

**Ekstraksi Lipid Microalga Jenis *Chlorella Vulgaris* Melalui Reaksi Esterifikasi  
Dan Transesterifikasi Dalam Memproduksi Minyak Nabati Sebagai  
Energi Primer Untuk Membangkitkan Energi Listrik**

TESIS

Disusun Oleh:

Jalius Salebbay  
1705190001



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
2019**

**Ekstraksi Lipid Microalga Jenis *Chlorella Vulgaris* Melalui Reaksi Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dalam Memproduksi Minyak Nabati Sebagai Energi Primer Untuk Membangkitkan Energi Listrik**



**Oleh:  
Jalius Salebbay  
1705190001**

**TESIS**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA 2019**

**Ekstraksi Lipid Microalga Jenis *Chlorella Vulgaris* Melalui Reaksi Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dalam Memproduksi Minyak Nabati Sebagai Energi Primer Untuk Membangkitkan Energi Listrik**

**Tesis ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister Teknik Elektro (M.TE)**



**Oleh:  
Jalius Salebbay  
1705190001**


**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
JAKARTA 2019**

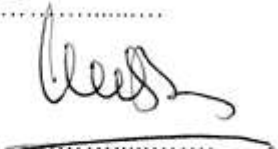


**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

**PERSETUJUAN KOMISI PEMBIMBING**

<b>NAMA</b>	<b>TANGGAL</b>	<b>TANDA TANGAN</b>
-------------	----------------	---------------------

1. Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D. Pembimbing 1	15/02/2019	
---	------------	---

2. Ir. SM Doloksaribu, M.Ing. Pembimbing 2	6 Februari 2019	
---	-----------------	---



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

**PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI**

<b>NAMA</b>	<b>TANGGAL</b>	<b>TANDA TANGAN</b>
1. Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D. Penguji 1	2/02/2019	
2. Ir. SM Doloksaribu, M.Ing. Penguji 2	2 Februari 2019	

---

Tanggal Lulus : 02 Februari 2019  
Nomor Induk Mahasiswa : 1705190001



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO**

Lembar Persetujuan dan Pengarsipan  
Ke Perpustakaan Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Elektro

Dr. Togar Harapan Pangaribuan, M.T.

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jalius Salebbay  
NIM : 1705190001  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : Ekstraksi Lipid Microalga Jenis *Chlorella Vulgaris* Melalui Reaksi Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dalam Memproduksi Minyak Nabati Sebagai Energi Primer Untuk Membangkitkan Energi Listrik.

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta merupakan hasil karya saya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutib dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tesis ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Jakarta, Februari 2019

  
PT TERAI  
TEMPEL  
0276945581170104  
6000  
EWAH BUKU RUPIAH  
Jalius Salebbay

# **Ekstraksi Lipid Microalga Jenis *Chlorella Vulgaris* Melalui Reaksi Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dalam Memproduksi Minyak Nabati Sebagai Energi Primer Untuk Membangkitkan Energi Listrik**

Jalius Salebbay  
Magister Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia.  
[salebbay@gmail.com](mailto:salebbay@gmail.com),

## **Abstrak**

*Biodiesel berbasis mikroalga merupakan sumber energi alternatif yang cukup berpotensi karena sel mikroalga memiliki lipid yang dapat diproses lebih lanjut menjadi bahan bakar biodiesel. Chlorella vulgaris memiliki kadar lipid 14%-22%. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh Lipid mikroalga menggunakan 2 metode. Lipid mikroalga disintesis dengan dua metode yang pertama dilakukan esterifikasi dengan metanol dan katalis asam ( $H_2SO_4$ ) pada suhu  $55^{\circ}C$  selama 1 jam. Kemudian dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan metanol dan katalis basa (KOH) pada suhu  $55^{\circ}C$  selama 1 jam. Metode pertama menghasilkan biodiesel sebesar 76,43%. Metode kedua langsung dilakukan transesterifikasi dengan metanol dan katalis asam pada suhu  $90^{\circ}C$  selama 40 menit, dihasilkan biodiesel sebesar 85,5%. Biodiesel dari kedua metode sintesis tersebut kandungan metil ester palmitat yang paling dominan.*

## **Kata kunci:**

*Chlorella vulgaris* , biodiesel, transesterifikasi.

