

PRODUKSI BIODIESEL MINYAK JELANTAH TERKATALISIS MAKROALGA *Sargassum* sp. DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METANOL SUBKRITIS

ZAHRA MAYLINA PERMATAPUTRI



**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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Produksi Biodiesel Minyak Jelantah Terkatalisis Makroalga *Sargassum* sp. dan Tandan Kosong Kelapa Sawit 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

Zahra Maylina Permataputri
F1401211099



ABSTRAK

ZAHRA MAYLINA PERMATAPUTRI. Produksi Biodiesel Minyak Jelantah Terkatalisis Makroalga *Sargassum* sp. dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Metanol Subkritis. Dibimbing oleh OBIE FAROBIE.

Ketergantungan dunia terhadap bahan bakar fosil menimbulkan tantangan serius, seperti kelangkaan sumber daya, pencemaran lingkungan, dan peningkatan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, biodiesel sebagai energi terbarukan berbasis biomassa menjadi alternatif yang potensial. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan produksi biodiesel berbahan baku minyak jelantah menggunakan katalis heterogen berbasis *Sargassum* sp. dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), serta membandingkan kinerja kedua katalis tersebut. Metode yang digunakan melibatkan proses transesterifikasi dengan metode metanol subkritis, dengan variasi suhu reaksi (160, 180, dan 200 °C) dan rasio molar metanol:minyak (5:1, 10:1, 15:1, dan 20:1). Pengujian katalis dilakukan untuk mengetahui kualitas katalis yang mencakup analisis FTIR, XRD, SEM, dan BET. Kualitas biodiesel dievaluasi berdasarkan rendemen, densitas, angka asam, dan kadar metil ester, yang kemudian dibandingkan dengan SNI 7182:2015. Hasil pengujian metode De Garmo menunjukkan bahwa kondisi optimal biodiesel berbasis *Sargassum* sp. diperoleh pada kondisi suhu 200 °C dengan rasio molar 5:1. Sementara biodiesel berbasis TKKS menunjukkan performa perlakuan terbaik pada suhu 200 °C dengan rasio molar 15:1. Secara keseluruhan, katalis TKKS menghasilkan rendemen lebih tinggi densitas yang sesuai standar, dan kadar metil ester yang tinggi. Sementara katalis *Sargassum* sp. menunjukkan kandungan angka asam yang lebih rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa TKKS lebih unggul dalam kuantitas dan kestabilan fisik, sedangkan *Sargassum* sp. lebih unggul dalam kualitas kimia biodiesel.

Kata kunci: biodiesel, metanol subkritis, minyak jelantah, *Sargassum* sp., TKKS

ABSTRACT

ZAHRA MAYLINA PERMATAPUTRI. Biodiesel Production from Used Cooking Oil Catalyzed by *Sargassum* sp. Macroalgae and Oil Palm Empty Fruit Bunch Using Subcritical Methanol. Supervised by OBIE FAROBIE.

The world's reliance on fossil fuels has led to various challenges, including resource scarcity, environmental issues, and increased greenhouse gas emissions. Therefore, biodiesel, as a renewable energy derived from biomass, becomes a promising alternative. This study aims to optimize biodiesel production from used cooking oil using heterogeneous catalysts based on *Sargassum* sp. and Empty Fruit Bunches (EFB), as well as to compare the performance of both catalysts. The method employed involves a transesterification process using a subcritical methanol approach, with variations in reaction temperatures (160, 180, and 200 °C) and methanol-to-oil molar ratios (5:1, 10:1, 15:1, and 20:1). Catalyst quality was evaluated through FTIR, XRD, SEM, and BET analyses. Biodiesel quality was assessed based on yield, density, acid number, and methyl ester content, and then compared to the Indonesian National Standard (SNI) 7182:2015. The De Garmo method test results indicated that the optimal condition for biodiesel production using *Sargassum* sp. catalyst was achieved at a temperature of 200 °C with a 5:1 methanol-to-oil molar ratio. Meanwhile, the best performance for biodiesel using EFB catalyst was obtained at a temperature of 200 °C with a 15:1 methanol-to-oil molar ratio. Overall, the EFB catalyst produced a higher yield, density within the standard range, and a high methyl ester content. In contrast, the *Sargassum* sp. catalyst resulted in a lower acid number. These findings indicate that EFB is superior in terms of quantity and physical stability, while *Sargassum* sp. excels in the chemical quality of biodiesel.

