

PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK CURAH DENGAN KATALIS *Ulva reticulata* DAN SEKAM PADI MENGUNAKAN METANOL SUBKRITIS

LOWISA MEI TANTRI



**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

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 “Produksi Biodiesel dari Minyak Curah dengan Katalis Makroalga *Ulva reticulata* dan Sekam Padi Menggunakan Metanol Subkritis” 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, Juni 2025

Lowisa Mei Tantri
F1401211012



ABSTRAK

LOWISA MEI TANTRI. Produksi Biodiesel dari Minyak Curah dengan Katalis Makroalga *Ulva reticulata* dan Sekam Padi Menggunakan Metanol Subkritis. Dibimbing oleh OBIE FAROBIE.

Energi menjadi salah satu kebutuhan yang tidak dapat lepas dari kehidupan manusia dan menjadi salah satu faktor penting bagi pembangunan berkelanjutan. Peningkatan energi yang terus menerus seiring dengan peningkatan populasi penduduk mengharuskan Indonesia menemukan cadangan migas baru. Sumber energi masih terpaku pada energi tidak terbarukan seperti batu bara, minyak dan gas bumi. Oleh karena itu, dilakukan penggunaan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan seperti biodiesel. Produksi biodiesel dilakukan dengan memanfaatkan senyawa bioaktif yang terkandung di dalam makroalga *Ulva reticulata* dan sekam padi yang diolah menjadi katalis heterogen. Katalis *Ulva reticulata* dan sekam padi dibuat melalui proses kalsinasi dengan suhu 600 °C selama 4 jam, lalu diimpregnasi KOH 11%. Produksi biodiesel dari minyak curah menggunakan katalis 0,5% divariasikan terhadap pengaruh suhu transesterifikasi 160, 180, dan 200 °C dan perbandingan rasio metanol dan minyak 5 : 1, 10 : 1, 15 : 1 dan 20 : 1 dengan waktu transesterifikasi 50 menit. Hasil analisis dari katalis *Ulva reticulata* dan sekam padi seperti *Scanning Electron Microscope* (SEM), *X-ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan *Brunauer-Emmett-Teller* (BET). Berdasarkan uji De Garmo dalam penentuan perlakuan terbaik dilihat dari total nilai produk tertinggi. Berdasarkan uji De Garmo perlakuan terbaik yang diperoleh dari produksi biodiesel dengan katalis *Ulva reticulata* maupun sekam padi adalah dengan variasi suhu transesterifikasi 200 °C dengan perbandingan rasio metanol dan minyak 20 : 1. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dua faktor dan dianalisis menggunakan ANOVA ($\alpha = 0,05$) dan dilakukan uji lanjut Duncan. Penelitian ini dengan menggunakan katalis *Ulva reticulata* diperoleh hasil biodiesel dengan nilai rendemen sebesar 59,65-88,10%, nilai densitas sebesar 0,883-0,897 g/mL, nilai angka asam sebesar 0,512-2,529 mgKOH/g. Pada katalis sekam padi diperoleh hasil biodiesel dengan nilai rendemen sebesar 62,32-87,30%, nilai densitas sebesar 0,875-0,894 g/mL, nilai angka asam sebesar 0,627-2,697 mgKOH/g.

Kata kunci: biodiesel, minyak curah, katalis heterogen, *Ulva reticulata*, sekam padi, metanol subkritis

ABSTRACT

LOWISA MEI TANTRI. Biodiesel Production from Bulk Oil with *Ulva reticulata* Macroalgae and Rice Husk Catalysts Using Subcritical Methanol. Supervised by OBIE FAROBIE.

Energy is one of the needs that cannot be separated from human life and is an important factor for sustainable development. The continuous increase in energy along with the increase in population requires Indonesia to find new oil and gas reserves. Energy sources are still focused on non-renewable energy such as coal, oil and natural gas. Therefore, the use of alternative fuels that are environmentally friendly such as biodiesel is carried out. Biodiesel production is carried out by utilizing bioactive compounds contained in *Ulva reticulata* macroalgae and rice husks which are processed into heterogeneous catalysts. *Ulva reticulata* and rice husk catalysts were made through a calcination process at 600°C for 4 hours, then impregnated with 11% KOH. Biodiesel production from bulk oil using 0.5% catalyst was varied against the effect of transesterification temperature 160, 180, and 200°C and methanol to oil ratio 5 : 1, 10 : 1, 15 : 1 and 20: 1 with transesterification time of 50 minutes. The analysis results of *Ulva reticulata* and rice husk catalysts such as Scanning Electron Microscope (SEM), X-ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and Brunauer-Emmett-Teller (BET). Based on the De Garmo test in determining the best treatment seen from the highest total product value. Based on the De Garmo test, the best treatment obtained from biodiesel production with *Ulva reticulata* and rice husk catalysts is with a transesterification temperature variation of 200°C with a ratio of methanol and oil of 20 : 1 This study used a two-factor complete randomized design and analyzed using ANOVA ($\alpha = 0.05$) and Duncan's further test. This study using *Ulva reticulata* catalyst obtained biodiesel results with a yield value of 59,65-88,10%, density value of 0.883-0.897 g/mL, acid number value of 0,512-2,529 mgKOH/g. On rice husk catalyst, biodiesel was obtained with a yield value of 62,32-87,30%, density value of 0,875-0,894 g/mL, acid number value of 0,627-2,697 mgKOH/g.

