

PENGEMBANGAN BIOSURFAKTAN BERBASIS PVA- NANOLIGNIN DARI DAUN TEBU

AZIZATUL KARIMAH



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



(a) Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengembangan Biosurfaktan Berbasis PVA-Nanolignin dari Daun Tebu” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2025

Azizatul Karimah
E2501211001



RINGKASAN

AZIZATUL KARIMAH. Pengembangan Biosurfaktan Berbasis PVA-Nanolignin dari Daun Tebu. Dibimbing oleh I NYOMAN JAYA WISTARA dan WIDYA FATRIASARI.

Karakterisasi lignin terisolasi dan pemanfaatan nanoteknologi untuk menghasilkan nanolignin sebagai bahan fungsional masih sangat relevan untuk dieksplorasi. Heterogenitas lignin terisolasi dipengaruhi oleh metode isolasi, jenis tumbuhan dan lingkungan tempat tumbuh. Penelitian ini berfokus pada karakterisasi lignin hasil isolasi daun tebu dengan metode alkali dan *milled wood lignin* (MWL). Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi perlakuan alkali dengan pemanasan *microwave* (Lignin-A) dan *autoclave* (Lignin-B). Kedua lignin alkali diperoleh dari presipitasi lindi hitam praperlakuan alkali (larutan NaOH) dengan larutan HCl. Untuk meningkatkan efisiensi proses isolasi lignin, daun tebu diberi praperlakuan asam maleat dengan iradiasi *microwave* dan sakarifikasi dengan enzim selulase. Daun tebu hasil praperlakuan asam dan sakarifikasi (DT-ASak) kemudian diisolasi dengan pelarut 1,4-dioksan untuk menghasilkan lignin sakarifikasi asam (Lignin-C). Lignin-D diisolasi dari daun tebu tanpa praperlakuan dengan pelarut 1,4-dioksan sebagai pembanding Lignin-C. Mempertimbangkan ukuran partikel lignin yang besar dapat menjadi kendala dalam valorisasi lignin menjadi material fungsional, dalam penelitian ini lignin dipreparasi lebih lanjut menjadi nanolignin melalui proses dialisis *self-assembly* menggunakan pelarut THF:etanol (1:1). Molekul lignin akan membentuk partikel nanolignin dengan pemutusan ikatan intermolekul lignin dan pembentukan ikatan kovalen antar unit fenilpropana molekul lignin. Larutan nanolignin heterogenous selanjutnya disintesis menjadi biosurfaktan dengan PVA, asam oksalat (agen taut silang) dan 1-metil imidazol (katalis). Pemanasan *microwave* pada metode alkali mengurangi banyak ikatan β -O-4 sehingga rendemen isolasi lignin meningkat. Lignin-B memiliki struktur yang rapat dengan gugus fenolik terkonjugasi dan non-konjugasi, nilai ASL dan rasio S/G yang rendah. Perlakuan DT-ASak sebelum proses isolasi lignin mempengaruhi struktur daun tebu dan meningkatkan aksesibilitas lignin. Selain itu, perlakuan awal ini dapat mengurangi sisa karbohidrat sehingga meningkatkan kemurnian lignin. Lignin-C memiliki struktur gugus fenolik tak terkonjugasi dengan ikatan β -O-4 dan kandungan siringil yang tinggi, serta stabilitas termal dan berat molekul rendah. Nanolignin-B dan nanolignin-C yang diperoleh berbentuk partikel bulat dan lebih seragam dengan ukuran partikel dibawah 100 nm. Spektra FTIR menunjukkan adanya puncak regangan tekuk 1,4-disubstitusi C-H yang mengindikasikan Bio NL-B dan Bio NL-C berhasil disintesis menjadi biosurfaktan dengan metode *grafting*. Bio NL-B berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai aditif hidrolisis selulosa yang relatif murah dan aplikatif untuk skala besar. Selanjutnya, Bio NL-C juga dapat digunakan sebagai material fungsional yang berkelanjutan dan mendukung prinsip “kimia hijau”.

Kata kunci: biosurfaktan, kimia hijau, nanolignin, proses dialisis, sintesis *self-assembly*



SUMMARY

AZIZATUL KARIMAH. Development of PVA-Nanolignin Based Biosurfactant from Sugarcane Leaves. Supervised by I NYOMAN JAYA WISTARA and WIDYA FATRIASARI.

