

PRODUKSI DAN KARAKTERISTIK HIDROCHAR DARI PROSES KARBONISASI HIDROTHERMAL MAKROALGA *Ulva reticulata* DAN ECENG GONDOK

AKHMAD KHOIRUS SYAHRIE



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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 “Produksi dan Karakteristik hidrochar dari Proses Karbonisasi Hidrotermal Makroalga *Ulva reticulata* dan Eceng Gondok” 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, Agustus 2025

Akhmad Khoirus Syahrie
F1401211053

- 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

AKHMAD KHOIRUS SYAHRIE. Produksi dan Karakteristik Hidrochar dari Proses Karbonisasi Hidrotermal Makroalga *Ulva reticulata* dan Eceng Gondok. Dibimbing oleh OBIE FAROBIE.

Energi adalah salah satu faktor penting dalam mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu (180, 200, dan 220 °C), waktu reaksi (30, 60, dan 90 menit), dan rasio campuran biomassa *Ulva reticulata* dan eceng gondok (100:0, 50:50, dan 0:100) terhadap kualitas hidrochar yang dihasilkan melalui proses karbonisasi hidrotermal, serta mengevaluasi potensi hidrochar dan hidrolisat sebagai bahan adsorben, sumber senyawa bioaktif dan bahan pembenah tanah. Proses dilakukan dengan konsentrasi bahan 5% dan tekanan 5 MPa. Hasil menunjukkan bahwa rasio *Ulva reticulata* (UR) : eceng gondok (EG) 50:50 pada suhu 200 °C selama 60 menit menghasilkan hidrochar dengan luas permukaan dan volume pori tertinggi, masing-masing sebesar 9,5492 m²/g dan 0,3189 cm³/g, menjadikannya potensial untuk aplikasi adsorpsi. Rendemen tertinggi (58,70%) diperoleh dari rasio 0:100 pada suhu 180 °C, yang juga dinilai sebagai perlakuan terbaik berdasarkan metode De Garmo (nilai produk (0,8149)). Penurunan kadar air terendah sebesar 5,16% tercatat pada rasio 50:50 pada suhu 220 °C selama 90 menit. Hasil SEM memperlihatkan degradasi struktur pada *Ulva reticulata* sementara eceng gondok menunjukkan adanya sebagian kestabilan lignoselulosa. Nilai pH fase cair (*liquid phase*) menunjukkan karakter asam akibat dekomposisi senyawa organik, dengan pH terendah sebesar 4,25. Penelitian ini menunjukkan bahwa sifat fisikokimia hidrochar dipengaruhi oleh interaksi yang kompleks antara parameter proses dan komposisi biomassa, serta menunjukkan potensi pemanfaatan hidrochar dalam bidang energi terbarukan maupun pengolahan lingkungan.

Kata kunci: eceng gondok, hidrochar, karakteristik produk, karbonisasi hidrotermal, *Ulva reticulata*

ABSTRACT

AKHMAD KHOIRUS SYAHRIE. Production and Characterization of Hydrochar from the Hydrothermal Carbonization of *Ulva reticulata* Macroalgae and Water Hyacinth. Supervised by OBIE FAROBIE.

Energy is one of the key factors in achieving sustainable development. This study aims to analyze the effect of temperature (180, 200, and 220 °C), reaction time (30, 60, and 90 minutes), and the mixing ratio of *Ulva reticulata* and water hyacinth biomass (100:0, 50:50, and 0:100) on the quality of hydrochar produced through the hydrothermal carbonization process, as well as evaluating the potential of hydrochar and hydrolysate as adsorbent materials, sources of bioactive compounds, and soil conditioners. The process was conducted at a material concentration of 5% and a pressure of 5 MPa. The results showed that the ratio of *Ulva reticulata* (UR) : water hyacinth (EG) 50:50 at 200°C for 60 minutes produced hydrochar with the highest surface area and pore volume, respectively 9.5492 m²/g and 0.3189 cm³/g, making it potential for adsorption applications. The highest yield (58.70%) was obtained from the 0:100 ratio at 180°C, which was also evaluated as the best treatment based on the De Garmo method (product value (0.8149)). The lowest moisture content reduction of 5.1575% was recorded at a ratio of 50:50 at 220°C for 90 minutes. SEM results showed structural degradation in *Ulva reticulata*, while water hyacinth exhibited partial lignocellulose stability. The pH value of the liquid phase indicated an acidic character due to the decomposition of organic compounds, with the lowest pH of 4.25. This study shows that the physicochemical properties of hydrochar are influenced by complex interactions between process parameters and biomass composition, and demonstrates the potential for utilizing hydrochar in the fields of renewable energy and environmental treatment.

