

PIROLISIS GAMBUT TERDEGRADASI DENGAN VARIASI KEDALAMAN DAN SUHU TERHADAP KARAKTERISASI BIOCHAR DAN KOMPOSISI BIO-OIL

RESI LESTARI



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul *Pirolisis Gambut Terdegradasi dengan Variasi Kedalaman dan Suhu terhadap Karakterisasi Biohar dan Komposisi Bio-oil* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi 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, Juni 2026

Resi Lestari
NIM F1401221083



ABSTRAK

RESI LESTARI. Pirolisis Gambut Terdegradasi dengan Variasi Kedalaman dan Suhu terhadap Karakterisasi *Biohar* dan Komposisi Bio-oil. Dibimbing oleh OBIE FAROBIE.

Lahan gambut merupakan salah satu reservoir karbon terbesar di dunia, namun degradasi akibat drainase dan konversi lahan telah menyebabkan emisi karbon dan hilangnya fungsi ekologisnya. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh kedalaman gambut (0 dan 1 m) dan suhu pirolisis (400, 500, dan 600 °C) terhadap kualitas *biochar* dan komposisi bio-oil dari gambut tidak produktif Kalimantan Selatan. Sampel gambut dikeringkan, diayak hingga lolos 60 *mesh*, kemudian dipirolisis menggunakan reaktor *batch* selama 60 menit di bawah aliran nitrogen. Produk dianalisis menggunakan analisis proksimat, FTIR, SEM, BET, dan GC-MS. Bahan baku gambut dicirikan oleh kadar abu yang sangat tinggi (64,8–66%), yang merupakan indikasi akumulasi mineral anorganik akibat degradasi lanjut. Hasil menunjukkan bahwa suhu pirolisis dan kedalaman gambut berpengaruh nyata terhadap rendemen *biochar* ($p < 0,05$). Peningkatan suhu dari 400 ke 600 °C menurunkan *volatile matter* (7,4–16,4%) dan meningkatkan luas permukaan BET (16,87–30,35 m²/g), sementara *fixed carbon biochar* baru meningkat tajam pada 600 °C (10,4–10,5%) setelah relatif rendah (3,7–6%) pada 400–500 °C. Gambut kedalaman 1 m secara konsisten menghasilkan *biochar* dengan luas permukaan BET lebih tinggi dibandingkan gambut permukaan, yang berkaitan dengan tingkat humifikasi lebih lanjut pada lapisan yang lebih dalam. Analisis FTIR mengkonfirmasi aromatisasi struktur karbon pada suhu tinggi, sementara GC-MS mengidentifikasi fenol sebagai senyawa dominan bio-oil (12–37%) yang bersumber dari dekomposisi lignin. Suhu pirolisis 600 °C dengan gambut kedalaman 1 m menghasilkan *biochar* terbaik untuk aplikasi adsorben, didukung oleh luas permukaan tertinggi (30,35 m²/g) dan struktur yang lebih teraromatisasi. Sementara itu, *biochar* yang diproduksi pada suhu 400 °C dinilai lebih sesuai untuk aplikasi amelioran tanah gambut terdegradasi, karena masih mempertahankan gugus fungsional reaktif yang mendukung kapasitas tukar kation lebih tinggi serta kandungan abu tinggi yang berpotensi memberikan efek *liming* alami untuk meningkatkan pH tanah masam. Tingginya kadar abu (~80%) pada seluruh perlakuan tetap menjadi faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemanfaatannya.

Kata kunci: *biochar* gambut, karakterisasi, pirolisis, suhu pirolisis, variasi kedalaman



ABSTRACT

RESI LESTARI. Pyrolysis of Degraded Peat with Depth and Temperature Variations on *Biochar* Characterization and Bio-oil Composition. Supervised by OBIE FAROBIE.

