532>
- Aulia, F., & Gea, S. (2013). Studi Penyediaan Nanokristal Selulosa Dari Tandan Kosong Sawit (TKS). In *Jurnal Saintia Kimia* (Vol. 1, Issue 2).
- Banik, U., Mohiuddin, M., Wahab, M. A., Rahman, M. M., Nahiduzzaman, M., Sarker, S., ... & Asaduzzaman, M. (2023). Comparative performances of different farming systems and associated influence of ecological factors on *Gracilaria* sp. seaweed at the south-east coast of the Bay of Bengal, Bangladesh. *Aquaculture*, 574, 739675. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739675>
- Bixler, H.J., Porse, H., (2011). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. *J. Appl. Phycol.* 23, 321-335.
- Bhat, A. H., Dasan, Y. K., Khan, I., Soleimani, H., & Usmani, A. (2017). Application of nanocrystalline cellulose: Processing and biomedical applications. In *Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites: Production, Properties and Applications* (pp. 215–240). Elsevier Inc. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100957-4.00009-7>
- Du, Q., BI, G., Mao, Y., Sui, Z., (2016). The complete chloroplast genome of *Gracilariopsis lemaneiformis* (Rhodophyta) gives new insight into the evolution of family Gracilariaceae. *J. Phycol.* 52, 441-450. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpy.12406>
- FAO, (2021). The Global Status of Seaweed Production, Trade and Utilization. Globefich Research.
- Fernando (2016). "Isolasi Serat Mikro Selulosa Kristalin Berbasis Batang Sorgum (*Sorghum bicolor*) Melalui Metode Kimiawi Alkalinisasi, Pemutihan dan Hidrolisis Asam". In Skripsi. Universitas Indonesia.
- Fu, Q., Cui, C., Meng, L., Hao, S., Dai, R., & Yang, J. (2021). Emerging cellulose-derived materials: A promising platform for the design of flexible wearable sensors toward health and environment monitoring. In *Materials Chemistry Frontiers* (Vol. 5, Issue 5, pp. 2051–2091). Royal Society of Chemistry. Doi: <https://doi.org/10.1039/d0qm00748j>
- Hartati, N., Kemala, T., Sutriah, K., & Farobie, O. (2019). Compatibility of Celluloce Nanocrystal Modified Cetrimmonium Chloride (CTAC) in

- Polylactic Acid Matrix as Packaging Material. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 22(4), 157–163. Doi: <https://doi.org/10.14710/jksa.22.4.157-163>
- Houyong Yu, Zongyi Qin, Liang B, Liu N, Zhou Z, & Chen L., (2013). "Facile extraction of thermally stable cellulose nanocrystals with a high yield of 93% through hydrochloric acid hydrolysis under hydrothermal condition". *Jurnal of Materials Chemistry A*, hal 3938-3944. Doi: <https://doi.org/10.1039/C3TA01150J>
- Kim, G.H., Klochkova, T.A., Im, S.H., (2016). Chloroplast virus causes green-spot disease in cultivated Pyropia of Korea. *Algal Res.* 17, 293-299. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.05.023>
- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., & Youngblood, J. (2011). Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chemical Society Reviews*, 40(7), 3941-3994. Doi: <https://doi.org/10.1039/c0cs00108b>
- Putri, E., & Gea, S. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Nanokistral Selulosa dari Tandan Sawit (*Elaeis Guineensis* Jack). *Elkawnie*, 4(1), 13–22. Doi: <https://doi.org/10.22373/ekw.v4i1.2877>
- Rahmi, D., Marpaung, M. T., Aulia, R. D., Putri, S. E., Aidha, N. N., & Widjajanti, R. (2020). Ekstraksi dan Karakterisasi Mikroselulosa dari Rumpun Laut Coklat Sargassum Sp. sebagai Bahan Penguat Bioplastik Film. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(2), 57. Doi: <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.6401>
- S. Karimi, P.M. Tahir, A. Karimi, A. Dufresne, A. Abdulkhani. (2014). Kenaf bast cellulosic fibers hierarchy: A comprehensive approach from micro to nano. *Carbohydrate Polymer*, vol. 101, 878-885. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.106>
- Sya, G. F., Aef Permadi, C. P. A., dan, P. J. I. T. P. dan K. (2020). Perbedaan Pengaruh Penggunaan Ekstrak Nanas dan Diamonium Fosfat Terhadap Mutu Nata De Seaweed (*Glacililaria* sp). *Jurnal Iptek Terapan Kelautan Dan Perikanan*, 53(9), 1689–1699. Doi: <http://dx.doi.org/10.15578/plgc.v1i1.8306>
- Thomas, P., Duolikun, T., Rumjit, N. P., Moosavi, S., Lai, C. W., Bin Johan, M. R., & Fen, L. B. (2020). Comprehensive review on nanocellulose: Recent developments, challenges and future prospects. In *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* (Vol. 110). Elsevier Ltd. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103884>
- Vanderklift, M.A., Doropoulos, C., Gorman, D., Leal, I., Minne, A.J., Statton, J., Steven, A. D., Wernberg, T., (2020). Using propagules to restore coastal marine ecosystems. *Front. Mar. Sci.* 724. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00724>
- Wang, X., Guo, J., Ren, H., Jin, J., He, H., Jin, P., Wu, Z., & Zheng, Y. (2024). Research progress of nanocellulose-based food packaging. In *Trends in Food Science and Technology*. Elsevier Ltd. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104289>
- Wang, Y., Wang, X., Xie, Y., & Zhang, K. (2018). Functional nanomaterials through esterification of cellulose: a review of chemistry and application. In *Cellulose* (Vol. 25, Issue 7, pp. 3703–3731). Springer Netherlands. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1830-3>

- Yuni Hendrawati, T., Umar, E., Ilmar Ramadhan, A., Meta Sari, A., Salsabila, M., Suryani, R., & Budhi Rahardja, I. (2023). *Sintesis dan Karakterisasi Nanoselulosa Serbuk dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Ultrasonifikasi*. Doi: <https://doi.org/10.24853/jurtek.15.1.159-166>
- Zanchetta, E., Damergi, E., Patel, B., Borgmeyer, T., Pick, H., Pulgarin, A., & Ludwig, C. (2021). Algal cellulose, production and potential use in plastics: Challenges and opportunities. In *Algal Research*. Elsevier B.V. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102288>