Keywords: biodiesel, EFB, methanol subcritical, *Sargassum* sp., used cooking oil



- 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 MINYAK JELANTAH BERBASIS MAKROALGA *Sargassum* sp. DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METANOL SUBKRITIS

ZAHRA MAYLINA PERMATAPUTRI

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. Agus Sutejo, M.Si

Judul Skripsi :Produksi Biodiesel Minyak Jelantah Terkatalisis Makroalga
Sargassum sp. dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan
Metanol Subkritis.

Nama : Zahra Maylina Permataputri
NIM : F1401211099

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

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

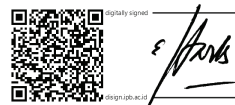


Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem:

Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr.

NIP 196304251989031001



Tanggal Ujian:
23 Juni 2025

Tanggal Lulus:



- 

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 2025 sampai bulan Mei 2025 ini ialah produksi biodiesel dengan judul “Produksi Biodiesel Minyak Jelantah Terkatalisis Makroalga *Sargassum* sp. dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Metanol Subkritis.”. Penulis menyadari bahwa penyusunan karya ilmiah dan penelitian ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Pembimbing, Dr. Eng. Obie Farobie, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, serta motivasi dalam setiap tahapan penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr. selaku dosen penguji pertama dan Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. selaku dosen penguji kedua dan Kania Amelia Safitri, ST,MT. selaku dosen moderator yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Ayahanda Riyadi Purwoko dan Ibunda Agustin Kurniasih, serta kakak Dinda Farradila Jasmine dan adik Salman Satriyo Purwoko, atas segala doa, semangat, dukungan, dan kasih sayang yang diberikan.
4. Segenap staf Laboratorium SBRC yang telah membantu dan memfasilitasi penulis selama proses penelitian dan pengujian di laboratorium.
5. Teman-teman seperjuangan, Fanza, Naila, Zahra, Anggita, Aliyya, Didil, Fayra, Lystia, dan Lowisa, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama penyusunan skripsi ini.
6. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman TMB angkatan 58 yang telah kebersamai dan menjadi bagian penting dalam perjalanan studi selama 4 tahun.
7. Serta seluruh pihak yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan bimbingannya hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

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

Bogor, Juni 2025

Zahra Maylina Permataputri



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Sargassum</i> sp.	3
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	4
2.3 Katalis	4
2.4 Biodiesel	5
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.4 Analisis Data	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Rendemen Katalis	15
4.2 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis SEM	16
4.3 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis XRD	18
4.4 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis FTIR	19
4.5 Karakteristik Katalis berdasarkan Analisis BET	20
4.6 Analisis Karakteristik Minyak Jelantah	22
4.7 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Rasio Molar terhadap Rendemen Biodiesel	22
4.8 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Rasio Molar terhadap Densitas Biodiesel	24
4.9 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Rasio Molar terhadap Angka Asam Biodiesel	25
4.10 Pengaruh Suhu Transesterifikasi dan Rasio Molar terhadap Kadar Metil Ester	27
4.11 Penentuan Perlakuan Terbaik Metode De Garmo	29
V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Simpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	37
RIWAYAT HIDUP	62

DAFTAR TABEL

1	Kandungan nutrisi <i>Sargassum</i> sp.	4
2	Susunan zat penyusun TKKS	4
3	Pengembangan beragam katalis heterogen untuk produksi biodiesel	6
4	Standar mutu biodiesel	8
5	Matriks metode penelitian	13
6	Kondisi eksperimen	14
7	Karakteristik rendemen katalis	15
8	Karakteristik minyak goreng bekas	22
9	Hasil analisis ANOVA rendemen biodiesel	23
10	Hasil analisis ANOVA densitas biodiesel	25
11	Hasil analisis ANOVA angka asam biodiesel	27
12	Hasil analisis ANOVA metil ester biodiesel	29
13	Hasil penentuan perlakuan terbaik katalis <i>Sargassum</i> sp.	30
14	Hasil penentuan perlakuan terbaik katalis TKKS	30