Keywords: hydrochar, hydrothermal carbonization, product characteristics, *Ulva reticulata*, water hyacinth



@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 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.

**PRODUKSI DAN KARAKTERISTIK HIDROCHAR DARI
PROSES KARBONISASI HIDROTHERMAL MAKROALGA
Ulva reticulata DAN ECENG GONDOK**

AKHMAD KHOIRUS SYAHRIE

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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. Ir. Edy Hartulistiyoso M.Sc.Agr.

2. Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan M.Agr.

Judul Skripsi : Produksi dan Karakteristik Hidrochar dari Proses Karbonisasi
Hidrotermal Makroalga *Ulva reticulata* dan Eceng Gondok

Nama : Akhmad Khoirus Syahrie
NIM : F1401211053

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Eng Obie Farobie, S.Si., M.Si.
NIP. 198407112020121001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem:
Dr. Ir. Edy Hartulistiyo, M.Sc Agr
NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(13 Agustus 2025)

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai bulan Mei 2025 dengan judul “Produksi dan Karakteristik Hidrochar dari Proses Karbonisasi Hidrotermal Makroalga *Ulva reticulata* dan Eceng Gondok.

Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Dr. Eng Obie Farobie, S.Si., M.Si. Selaku dosen yang telah membimbing dan banyak memberi saran.
2. Kedua orang tua, yaitu bapak Didik Rudianto dan ibu Eni Hariani selaku orang tua dan pahlawan paling berjasa dalam hidup penulis, yang selalu memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang. Serta kakak Muhammad Airlangga dan adik Nazwa Azzahra yang telah memberikan semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
3. Dr.Ir Edy Hartulistiyoso M.Sc.Agr dan Dr.Ir Radite Praeko Agus Setiawan M.Agr. selaku dosen penguji serta Ibu Kania Amelia Safitri S.T.,M.T. selaku dosen moderator pada ujian sidang sarjana penulis yang telah memberikan saran dalam penulisan karya tulis ini.
4. Kepala *Surfactant and Bioenergy Research Center* (SBRC), yaitu Bapak Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr. yang telah memberikan izin penelitian tugas akhir.
5. Ka Anggi dan ka Veni Anggita selaku teknisi lab SBRC yang telah mendampingi proses pengujian dan membantu banyak saat pengambilan data.
6. Rekan-rekan kontrakan Dahlia 3 No 17, Miftah, Bambang, Bagir, Sidik dan ridho yang selalu menjadi tempat cerita selama masa studi.
7. Salma Nur Abidah selaku orang yang memberi semangat dan selalu setia meluangkan waktu selama penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Rekan seperjuangan, Bams, Hady, Fahri, Fadhil, Lowisa dan Izah atas segala dukungan dan bantuan yang diberikan setiap saat penelitian.
9. Teman-teman Departemen Teknik Mesin dan Biosistem angkatan 58 “Resonance” yang selalu menemani, memberikan saran dan motivasi selama 4 tahun masa studi.
10. Serta semua pihak baik langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Akhmad khoirus Syahrrie

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SINGKATAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Ulva reticulata</i>	4
2.2 Eceng Gondok	5
2.3 Karbonisasi Hidrotermal	6
2.4 Hidrochar	7
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur kerja	9
3.4 Anlisis Data	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Proses Karbonisasi Hidrotermal	17
4.2 Pengukuran Nilai pH Cairan	19
4.3 Pengamatan SEM	20
4.4 Pengujian Gugus Fungsi dengan FTIR	22
4.5 Karakterisasi Sifat Material Menggunakan Analisis BET	25
4.6 Pengukuran Kadar Air dan Abu pada Sampel	28
4.7 Penentuan Perhitungan Nilai Produk	30
V SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	37



DAFTAR TABEL

1	Kandungan kimia eceng gondok	5
2	Klasifikasi eceng gondok	5
3	Komposisi biomassa UR:EG untuk konsentrasi bahan baku 5%	11
4	Kondisi eksperimen	11
5	Variasi perlakuan sampel eksperimen	12
6	Matriks metode percobaan	16
7	Hasil analisis BET pada bahan baku dan hidrochar	26
8	Hasil penentuan perlakuan terbaik	31

