



KARAKTERISTIK LIGNIN EUCALYPTUS (*Eucalyptus* sp.) HASIL ISOLASI MENGGUNAKAN ASAM ORGANIK DENGAN PERBEDAAN pH

NURHAYATI



DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

- 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 University

IPB University



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



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Karakteristik Lignin Eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) Hasil Isolasi Menggunakan Asam Organik dengan Perbedaan pH” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Mei 2025

Nurhayati
E2401211081

- 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.



ABSTRAK

NURHAYATI. Karakteristik Lignin Eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) Hasil Isolasi Menggunakan Asam Organik dengan Perbedaan pH. Dibimbing oleh DEDED SARIP NAWAWI dan WIDYA FATRIASARI.

Lignin hasil isolasi dari lindi hitam berpotensi untuk dikonversi menjadi biopolimer dan bahan kimia. Namun, metode isolasi konvensional menggunakan asam mineral memiliki kelemahan, termasuk korosivitas tinggi, mengandung pengotor seperti sulfur, dan cenderung menghasilkan lignin dengan struktur terkondensasi. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan asam organik (asam oksalat dan asam maleat) untuk mengisolasi lignin dari lindi hitam Eucalyptus pada pH 2 dan 3 dengan tujuan untuk meningkatkan karakteristik lignin dan mendukung konsep kimia hijau (*green chemistry*). Lignin diisolasi dan dikarakterisasi berdasarkan rendemen, kadar air dan abu, kemurnian, gugus fungsi, tipe monomer, sifat termal, morfologi, dan total kandungan fenolik. Lignin yang diisolasi dengan asam maleat pada pH 2 (MA 2) menunjukkan kualitas tertinggi. Lignin ini memiliki kadar air dan abu yang rendah, serta kemurnian, gugus hidroksil fenolik (pH_{OH}), total fenolik (TPC), dan berat ekuivalen tertinggi. Sebaliknya, meskipun asam oksalat pada pH 2 menghasilkan rendemen lignin tertinggi, kualitas lignin yang diisolasi adalah yang terendah untuk sebagian besar parameter.

Kata kunci: asam maleat, asam oksalat, *Eucalyptus* sp., isolasi dengan asam organik, lindi hitam Kraft, perbedaan pH, pKa

ABSTRACT

NURHAYATI. Characteristics of Eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) Lignin Isolated Using Organic Acids with Different pH Values. Supervised by DEDED SARIP NAWAWI and WIDYA FATRIASARI.

Lignin isolated from black liquor has the potential to be converted into biopolymers and chemicals. However, conventional isolation methods using mineral acids have drawbacks, including high corrosivity, contain impurities like sulfur, and a tendency to result lignin with condensed structures. This research explores utilization of organic acids (oxalic acid and maleic acid) to isolate lignin from Eucalyptus black liquor at pH 2 and 3 with the aim of improving lignin characteristics and support green chemistry. Lignin was isolated and characterized based on yield, moisture and ash content, purity, functional groups, monomer type, thermal properties, morphology, and total phenolic contents. Lignin isolated with maleic acid at pH 2 (MA 2) demonstrated the highest quality. It exhibited low moisture and ash content, highest purity, phenolic hydroxyl groups (pH_{OH}), total phenolics content (TPC), and equivalent weight. In contrast, although oxalic acid at pH 2 resulted in the highest lignin yield, the isolated lignin quality was the lowest across most parameters.

Keywords: kraft black liquor, maleic acid, organic acid precipitation, oxalic acid, pH difference, pKa



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.

KARAKTERISTIK LIGNIN EUCALYPTUS (*Eucalyptus* sp.) HASIL ISOLASI MENGGUNAKAN ASAM ORGANIK DENGAN PERBEDAAN pH

NURHAYATI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan

**DEPARTEMEN HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Dede Aulia Rahman, S.Hut., M.Si



- 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 University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

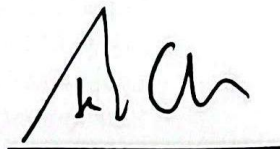
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Judul Skripsi : Karakteristik Lignin Eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) Hasil Isolasi
Menggunakan Asam Organik dengan Perbedaan pH.

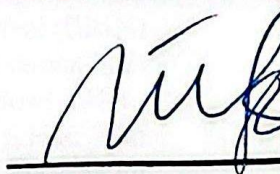
Nama : Nurhayati
NIM : E2401211081

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.F.Trop.



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



Diketahui oleh

Ketua Departemen Hasil Hutan:
Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si.
NIP. 197404222005012001



Tanggal Ujian: 12 Juni 2025

Tanggal Lulus: 18 JUN 2025



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 Januari sampai bulan April 2025 ini ialah karakterisasi hasil isolasi lignin dengan asam organik dengan judul "Karakteristik Lignin Eucalyptus (*Eucalyptus* sp.) Hasil Isolasi Menggunakan Asam Organik dengan Perbedaan pH."