Keywords: biodiesel, bulk oil, heterogeneous catalyst, *Ulva reticulata*, rice husks, subcritical methanol

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 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 BIODIESEL DARI MINYAK CURAH DENGAN KATALIS *Ulva reticulata* DAN SEKAM PADI MENGUNAKAN METANOL SUBKRITIS

LOWISA MEI TANTRI

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. Dyah Wulandani, M.Si.

2. Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si.

Judul Skripsi : Produksi Biodiesel dari Minyak Curah dengan Katalis *Ulva reticulata* Dan Sekam Padi Menggunakan Metanol Subkritis

Nama : Lowisa Mei Tantri

NIM : F1401211012

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si.



Diketahui oleh

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



Tanggal Ujian:
30 Juni 2025

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, 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 Tuhan Yang Maha Esa 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 ini ialah pembuatan biodiesel dengan judul “Produksi Biodiesel dari Minyak Curah dengan Katalis *Ulva reticulata* Dan Sekam Padi Menggunakan Metanol Subkritis”. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi bimbingan, saran, masukan dan ilmu pengetahuan kepada penulis.
2. Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si. selaku dosen penguji pertama dan Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. selaku dosen penguji kedua dan Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T. selaku dosen moderator yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Kedua orang tua tercinta, Haposan Ambarita (Alm) dan Lasma Sihalohe. Terima kasih atas doa, cinta, semangat dan pengorbanannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kakak, dan abang saya yaitu Juniarta Helmi Fransiska dan Faber Oktavianus yang telah memberikan doa, dukungan dan kasih sayang selama penelitian hingga penyusunan karya ilmiah terselesaikan.
4. Seluruh staf *Surfactant and Bioenergy Research Center* (SBRC) IPB yang telah membantu banyak saat pengambilan dan pengumpulan data.
5. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Hidayat Faiz Sanjaya yang telah membantu, selalu setia dan meluangkan waktu serta pikiran dalam penelitian ini.
6. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Septi, Hanifah, Ageng, Arwa, Yuri, Ifa, Zahra Maylina, Fadhila, Arik dan Angellina yang telah memberikan dukungan. Terima kasih juga kepada sahabat penulis dari SMA yaitu Jesica, Retno dan Silvia. Dan juga kepada seluruh warga Majalaya.
7. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman TMB Angkatan 58 (Resonance) yang membersamai selama 4 tahun.
8. Serta semua pihak yang baik langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.
9. Terima kasih kepada Warteg Alvin Jaya, Kendedes, Warkop Baraya dan ayam APD yang menjadi tempat makan setia penulis.

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

Bogor, Juni 2025

Lowisa Mei Tantri

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Makroalga	4
2.2 <i>Ulva reticulata</i>	4
2.3 Sekam Padi	5
2.4 Katalis Heterogen	5
2.5 Minyak Curah	6
2.6 Biodiesel	8
2.7 Transesterifikasi	9
2.8 Metanol Subkritis	10
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	11
3.3.1 Persiapan Penelitian	14
3.3.2 Persiapan Katalis Makroalga <i>Ulva reticulata</i> dan Sekam Padi	14
3.3.3 Impregnasi KOH 11%	15
3.3.4 Pengujian Katalis	15
3.3.5 Pembuatan Biodiesel	16
3.3.6 Pengujian Mutu Biodiesel	19
3.4 Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Rendemen Katalis	22
4.2 Karakteristik Minyak Curah	23
4.3 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis SEM	24
4.4 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis XRD	26
4.5 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis FTIR	28
4.6 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis BET	30
4.7 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Perbandingan Rasio Metanol dan Minyak terhadap Rendemen Biodiesel	32
4.8 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Perbandingan Rasio Metanol dan Minyak terhadap Densitas Biodiesel	35
4.9 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Perbandingan Rasio Metanol dan Minyak terhadap Angka Asam Biodiesel	37