Characterization of isolated lignin and utilization of nanotechnology to produce nanolignin as functional materials are paramount. Isolation methods, plant types, and growing environments influence the heterogeneity of isolated lignin. This study focuses on the characterization of lignin isolated from sugarcane leaves by the alkali method and milled wood lignin. The alkali pretreatment was performed at different heating using microwave (Lignin-A) and autoclave (Lignin-B) methods. Both alkali lignin was obtained by alkali pretreatment in NaOH solution and precipitation with HCl solution. To enhance the efficiency of lignin isolation, sugarcane trash was pretreated with maleic acid, followed by microwave irradiation and saccharification using cellulase enzymes. Acid-saccharified lignin (Lignin-C) was isolated from sugarcane trash following acid pretreatment and saccharification (DT-ASak) using 1,4-dioxane as the solvent. The large particle size of lignin presents a challenge in converting lignin into functional materials. In this study, lignin was converted into nanolignin using a self-assembly dialysis process with a solvent mixture of THF and ethanol in a 1:1 ratio. Lignin molecules will generate nanolignin particles by breaking the intermolecular bonds of lignin and creating covalent bonds between the phenylpropane units of the molecules. The heterogeneous nanolignin solution was synthesized into biosurfactants using PVA, oxalic acid as a cross-linking agent, and 1-methyl imidazole as a catalyst. Microwave heating in the alkali method increased lignin yield due to the breaking of numerous β -O-4 bonds. Lignin-B has a dense structure with conjugated and non-conjugated phenolic groups, a low ASL value, and a S/G ratio. DT-ASak treatment prior to the lignin isolation process influenced the structure of sugarcane leaves and improved lignin accessibility. Additionally, this pre-treatment can lower the amount of residual carbohydrates, resulting in a higher lignin purity. Lignin-C has a non-conjugated phenolic group structure that features high β -O-4 bonds, a significant syringyl content, low thermal stability, and molecular weight. The obtained nanolignin-B and nanolignin-C were spherical and more uniform, with particle sizes below 100 nm. FTIR spectra showed the presence of 1,4-disubstituted C-H bending, indicating that Bio NL-B and Bio NL-C were successfully synthesized into biosurfactants by the grafting method. Bio NL-B possesses the potential to serve as an affordable and versatile cellulose hydrolysis additive. Furthermore, Bio NL-C can also be used as a sustainable functional material that supports the principle of "green chemistry."

Keywords: *biosurfactant, dialysis process, green chemistry, nanolignin, self-assembly synthesis*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



PENGEMBANGAN BIOSURFAKTAN BERBASIS PVA- NANOLIGNIN DARI DAUN TEBU

AZIZATUL KARIMAH

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



(a) Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Roni Maryana, Ph.D



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

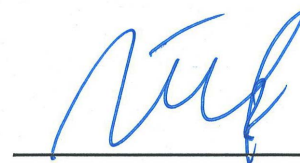
Judul Tesis : Pengembangan Biosurfaktan Berbasis PVA-Nanolignin dari Daun Tebu
Nama : Azizatul Karimah
NIM : E2501211001

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Ir. Nyoman Jaya Wistara, M.S., Ph.D



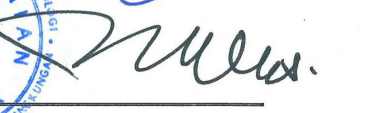
Pembimbing 2:
Prof. Dr. Widya Fatriasari, S.Hut., M.M



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc
NIP 196602121991031002

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S
NIP 196501221989031002


Tanggal Ujian: 20 Januari 2025

Tanggal Lulus: 05 FEB 2025



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2022 sampai bulan Oktober 2024 ini ialah "Pengembangan Biosurfaktan Berbasis PVA-Nanolignin dari Daun Tebu".