Peatlands are among the world's largest carbon reservoirs; however, degradation from drainage and land conversion has caused significant carbon emissions and loss of ecological function. This study evaluated the effects of peat depth (0 and 1 m) and pyrolysis temperature (400, 500, and 600 °C) on *biochar* quality and bio-oil composition from non-productive peat of South Kalimantan. The peat samples were dried, sieved to 60 mesh, and pyrolyzed in a *batch* reactor for 60 min under nitrogen flow. The products were characterized using proximate analysis, FTIR spectroscopy, SEM, BET, and GC-MS. The raw peat feedstock was characterized by very high ash content (64.8–66%), indicative of significant inorganic mineral accumulation from advanced degradation. The results showed that both pyrolysis temperature and peat depth significantly affected *biochar* yield ($p < 0.05$). Increasing temperature from 400 to 600 °C reduced *volatile matter* (7.4–16.4%) and increased BET surface area (16.87–30.35 m²/g), whereas *biochar fixed carbon* remained low at 400–500 °C (3.7–6%) and rose sharply only at 600 °C (10.4–10.5%). *Biochar* from 1 m depth consistently exhibited a higher BET surface area than surface samples, attributable to the greater humification of deeper peat layers. FTIR analysis confirmed carbon aromatization at higher temperatures, whereas GC-MS identified phenol as the dominant bio-oil compound (12–37%), derived from lignin decomposition. A pyrolysis temperature of 600 °C combined with 1 m depth peat produced the best *biochar* for adsorbent applications, supported by the highest surface area (30.35 m²/g) and a more aromatized structure. In contrast, *biochar* produced at 400 °C was more suitable for soil amendment of degraded peatlands, as it retained reactive functional groups (C–O–C, C=O) that support higher cation exchange capacity, and its high ash content has the potential to provide a natural *liming* effect to raise the pH of acidic soils. The high ash content (~80%) across all treatments remains a factor to consider in practical utilization.

Keywords: peat *biochar*, pyrolysis, depth variation, temperature effect, characterization



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 2026
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.

PIROLISIS GAMBUT TERDEGRADASI DENGAN VARIASI KEDALAMAN DAN SUHU TERHADAP KARAKTERISASI BIOCHAR DAN KOMPOSISI BIO-OIL

RESI LESTARI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si.
- 2 Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si.



@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.



Judul Skripsi: Pirolisis Gambut Terdegradasi dengan Variasi Kedalaman dan Suhu terhadap Karakterisasi *Biohar* dan Komposisi Bio-oil

Nama : Resi Lestari
NIM : F1401221083

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si.
NIP 198407112020121001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof.Dr.Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr
NIP 196304251989031001

Tanggal Ujian:
29 Juni 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2025 sampai bulan Mei 2026 ini ialah pirolisis gambut terdegradasi, dengan judul Pirolisis Gambut Terdegradasi dengan Variasi Kedalaman dan Suhu terhadap Karakterisasi *Biohar* dan Komposisi Bio-oil. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Skripsi ini tersusun atas bimbingan dan kerja sama dari berbagai pihak selama penulisan, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberikan pengarahan materi maupun rohani kepada penulis.
2. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si. dan Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. selaku dosen penguji serta Kania Amelia Safitri, S.T., M.T. selaku dosen moderator.
3. Bapak Wahria Mulyana dan ibu Rika Hardianti, kakak-adik dan seluruh keluarga tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, doa dan semangat kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Prof. Widya Fatriasari, S.Hut., M.M. selaku researcher di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong yang telah membantu penulis dalam melakukan Penelitian. Staf Laboratorium *Surfactant and Bioenergy Research Center* (SBRC) yang telah membantu dan memberikan kesempatan kepada penulis dalam melakukan penelitian.
5. Penulis mengucapkan terima kasih kepada sahabat Planet Biru: Sena, Rafidah dan Sekar, rekan seperjuangan Bismillah IP 4.0: Rezkiana, Berlian, Karina, Dede, Dinur, Dipa, Rigel & Farsa, serta teman baik penulis Almarhumah Rahma dan Arsanti yang selalu mendukung penulis.
6. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Putri, Yendri, teman seperbimbingan, dan kepada sahabat: Ra'idah, Fitri, Yasyfa, Salwa, dan Zulfa yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
7. Teman-teman penulis lainnya TMB 59 (Vermilion), Warga Tektek, SymphonIAAS, HRDebest30, O'Maggot, Upcycle, Ladusari dan Keluarga besar Asrama Kepemimpinan.
8. Serta semua pihak baik yang langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

