

LIGNIN BIOMASSA DARI LIMBAH PRODUKSI PULP KAYU AKASIA (*Acacia mangium* Willd.) SEBAGAI PREKURSOR ALTERNATIF SERAT KARBON

LISTYA RIZKI PUTRI



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Lignin Biomassa dari Limbah Produksi Pulp Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd.) sebagai Prekursor Alternatif Serat Karbon” 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, Juli 2024

Listya Rizki Putri
G7401201042



ABSTRAK

LISTYA RIZKI PUTRI. Lignin Biomassa dari Limbah Produksi Pulp Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd.) sebagai Prekursor Alternatif Serat Karbon. Dibimbing oleh YESSIE WIDYA SARI dan ISMAIL BUDIMAN.

Lignin telah dieksplorasi secara luas sebagai bahan prekursor dalam pembuatan serat karbon dengan keberlimpahannya yang diperoleh dari limbah hasil kutan dalam proses produksi pulp dan kertas. Penelitian ini berfokus pada produksi dan karakterisasi serat karbon berbasis lignin biomassa yang berasal dari lindi hitam kayu akasia dan poliakrilonitril (PAN) melalui proses *electrospinning*, stabilisasi, dan karbonisasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimal serat karbon berdasarkan hasil karakterisasi serta mengevaluasi sifat BET (Brunauer-Emmett-Teller) dan sifat elektrokimia dari serat yang dihasilkan. Serat karbon dibuat dengan berbagai rasio lignin dan PAN, kemudian dikarakterisasi menggunakan *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FE SEM) yang disertai dengan EDX, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dengan metode *Attenuated Total Reflectance* (ATR), *X-Ray Diffraction* (XRD), serta menggunakan teknik BET untuk mengukur luas permukaan spesifik dan porositas serat karbon. Selain itu, karakterisasi elektrokimia dilakukan untuk menilai stabilitas dan kapasitas elektrokimia serat karbon. Hasil menunjukkan bahwa komposisi lignin/PAN 25-75 memberikan luas permukaan spesifik tertinggi sebesar 417,003 m²/g dan diameter pori rata-rata 2,547 nm. Komposisi ini menunjukkan performa elektrokimia yang baik, menjadikannya optimal untuk aplikasi dalam superkapasitor dan material lainnya, dengan kandungan karbon mencapai 90%. Hasil FTIR dan XRD menunjukkan serat karbon memiliki struktur seperti grafit turbostratik.

Kata kunci: *electrospinning*, kayu akasia, lignin, poliakrilonitril, serat karbon

ABSTRACT

LISTYA RIZKI PUTRI. Biomass Lignin from Acacia Wood (*Acacia mangium* Willd.) Pulp Production Waste as an Alternative Precursor for Carbon Fibers. Supervised by YESSIE WIDYA SARI and ISMAIL BUDIMAN.

Lignin has been extensively explored as a precursor material in the production of carbon fibers due to its abundance as a byproduct in the pulp and paper production process. This research focuses on the production and characterization of carbon fibers derived from biomass lignin obtained from acacia black liquor and polyacrylonitrile (PAN) through electrospinning, stabilization, and carbonization processes. The aim of this study is to determine the optimal composition of carbon fibers based on characterization results and to evaluate the BET (Brunauer-Emmett-Teller) surface area and electrochemical properties of the resulting fibers. Carbon fibers were produced with various lignin and PAN ratios, then characterized using Field Emission Scanning Electron Microscope (FE SEM) with EDX, Fourier Transform Infrared (FTIR) with Attenuated Total Reflectance (ATR) method, X-Ray Diffraction (XRD), and BET techniques to measure specific surface area and porosity. Additionally, electrochemical characterization was conducted to assess the stability and electrochemical capacity of the carbon fibers. The results show that the lignin/PAN 25-75 composition provides the highest specific surface area of 417.003 m²/g and an average pore diameter of 2.547 nm. This composition demonstrates good electrochemical performance, making it optimal for applications in supercapacitors and other materials, with a carbon content of up to 90%. FTIR and XRD results indicate that the carbon fibers have a turbostratic graphite-like structure.

Keywords: acacia wood, carbon fibers, electrospinning, lignin, polyacrylonitrile



@Hak cipta milik 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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
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.