## **Abstrack**

*Microalgae-based biodiesel is an alternative energy source that is quite potential because microalgae cells have lipids that can be further processed into biodiesel fuel. Chlorella vulgaris has a lipid level of 14% -22%. The purpose of this study to obtain microalgae lipids using 2 methods. Microalgae lipids were synthesized with the first two methods of esterification with methanol and acid catalyst ( $H_2SO_4$ ) at  $55^{\circ}C$  for 1 hour. Then proceed with transesterification with methanol and base catalyst (KOH) at  $55^{\circ}C$  for 1 hour. The first method produces biodiesel at 76.43%. The second method was directly transesterified with methanol and acid catalyst at  $90^{\circ}C$  for 40 minutes, biodiesel produced 85.5%. Biodiesel from the two synthesis methods contains the most dominant methyl esters of palmitate.*

## **Keyword :**

*Chlorella vulgaris*, biodiesel, transesterification.



## **KATA PENGANTAR**

Rasa syukur dan bangga kepada Tuhan Yesus untuk anugerah dan penyertaannya disetiap waktu hingga Tesis ini dapat dikerjakan dan diselesaikan dengan baik. Tesis berjudul “Ekstraksi Lipid Microalga Jenis *Chlorella Vulgaris* Melalui Reaksi Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dalam Memproduksi Minyak Nabati Sebagai Energi Primer Untuk Membangkitkan Energi Listrik”, sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T) pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia. Banyak tantangan yang dihadapi baik dalam persiapan, pelaksanaan, maupun penyusunan Tesis ini, namun berkat kerja keras dan bantuan dari berbagai pihak baik dukungan moral maupun material, hingga penulisan Tesis ini dapat terselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan ide, serta masukan dalam penyusunan Tesis ini hingga selesai.
2. Bapak Ir. SM Doloksaribu, M.Ing., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan ide, serta motivasi dalam proses penyusunan Tesis ini.
3. Bapak Dr. Togar Harapan Pangaribuan, M.T, selaku kaprodi Magister Teknik Elektro sekaligus sebagai dosen yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pemikiran yang membangun, memotivasi memberikan saran dan petunjuk dalam penulisan Tesis ini.
4. Segenap staf dosen MTE-UKI dengan penuh kesabaran telah membimbing, mengajar dan mendidik saya sehingga mampu menyelesaikan masa pendidikan tepat waktu.
5. Kepala LPPM-IPB Bogor yang telah memberikan ijin penelitian serta Bapak Ganjar, M.Sc., selaku Koordinator Laboratorium SBRC sekaligus guru pamong yang telah mendampingi dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. Terkasih Bapak Jairus Salebbay dan Ibu Nuriati Sakerengan, yang tidak hentinya mendoakan dan memberikan dukungan, bangga memiliki orang tua pekerja keras seperti mereka. Demikian pula untuk saudara/i terkasihku Jonaus Salebbay, Nurhayati Salebbay, dan Rusdian Salebbay serta Maria Imakulata kekasih hati yang tak hentinya mendoakan saya dalam proses penyelesaian Tesis ini.
7. Teman-teman seperjuangan MTE-UKI 2017 (Pak Nana, bg Boy, bg Moses, bg Benny, bg Oliver, Pak Futung, bg Teddy, bg Albert dan bro Samuel) yang secara aktif berdiskusi, memberikan masukan serta ide dalam menyelesaikan Tesis ini.
8. Akhirnya kepada semua pihak yang tidak disebutkan satu persatu, terima kasih atas dorongan dan dukungannya.

Saya menyadari bahwa banyak kekurangan dalam penulisan Tesis ini, untuk itu saya mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun bagi perbaikan dan kemajuan penelitian ini ke [salebbay@gmail.com](mailto:salebbay@gmail.com). Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat dan menjadi berkat bagi pembaca.