DAFTAR GAMBAR

1	Skema proses karbonisasi hidrotermal	6
2	Visualisasi hidrochar dari proses karbonisasi hidrotermal bahan baku eceng gondok (kiri) dan <i>Ulva Reticulata</i> (kanan)	7
3	Diagram alir penelitian	9
4	Bagian-bagian reaktor hidrotermal	13
5	Sampel segar sebelum perlakuan hingga menjadi hidrochar hasil proses HTC. (A) <i>Ulva reticulata</i> segar yang sudah melalui pencucian. (B) <i>Ulva reticulata</i> yang sudah melalui pengeringan. (C) <i>Ulva reticulata</i> setelah penggilingan dan penyaringan. (D-F) Hidrochar hasil proses HTC pada suhu 180, 200, dan 220 °C selama 60 menit.	17
6	Sampel sebelum perlakuan hingga menjadi hidrochar hasil proses HTC. (A) Sampel eceng gondok setelah penggilingan dan penyaringan. (B-D) Hidrochar hasil proses HTC pada suhu 180, 200, dan 220 °C selama 60 menit.	17
7	Sampel setelah perlakuan HTC. (A-C) Hidrochar hasil proses HTC pada suhu 180, 200 dan 220 °C selama 60 menit pada rasio <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok 50:50	18
8	Hubungan antara variasi perlakuan suhu, konsentrasi <i>feedstock</i> , dan rasio terhadap rendemen hidrochar	19
9	Korelasi antara suhu dan waktu reaksi serta variasi rasio UR:EG terhadap hasil pH cairan	20
10	Hasil analisis SEM dari hidrochar <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok dengan berbagai rasio dan suhu pada perbesaran 2500x dan 5000x. (A) Bahan baku <i>Ulva reticulata</i> . (B) Bahan baku eceng gondok. (C) 50:50 pada suhu 180 °C. (D) 0:100 pada suhu 200 °C. (E) 50:50 pada suhu 200 °C. (F) 100:0 pada suhu 200 °C. (G) 50:50 pada suhu 220 °C.	22
11	Spektrum FTIR sampel hidrochar dari pemanasan <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok sebelum proses HTC.	23
12	Spektrum FTIR sampel hidrochar dari pemanasan <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok rasio 50:50 dengan suhu 180, 200 dan 220 °C dan waktu 60 menit	24

13	Spektra FTIR sampel hidrochar dari pemanasan <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok dengan variasi rasio dan suhu serta waktu 60 menit	25
14	Hasil analisis BET dari adsorpsi <i>surface</i> (A) Bahan baku <i>Ulva reticulata</i> , (B) Bahan baku eceng gondok, (C) Hidrochar 50:50 pada suhu 180 °C, (D) Hidrochar 0:100 pada suhu 200 °C, (E) Hidrochar 50:50 pada suhu 200 °C, (F) Hidrochar 100:0 pada suhu 200 °C, (G) Hidrochar 50:50 pada suhu 220 °C	28
15	Korelasi kadar air terhadap kenaikan suhu dan waktu pada variasi rasio <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok	29
16	Korelasi kadar abu terhadap kenaikan suhu dan waktu pada variasi rasio <i>Ulva reticulata</i> dan eceng gondok	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data berat sampel sebelum dan sesudah HTC dalam bentuk padat	37
2	Perhitungan rendemen serta pengolahan data untuk menentukan pengaruh variasi rasio, suhu, waktu, dan konsentrasi <i>feedstock</i> terhadap rendemen hidrochar	38
3	Perhitungan uji indeks efektivitas De Garmo	39
4	Perhitungan penetapan kadar air dan kadar abu sampel hidrochar	42
5	Data Hasil pengukuran pH hidrolisat	48
6	Data hasil FTIR pada sampel bahan baku dan hidrochar	49
7	Data hasil BET pada sampel bahan baku dan hidrochar	51
8	Dokumentasi kegiatan selama penelitian	54

DAFTAR SINGKATAN

BET	: <i>Brunauer-Emmett-Teller</i>
CHNSO	: Carbon (C), Hidrogen (H), Nitrogen (N), Sulfur (S), Oxygen (O)
EG	: Eceng gondok
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared</i>
HTC	: <i>Hydrothermal Carbonization</i>
IEA	: International Energy Agency
oop	: <i>Out-of-plane</i>
pH	: <i>Potential of Hydrogen</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
UR	: <i>Ulva reticulata</i>
UV-Vis	: <i>Ultraviolet-Visible Spectroscopy</i>