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Ir. Nyoman Jaya Wistara, M.S., Ph.D dan Prof. Dr. Widya Fatriasari, S.Hut., M.M yang telah membimbing dan banyak memberi saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada pihak Manajemen Talenta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan jenjang magister melalui program *Degree By-Research* (DBR). Penghargaan juga disampaikan kepada Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk serta *Integrated Laboratory of Bioproduct* (iLaB) Cibinong yang telah memberi izin penelitian penulis, selain itu ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ibu Maya, ibu Nissa, bapak Budi, ibu Harist, ibu Puji beserta teman-teman Laboratorium Kertas Kering yang telah membantu selama pengumpulan data.

Karya ilmiah ini dapat terselesaikan dengan bantuan dan dukungan berbagai pihak. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis. Karya ilmiah ini masih banyak terdapat kekurangan, namun penulis berharap semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Bogor, 13 Januari 2025

Azizatul Karimah



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Daun Tebu	5
2.2 Lignin	6
2.3 Nanolignin	7
2.4 Biosurfaktan Berbasis Lignin	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	11
3.4 Rancangan Percobaan dan Analisa Data	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Komponen Kimia Lignin Daun Tebu	21
4.2 Elusidasi Struktur dan Sifat Fisik Lignin Daun Tebu	27
4.3 Sifat Termal Lignin Daun Tebu	33
4.4 Karakteristik Nanolignin dari Lignin Daun Tebu	36
4.5 Karakteristik Biosurfaktan PVA-nanolignin	40
V SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	56
RIWAYAT HIDUP	66



DAFTAR TABEL

1	Metode pra-perlakuan produk samping tanaman tebu	5
2	Metode untuk preparasi nanolignin secara kimiawi	8
3	Komponen kimia lignin isolasi	23
4	Hasil ANOVA terhadap rendemen dan kemurnian lignin untuk lignin hasil isolasi	23
5	Sifat kimia dan fisik lignin isolasi	34
6	Data kehilangan berat dan nilai Tg lignin isolasi	37
7	Karakteristik dari nanolignin-B dan nanolignin-C	40
8	Tegangan permukaan biosurfaktan PVA-nanolignin	43

DAFTAR GAMBAR

1	Struktur kimia lignin dan monomernya (Schneider <i>et al.</i> 2021)	7
2	Mekanisme reaksi pembentukan biosurfaktan AL-D dengan PEDGE (Uraki <i>et al.</i> 2012)	9
3	Skema tahapan penelitian	11
4	Skema preparasi nanolignin	18
5	Skema metode sintesis biosurfaktan PVA-nanolignin	20
6	Skema reaksi hidrolisis daun tebu dengan asam, dimodifikasi dari Fatriasari <i>et al.</i> (2021)	21
7	Mekanisme dissosiasi lignin dengan molekul natrium hidroksida (NaOH)	22
8	Prediksi mekanisme pembentukan ikatan β -O-4 pada pengendapan lignin dengan asam (H^+)	25
9	Ilustrasi proses isolasi lignin-C dengan 1,4-dioksan	26
10	Spektra sinar ultraviolet-tampak sampel lignin dalam larutan organik (a) dan larutan alkali (b)	28
11	Senyawa konjugasi (merah) dan non-konjugasi (hitam) dalam struktur lignin	28
12	Spektra FTIR sampel lignin	29
13	Spektra ^{13}C NMR sampel lignin isolasi	31
14	Grafik TGA dan DTG sampel lignin isolasi	36
15	Mekanisme pembentukan partikel nanolignin	38
16	Pengamatan stabilitas nanolignin dalam (A) 0 hari (B) 30 hari	39
17	Citra SEM lignin-B, lignin-C, nanolignin-B dan nanolignin-C	41
18	Spektra FTIR sampel biosurfaktan PVA-nanolignin	43
19	Kemungkinan mekanisme sintesis dan struktur dari biosurfaktan PVA-nanolignin	43



DAFTAR LAMPIRAN

1	Dokumentasi kegiatan penelitian	56
2	Dokumentasi sampel lignin isolasi	57
3	Dokumentasi sampel biosurfaktan	57
4	Spektra py-GCMS lignin (fragmentasi karbohidrat)	58
5	Produk pirolisis sampel lignin isolasi	61
6	Grafik PSA nanolignin-B dan nanolignin C	62
7	Spektra FTIR Nanolignin-B dan Nanolignin-C	62
8	Contoh perhitungan	63

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



(a) Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.