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing Prof. Dr. Ir. Deded Sarip Nawawi, M.Sc.F.Trop dan Prof. Dr. Widya Fatriasari, S.Hut., M.M. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk (PRBB), Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) KST. Soekarno yang telah memberi izin penelitian, beserta teman-teman Lab Kertas Kering, Teh Azizatul Karimah, S.Si., M.Si., Mas Eko Budi Santoso S.Hut., Teh Attala Rania Pelangi A, S. Hut., Teh Ade Pera Amydha S. H. P, S.Hut., Teh Dewi Shafa Kayla, S.Hut., beserta staf Laboratorium ILaB yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah Erwin Susanto, Ibu Kastini, Muhammad Ramadhan, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Ungkapan terima kasih juga tidak lupa disampaikan kepada Nasya Fadilah dan Muhammad Richki selaku teman seperjuangan BRIN Lab Kertas Kering, teman-teman sebimbingan, Fahutan 58, dan DHH 58 terkhusus Oktavian Nursetiaji, Lastriana Sianturi, Pruecylla Tavana, dan Ryza Sativa yang sudah banyak membantu dan memberikan semangat selama perkuliahan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayu Wulandari selaku sahabat terbaik yang selalu mendengarkan keluh kesah, suka duka, dan memberikan semangat sampai saat ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Mei 2025

Nurhayati

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Lindi Hitam	3
2.2 Lignin	4
2.3 Asam Maleat	6
2.4 Asam Oksalat	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.4 Analisis Data	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Rendemen	13
4.2 Kadar Air dan Kadar Abu	13
4.3 Kemurnian Lignin	14
4.4 Gugus Fungsi Lignin	15
4.5 Tipe Monomer Lignin	17
4.6 Kadar Total Gugus Hidroksi Fenil (pH _{OH})	17
4.7 Kadar Total Fenolik dan Berat Ekuivalen Lignin	18
4.8 Sifat Termal Lignin	19
4.9 Morfologi Lignin	21
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	39



DAFTAR TABEL

1	Analisa proksimat, ultimat, <i>heating value</i> , dan komposisi lignin dari lindi hitam <i>Eucalyptus</i> sp. (Yotwadee <i>et al.</i> 2020)	3
2	Karakteristik lignin hasil isolasi dengan berbagai jenis asam	5
3	Karakteristik lignin <i>Eucalyptus</i> hasil isolasi dengan perbedaan jenis asam dan pH	15
4	Hasil ANOVA terhadap rendemen untuk setiap variasi lignin	15
5	Hasil ANOVA terhadap kemurnian lignin untuk setiap variasi lignin	15
6	Kelimpahan relatif monomer dan residu karbohidrat penyusun lignin setiap variasi	17
7	Nilai pH pada variasi lignin MA 2, MA 3, OA 2, dan OA 3	18
8	Hasil ANOVA terhadap pH untuk setiap variasi lignin	18
9	Nilai TPC dan berat ekuivalen lignin pada variasi lignin MA 2, MA 3, OA 2, dan OA 3	18
10	Hasil ANOVA terhadap TPC untuk setiap variasi lignin	19
11	Hasil ANOVA terhadap berat ekuivalen untuk setiap variasi lignin	19
12	Stabilitas termal lignin menggunakan TGA dan DTG	21
13	Komposisi elemen lignin pada setiap variasi	22

DAFTAR GAMBAR

1	Tiga jenis prekursor utama lignin (Calvo-Flores <i>et al.</i> 2015)	4
2	Struktur lignin dengan berbagai tipe ikatan (Mukhtar <i>et al.</i> 2017)	4
3	Struktur kimia asam maleat (Wojcieszak <i>et al.</i> 2015)	6
4	Diagram alir tahapan penelitian	8
5	Lignin hasil isolasi variasi MA 2 (A), MA 3 (B), OA 2 (C), OA 3 (D), Residu OA 2 (E)	14
6	Analisis gugus fungsi lignin variasi MA 2, MA 3, OA 2,	16
7	Kurva TGA dan DTG lignin pada setiap variasi	20
8	Morfologi lignin OA 2 (A); OA 3 (B); MA 2 (C); MA 3 (D)	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Contoh perhitungan	30
2	Lampiran 2 Spektra tipe monomer lignin MA 2	33
3	Lampiran 3 Spektra tipe monomer lignin MA 3	33
4	Lampiran 4 Spektra tipe monomer lignin OA 2	34
5	Lampiran 5 Spektra tipe monomer lignin OA 3	34
6	Lampiran 6 Daftar hasil analisis PyGCMS lignin MA 2	35
7	Lampiran 7 Daftar hasil analisis PyGCMS lignin MA 3	35
8	Lampiran 8 Daftar hasil analisis PyGCMS lignin OA 2	36
9	Lampiran 9 Daftar hasil analisis PyGCMS lignin OA 3	36

10	Lampiran 10 Analisis Keragaman (ANOVA) terhadap rendemen lignin	37
11	Lampiran 11 Analisis keragaman (ANOVA) terhadap kemurnian lignin	37
12	Lampiran 12 Analisis keragaman (ANOVA) terhadap pH lignin	38
13	Lampiran 13 Analisis keragaman (ANOVA) terhadap TPC lignin	38
14	Lampiran 14 Analisis keragaman (ANOVA) terhadap berat ekuivalen lignin	38

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