**LIGNIN BIOMASSA DARI LIMBAH PRODUKSI PULP
KAYU AKASIA (*Acacia mangium* Willd.) SEBAGAI
PREKURSOR ALTERNATIF SERAT KARBON**

LISTYA RIZKI PUTRI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si.
- 2 Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si.

Judul Skripsi : Lignin Biomassa dari Limbah Produksi Pulp Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd.) sebagai Prekursor Alternatif Serat Karbon

Nama : Listya Rizki Putri

NIM : G7401201042

Disetujui oleh

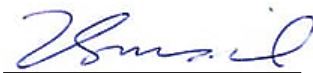
Pembimbing 1:

Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:

Dr. Ismail Budiman, S.Hut., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:

Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada W.P., S.Si., M.Si.

NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian: 12 September 2024

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Skripsi yang ditulis dengan judul “Lignin Biomassa dari Limbah Produksi Pulp Kayu Akasia (*Acacia mangium* Willd.) sebagai Prekursor Alternatif Serat Karbon” merupakan salah satu bukti penulis telah menyelesaikan program Sarjana di Departemen Fisika IPB University. Proses penyusunan skripsi ini tentu tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, kakak dan adik, beserta keluarga besar atas segala dukungan, kasih sayang, dan doa yang tiada henti diberikan kepada penulis.
2. Ibu Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si. dan Bapak Dr. Ismail Budiman, S.Hut., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing, memberi banyak saran dan dukungan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Ibu Dr. Mersi Kurniati, S.Si., M.Si. dan Bapak Drs. Mahfuddin Zuhri, M.Si. selaku dosen penguji skripsi atas pemberian saran dan arahan serta semangat kepada penulis untuk menyempurnakan penyusunan skripsi.
4. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Fisika atas ilmu pengetahuan dan bimbingannya selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
5. Seluruh staf Laboratorium Fisika yang telah memberi izin penelitian, memberi saran, arahan, dan bantuan selama penelitian dan pengumpulan data skripsi.
6. Ibu Resti Marlina, M.Si dari lembaga BRIN yang telah membantu dalam proses penelitian, beserta seluruh civitas dan fasilitas BRIN yang telah memberi dukungan ilmiah dan teknis sehingga penelitian dalam skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Bapak Firman Permana beserta seluruh teknisi dan staf Departemen Fisika yang telah banyak membantu dalam memberi informasi selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
8. Teman-teman dekat penulis selama melakukan studi di Departemen Fisika IPB, Nur'aini, Silvana, Putri, Nazwa, Riana, dan sahabat lainnya yang selalu kebersamaan penulis dari tahun pertama hingga penyelesaian tugas akhir ini dengan penuh suka, tawa, dan cerita.
9. Rekan-rekan Fisika IPB angkatan 57 ‘Rynzanite’ beserta seluruh pihak yang telah tumbuh bersama merangkai kisah dan kasih selama masa perkuliahan hingga selesai.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan mohon maaf atas kekurangan yang terdapat dalam penulisan ini. Semoga skripsi yang ditulis dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Listya Rizki Putri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kayu Akasia	4
2.2 Lignin	6
2.2.1 Isolasi lignin	7
2.3 Serat Karbon	8
2.3.1 Serat Karbon Berbasis Poliakrilonitril (PAN)	9
2.3.2 Serat Karbon Berbasis Lignin	10
2.4 <i>Electrospinning</i>	11
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Kerja	14
3.4 Isolasi Lignin dan Analisis Kimia Lignin	14
3.5 Pemintalan Serat dengan <i>Electrospinning</i>	15
3.6 Stabilisasi dan Karbonisasi	16
3.7 Pengujian dan Karakterisasi	17
3.7.1 Morfologi dan Komposisi melalui FE SEM dan EDX	17
3.7.2 Spektroskopi FTIR	17
3.7.3 Kristalinitas melalui XRD	18
3.7.4 Luas Permukaan Spesifik BET dan Porositas	18
3.7.5 Elektrokimia <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Analisis Proses Pemintalan Serat dengan <i>Electrospinning</i>	20
4.2 Analisis Proses Stabilisasi dan Karbonisasi	21
4.3 Pengaruh Suhu Stabilisasi dan Karbonisasi terhadap Rendemen Serat Karbon	23
4.4 Analisis Morfologi dan Komposisi melalui FE SEM dan EDX	24
4.5 Analisis Spektroskopi FTIR	29
4.6 Analisis Kristalinitas melalui XRD	31
4.7 Analisis Luas Permukaan Spesifik BET dan Porositas	36
4.8 Analisis Elektrokimia <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV)	37
V SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan	40
5.2 Saran	40



DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

41
48
65

@Hak cipta milik 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 TABEL

1	Nilai rata-rata pengujian sifat fisik dan mekanik kayu <i>A. mangium</i>	4
2	Perbandingan komposisi kimia pada beberapa kayu pulp	5
3	Sifat kimia lignin hasil isolasi	8
4	Variasi komposisi prekursor serat karbon	15
5	Rasio massa prekursor serat karbon	20
6	Persentase (%) massa unsur serat prastabilisasi	27
7	Persentase (%) massa unsur serat stabilisasi	28
8	Persentase (%) massa unsur serat karbon	28
9	Derajat kristalinitas serat prastabilisasi	33
10	Derajat kristalinitas serat stabilisasi	34
11	Derajat kristalinitas serat hasil karbonisasi	35
12	Luas permukaan spesifik dan distribusi ukuran pori serat karbon	36

DAFTAR GAMBAR

1	Tiga struktur penting lignin terdiri atas: p-hydroxyphenyl (1), guaiacyl (2), dan syringyl (3)	7
2	Skema <i>electrospinning</i> untuk larutan polimer	12
3	Bahan poliakrilonitril (PAN)	13
4	Diagram alir penelitian	14
5	Lignin <i>A. mangium</i> hasil isolasi	15
6	Ilustrasi proses persiapan larutan polimer	16
7	Sel elektrokimia <i>three-electrode system</i>	19
8	Serat prekursor komposisi: 100 PAN (a), Lignin/PAN 25-75 (b), Lignin/PAN 50-50 (c), dan Lignin/PAN 75-25 (d)	20
9	Serat stabilisasi komposisi: 100 PAN (a), Lignin/PAN 25-75 (b), Lignin/PAN 50-50 (c), dan Lignin/PAN 75-25 (d)	21
10	Serat karbon komposisi: 100 PAN (a), Lignin/PAN 25-75 (b), Lignin/PAN 50-50 (c), dan Lignin/PAN 75-25 (d)	22
11	Pengaruh perlakuan panas terhadap rendemen setiap komposisi serat	23
12	FE SEM serat prastabilisasi dengan komposisi: 100 PAN (a), Lignin/PAN 25-75 (b), Lignin/PAN 50-50 (c), dan Lignin/PAN 75-25 (d) yang dilakukan pada perbesaran 2000x	24
13	FE SEM serat stabilisasi dengan komposisi: 100 PAN (a), Lignin/PAN 25-75 (b), Lignin/PAN 50-50 (c), dan Lignin/PAN 75-25 (d) yang dilakukan pada perbesaran 2000x	25
14	FE SEM serat karbon dengan komposisi: 100 PAN (a), Lignin/PAN 25-75 (b), Lignin/PAN 50-50 (c), dan Lignin/PAN 75-25 (d) yang dilakukan pada perbesaran 2000x	26
15	Pengaruh stabilisasi dan karbonisasi terhadap ukuran diameter rata-rata serat pada berbagai komposisi	27
16	Spektra FTIR serat prastabilisasi	29
17	Spektra FTIR serat stabilisasi	30

18	Spektra FTIR serat karbon	31
19	Pola XRD serat prastabilisasi	32
20	Pola XRD serat stabilisasi	33
21	Pola XRD serat karbon	35
22	Kurva CV serat karbon komposisi %PAN: 100 (a), 75 (b), dan 25 (c)	38

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Hasil analisa <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	49
2	Lampiran 2 Perhitungan rendemen pada setiap perlakuan panas	53
3	Lampiran 3 Hasil karakterisasi <i>Energy Dispersive X-Ray</i> (EDX) serat karbon	54
4	Lampiran 4 Hasil uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) serat karbon	55
5	Lampiran 5 Perhitungan kristalinitas serat karbon	59
6	Lampiran 6 Perhitungan <i>d-spacing</i> dari puncak difraksi serat karbon	61
7	Lampiran 7 Dokumentasi penelitian	62