4.10 Penentuan Perlakuan Terbaik	39
V SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	48
RIWAYAT HIDUP	76

DAFTAR TABEL

1 Katalis heterogen dari biomassa untuk produksi biodiesel	2
2 Standar mutu minyak goreng	7
3 Komposisi asam lemak minyak curah	7
4 Standar mutu biodiesel	8
5 Matriks metode penelitian	21
6 Data hasil kalsinasi dan impregnasi katalis	22
7 Karakteristik minyak goreng curah	23
8 Hasil uji De Garmo <i>Ulva reticulata</i>	40
9 Hasil uji De Garmo Sekam padi	40

DAFTAR GAMBAR

1 <i>Ulva reticulata</i>	4
2 Sekam padi	5
3 Mekanisme reaksi esterifikasi (Budiastuti <i>et al.</i> 2022)	9
4 Mekanisme reaksi transesterifikasi (Ruhaiya <i>et al.</i> 2020)	9
5 Reaktor dengan metode metanol subkritis (Farobie <i>et al.</i> 2023)	10
6 Flowchart pembuatan katalis makroalga <i>Ulva reticulata</i> dan sekam padi	12
7 Flowchart diagram alir produksi biodiesel	13
8 <i>High pressure reactor</i>	17
9 Sketsa alur kerja <i>high pressure reactor</i>	19
10 Hasil <i>Ulva reticulata</i> setelah dicuci (a), Hasil katalis <i>Ulva reticulata</i> yang sudah kering (b), Hasil serbuk katalis <i>Ulva reticulata</i> yang sudah di saring dengan mesh 60 (c), Hasil katalis <i>Ulva reticulata</i> setelah impregnasi (d)	22
11 Hasil katalis sekam padi yang sudah kering (a), Hasil serbuk katalis sekam padi yang sudah di saring dengan mesh 60 (b), Hasil katalis sekam padi setelah impregnasi (c)	23
12 Hasil analisis SEM perbesaran 250x jenis sampel bahan baku sekam padi (a), bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (b), impregnasi sekam padi (c), dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (d)	24
13 Hasil analisis SEM perbesaran 500x jenis sampel bahan baku sekam padi (a), bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (b), impregnasi sekam padi (c), dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (d)	24

14	Hasil analisis SEM perbesaran 1000x jenis sampel bahan baku sekam padi (a), bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (b), impregnasi sekam padi (c), dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (d)	25
15	Hasil analisis SEM perbesaran 2500x jenis sampel bahan baku sekam padi (a), bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (b), impregnasi sekam padi (c), dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (d)	25
16	Hasil analisis SEM perbesaran 5000x jenis sampel bahan baku sekam padi (a), bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (b), impregnasi sekam padi (c), dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (d)	25
17	Hasil analisis XRD katalis bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (a) dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (b)	26
18	Hasil analisis XRD katalis bahan baku sekam padi dan impregnasi sekam padi	27
19	Hasil analisis FTIR katalis <i>Ulva reticulata</i> dengan jenis sampel bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (a) dan impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (b)	29
20	Hasil analisis FTIR katalis sekam padi dengan jenis sampel bahan baku sekam padi (a) dan impregnasi sekam padi (b)	30
21	Hasil analisis BET pada sampel bahan baku <i>Ulva reticulata</i> (a), sampel impregnasi <i>Ulva reticulata</i> (b), sampel bahan baku sekam padi (c) dan impregnasi sekam padi (d)	31
22	Grafik rendemen biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan perbandingan rasio metanol dan minyak pada katalis <i>Ulva reticulata</i>	32
23	Grafik rendemen biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan perbandingan rasio metanol dan minyak katalis sekam padi	34
24	Grafik densitas biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan perbandingan rasio metanol dan minyak katalis <i>Ulva reticulata</i>	35
25	Grafik densitas biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan perbandingan rasio metanol dan minyak katalis sekam padi	36
26	Grafik angka asam biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan perbandingan rasio metanol dan minyak katalis <i>Ulva reticulata</i>	37
27	Grafik angka asam biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan perbandingan rasio metanol dan minyak katalis sekam padi	38

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data rendemen katalis	49
2	Perhitungan kebutuhan bahan pembuatan biodiesel	50
3	Data kualitas minyak curah	53
4	Data hasil rendemen biodiesel	54
5	Data hasil densitas biodiesel menggunakan <i>density meter</i>	55
6	Data hasil angka asam biodiesel	56
7	Data perbandingan titik puncak 2 θ XRD pada sampel bahan baku dan hasil impregnasi katalis	58
8	Hasil data BRIN dari analisis katalis <i>Ulva reticulata</i> dan sekam padi	60
9	Analisis statistika	62
10	Analisis De Garmo	68
11	Dokumentasi	72