DAFTAR GAMBAR

1	Makroalga <i>Sargassum</i> sp.	3
2	Tandan Kosong Kelapa Sawit	4
3	Reaksi transesterifikasi (Widyastuti dan Dewi 2015)	6
4	Diagram alir penelitian	9
5	Reaktor untuk produksi biodiesel dalam kondisi metanol subkritis (Farobie <i>et al.</i> 2023)	11
6	Sampel <i>Sargassum</i> sp. setelah pencucian (a), sampel <i>Sargassum</i> sp. setelah pengeringan (b), sampel <i>Sargassum</i> sp. setelah dihaluskan (c), sampel <i>Sargassum</i> sp. setelah dikalsinasi suhu 600 °C (d), sampel <i>Sargassum</i> sp. setelah diimpregnasi KOH 11% (e)	15
7	Sampel TKKS setelah pengeringan (a), sampel TKKS setelah dihaluskan (b), sampel TKKS setelah dikalsinasi suhu 600 °C (c), sampel TKKS setelah diimpregnasi KOH 11% (d)	16
8	Hasil analisis SEM perbesaran 250x pada bahan baku makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), bahan baku TKKS (b), impregnasi <i>Sargassum</i> sp. (c), dan impregnasi TKKS (d)	16
9	Hasil analisis SEM perbesaran 500x pada bahan baku makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), bahan baku TKKS (b), impregnasi <i>Sargassum</i> sp. (c), dan impregnasi TKKS (d)	17
10	Hasil analisis SEM perbesaran 1000x pada bahan baku makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), bahan baku TKKS (b), impregnasi <i>Sargassum</i> sp. (c), dan impregnasi TKKS (d)	17
11	Hasil analisis SEM perbesaran 2500x pada bahan baku makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), bahan baku TKKS (b), impregnasi <i>Sargassum</i> sp. (c), dan impregnasi TKKS (d)	17

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



12	Hasil analisis SEM perbesaran 5000x pada bahan baku makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), bahan baku TKKS (b), impregnasi <i>Sargassum</i> sp. (c), dan impregnasi TKKS (d)	17
13	Hasil analisis XRD katalis makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), dan katalis TKKS (b)	18
14	Hasil analisis FTIR katalis makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a), dan katalis TKKS (b)	19
15	Hasil analisis BET bahan baku makroalga <i>Sargassum</i> sp. (a) dan impregnasi <i>Sargassum</i> sp. (b)	20
16	Hasil analisis BET bahan TKKS (a) dan impregnasi TKKS (b)	21
17	Grafik rendemen biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan rasio molar metanol dengan minyak pada katalis <i>Sargassum</i> sp. (a) dan katalis TKKS (b)	23
18	Grafik densitas biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan rasio molar metanol dengan minyak pada katalis <i>Sargassum</i> sp. (a) dan katalis TKKS (b)	24
19	Grafik angka asam biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan rasio molar metanol dengan minyak pada katalis <i>Sargassum</i> sp. (a) dan katalis TKKS (b)	26
20	Kurva kalibrasi standardisasi metil ester	28
21	Grafik yield metil ester biodiesel terhadap suhu transesterifikasi dan rasio molar metanol dengan minyak pada katalis <i>Sargassum</i> sp. (a) dan katalis TKKS (b)	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Penghitungan kebutuhan bahan dalam pembuatan biodiesel	38
2	Data hasil XRD	39
3	Data hasil FTIR	40
4	Data hasil BET	41
5	Data pengujian asam lemak bebas minyak jelantah	42
6	Data rendemen biodiesel	43
7	Data densitas biodiesel menggunakan Densimeter (Anton Paar)	44
8	Data angka asam biodiesel	45
9	Data kadar metil ester	46
10	Perhitungan uji indeks efektivitas De Garmo	48
11	Analisis statistika	52
12	Dokumentasi kegiatan penelitian	60