Jakarta, Februari 2019

Jalius Salebbay

## DAFTAR ISI

## Halaman

Halaman Judul	ii
Persetujuan Komisi Pembimbing	iii
Persetujuan Komisi Penguji	iv
Lembar Persetujuan Dan Pengarsipan	v
Lembar Pernyataan Orisinalitas	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	viii
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Tujuan Penelitian	6
1.3 Rumusan Masalah	6
1.4 Batasan Penelitian	6
1.5 Kontribusi penelitian bagi keilmuan	7

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

2.1 Pengertian Biodiesel	8
2.2 Pengertian Mikroalga	9
2.3 Lipid dan Asam Lemak	13
2.4 Ekstraksi Lipid dengan Soxhlet	15
2.5 Reaksi Sintetis Biodiesel Konvensional	12
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi	18
2.7 State of The Art	20

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi dan tempat Penelitian	21
3.2 Metode Penelitian	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	22
3.4 Bahan Penelitian	24
3.5 Alat Penelitian	24
3.6 Variabel Penelitian	24
3.7 Prosedur Penelitian	25
3.8 Tahap Analisa	29

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Ekstraksi Lipid dengan Metode Soxhlet	30
4.2 Perbandingan Kedua Metode Sintesis Biodiesel dari Lipid Alga <i>Chlorella vulgaris</i>	30
4.3 Proses Pembuatan Biodiesel dari Lipid Alga <i>Chlorella vulgaris</i>	32
4.4 Biodiesel Mikroalga Alternatif Solar Fossil	34
4.5 Konsep Energi Zero Waste dari Mikroalga	35

### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan beberapa sumber minyak nabati berdasarkan luas area	4
Tabel 1.2. Microalga dan kandungan minyak yang dihasilkan	4
Tabel 2.1. Kandungan asam lemak dalam beberapa spesies mikroalga	10
Tabel 3.1. Waktu dan kegiatan penelitian	21
Tabel 4.1. Komponen Asam Lemak pada Lipid Berdasarkan Analisa GC MS	30
Tabel 4.2. Komponen Metil Ester Biodiesel dari Lipid Chlorella vulgaris dengan Kedua Metode	31
Tabel 4.3. Komponen Metil Ester pada Biodiesel Metode Sintesis Kedua Berdasarkan Analisa GC-MS	31
Tabel 4.4. Komponen Metil Ester pada Biodiesel Metode Sintesis Pertama Berdasarkan Analisa GC-MS	33

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pertumbuhan Konsumsi Energi (BP Statistical Review of World Energy Juni, 2017)	1
Gambar 1.2. Perkiraan konsumsi energi dunia (World Oil Outlook 2040, 2017)	2
Gambar 1.3. Konsumsi Energi Dunia, (Annual Energy Outlook, 2017)	2
Gambar 1.4. Emisi CO <sub>2</sub> pada tahun 2004 dan perkiraan di tahun 2030	3
Gambar 1.5. Reaksi kimia trigliseral bereaksi dengan 3 mol alkohol yang menghasilkan gliserol dan metil ester (biodiesel)	5
Gambar 2.1. Penampang mikroalga chlorella	13
Gambar 2.2. Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester	16
Gambar 2.3. Reaksi transesterifikasi dari trigliseria dengan alkohol	17
Gambar 2.4. State of the art sintesis biodiesel dari lipid mikroalga hijau melalui transesterifikasi	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Proses Transesterifikasi	23
Gambar 3.3 Rangkaian alat soxhlet	26
Gambar 3.4. Peralatan untuk proses sintesis biodiesel	27
Gambar 3.5. Rangkaian peralatan proses transesterifikasi lipid alga	28
Gambar 4.1. Esterifikasi Katalis Asam pada Asam Lemak	32
Gambar 4.2. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Basa (Schuchardt et al., 1998)	33
Gambar 4.3. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi dengan Katalis Asam (Schuchardt et al., 1998)	33
Gambar 4.4. Struktur Molekul Metil Palmitat	34