Bogor, Juni 2026

Resi Lestari



DAFTAR ISI

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 Tanah Gambut Terdegradasi	3
2.2 Pirolisis	4
2.2.1 Pirolisis Lambat	5
2.2.2 Pengaruh Suhu terhadap Kualitas Produk	5
2.3 Biohar	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Sifat Fisikokimia Biohar	6
2.3.2 Aplikasi Biohar	7
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	9
3.3.1 Persiapan Sampel Penelitian	10
3.3.2 Pemrosesan Pirolisis Gambut dengan Reaktor Tipe Batch	10
3.4 Analisis Data	12
3.4.1 Kadar Air (<i>Moisture Content</i>)	12
3.4.2 Kadar Abu (<i>Ash Content</i>)	12
3.4.3 <i>Volatile matter</i> (Zat Mudah Menguap)	12
3.4.4 <i>Fixed carbon</i> (Karbon Terikat)	13
3.4.5 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	13
3.4.6 <i>Brunauer Emmett Teller</i> (BET)	13
3.4.7 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	14
3.4.8 <i>Gas Chromatography–Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	14
3.5 Pengolahan Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

4.1 Karakteristik Bahan Baku Gambut Terdegradasi	16
4.2 Pengaruh Suhu dan Kedalaman Gambut Terdegradasi terhadap Hasil Pirolisis	18
4.3 Transformasi Karakteristik Proximate Gambut menjadi <i>Biohar</i>	24
4.4 Analisis Gugus Fungsi <i>Biohar</i> dengan FTIR	27
4.5 Analisis Morfologi <i>Biohar</i> dengan SEM	29
4.6 Pengujian Karakteristik Material dengan BET	31
4.7 Potensi Aplikasi <i>Biohar</i> Berdasarkan Karakteristik Fisikokimia	33
4.7.1 Potensi Sebagai Adsorben	33
4.7.2 Potensi Ameliorasi Lahan Gambut Terdegradasi	34
4.8 Komponen Kimia Bio-oil	34
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38

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.	Kondisi eksperimen	14
2.	Matriks metode penelitian	15
3.	Proximate analisis gambut kering oven	16
4.	Perbandingan rendemen pirolisis dengan biomassa lain	
5.	Hasil analisis ragam pengaruh kedalaman dan suhu pirolisis terhadap rendemen produk pirolisis	22
6.	Pengaruh suhu pirolisis terhadap rendemen <i>biochar</i> berdasarkan uji Duncan	23
7.	Transformasi karakteristik gambut menjadi <i>biochar</i>	24
8.	Perbandingan proximate analisis <i>biochar</i> gambut dengan <i>biochar</i> lainnya	26
9.	Interpretasi spektrum FTIR	27
10.	Komponen kimia bio-oil berdasarkan analisis GC-MS	35

DAFTAR GAMBAR

1.	Gambut terdegradasi kedalaman 0 meter (a) & gambut terdegradasi kedalaman 1 meter (b)	4
2.	Diagram alir pengambilan data	9
3.	Skema proses pirolisis (Sumber: (Farobie <i>et al.</i> 2024))	11
4.	Visualisasi <i>Biohar</i> hasil pirolisis gambut kedalaman 0 meter (a), dan gambut kedalaman 1 meter (b)	18
5.	Visualisasi bio-oil hasil pirolisis gambut kedalaman 0 meter (a), dan gambut kedalaman 1 meter (b)	19
6.	Rendemen bio-oil, arang, dan gas hasil pirolisis gambut kedalaman 0 meter (a), dan kedalaman 1 meter (b)	20
7.	Proximate analisis <i>biochar</i> kedalaman 0 meter (a), dan kedalaman 1 meter (b)	24
8.	Spektrum FTIR <i>biochar</i> gambut pada kedalaman 0 m dan 1 m dengan variasi suhu pirolisis 400, 500, dan 600 °C; 0 meter–400 °C (a), 0 meter–500 °C (b), 0 meter–600 °C (c), 1 meter–400 °C (d), 1 meter–500 °C (e), dan 1 meter–600 °C (f).	27
9.	Hasil analisis SEM dari <i>biochar</i> gambut pada kedalaman 0 m dan 1 m dengan variasi suhu pirolisis 400 °C, 500 °C, dan 600 °C: 0 meter–400 °C (a), 0 meter–500 °C (b), 0 meter–600 °C (c), 1 meter–400 °C (d), 1 meter–500 °C (e), dan 1 meter–600 °C (f).	29
10.	Hasil analisis BET dari <i>biochar</i> gambut pada kedalaman 0 m dan 1 m dengan variasi suhu pirolisis 400, 500, dan 600 °C: 0 meter–400 °C (a),	31