

**ALGAE DALAM SISTEM BIOENERGI SEBAGAI  
SUMBER ENERGI TERBARUKAN UNTUK  
MENDUKUNG ENERGI NASIONAL**

**TESIS**

**Karya Tulis sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Magister Teknik dari  
Universitas Darma Persada**

**Oleh:**

**DEWI PUTRIANI YOGOSARA LODEWIJK**

**NIM : 2022910014**

**(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA  
JAKARTA  
2024**

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

“Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau perguruan tinggi lainnya.”

Jakarta, Agustus 2024

Dewi Putriani Yogosara Lodewijk  
NIM : 2022910014



## ABSTRAK

**DEWI PUTRIANI YOGOSARA LODEWIJK (2022910014).** Tesis dengan judul „*Algae Dalam Sistem Bioenergi Sebagai Sumber Energi Terbarukan untuk Mendukung Energi Nasional*”. Di bawah bimbingan Dr. Ir. M. Syukri Nur, M.Si, Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M. Eng, dan Dr. Andy Tirta, M.Eng

Indonesia, negara kepulauan dengan potensi laut yang melimpah, dihadapkan pada tantangan ketergantungan energi pada bahan bakar fosil dan emisi gas rumah kaca. Tesis ini mengusulkan bioenergi berbasis algae sebagai solusi strategis untuk mencapai kemandirian energi dan kelestarian lingkungan.

Penelitian ini mengkaji potensi dan keunggulan algae sebagai sumber energi terbarukan, termasuk pertumbuhan yang cepat, kemampuan beradaptasi dengan berbagai lingkungan, dan kandungan energi yang tinggi. Analisis mendalam dilakukan untuk memahami tantangan dan hambatan dalam pengembangan bioenergi berbasis algae, seperti biaya produksi yang tinggi, keterbatasan teknologi, dan dampak lingkungan.

Lebih lanjut, tesis ini merumuskan strategi dan solusi komprehensif untuk mengatasi hambatan tersebut, meliputi optimasi teknologi budidaya, pengembangan infrastruktur pengolahan, dan penerapan kebijakan yang mendukung. Model sistem bioenergi berbasis algae yang optimal untuk mendukung energi nasional dikembangkan dengan menggunakan metode QSPM (*Quantitative Strategic Planning Matrix*).

Model ini mengintegrasikan faktor-faktor teknis, ekonomi, lingkungan, dan sosial untuk menentukan strategi yang paling efektif dan berkelanjutan.

Pengembangan bioenergi berbasis algae memiliki potensi signifikan untuk berkontribusi pada ketahanan energi nasional, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan mendorong pertumbuhan ekonomi hijau. Tesis ini memberikan kerangka strategis dan model praktis untuk mengimplementasikan bioenergi berbasis algae di Indonesia, membuka jalan menuju masa depan energi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

**Kata kunci:** *Bioenergi, Algae, Energi Terbarukan, Ketahanan Energi, Kelestarian Lingkungan*

## ABSTRACT

**DEWI PUTRIANI YOGOSARA LODEWIJK (2022910014).** Thesis with tittle „*Algae in the Bioenergy System as a Renewable Energy Source to Support National Energy*”. Under direction of Dr. Ir. M. Syukri Nur, M.Sc, Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M. Eng, and Dr. Andy Tirta, M.Eng.

Indonesia, an archipelago with abundant marine potential, faces the challenge of energy dependence on fossil fuels and greenhouse gas emissions. This thesis proposes algae-based bioenergy as a strategic solution to achieve energy independence and environmental sustainability.

This research examines the potential and advantages of algae as a renewable energy source, including rapid growth, adaptability to diverse environments, and high energy content. An in-depth analysis is conducted to understand the challenges and barriers in developing algae-based bioenergy, such as high production costs, technological limitations, and environmental impacts.

Furthermore, this thesis formulates comprehensive strategies and solutions to overcome these barriers, encompassing optimization of cultivation technology, development of processing infrastructure, and implementation of supportive policies. An optimal algae-based bioenergy system model to support national energy is developed using the Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM) method.

This model integrates technical, economic, environmental, and social factors to determine the most effective and sustainable strategies.

The development of algae-based bioenergy has significant potential to contribute to national energy security, reduce greenhouse gas emissions, and drive green economic growth. This thesis provides a strategic framework and practical model for implementing algae-based bioenergy in Indonesia, paving the way for a sustainable and environmentally friendly energy future.

**Keywords:** *Bioenergy, Algae, Renewable Energy, Energy Security, Environmental Sustainability*

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**Judul Tesis** : "Algae Dalam Sistem Bioenergi Sebagai Sumber Energi Terbarukan untuk Mendukung Energi Nasional"  
**Nama** : Dewi Putriani Yogosara Lodewijk  
**NIM** : 2022910014

**Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji**

Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si.  
(Pembimbing Utama/Penguji)

Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng  
(Pembimbing 2/Penguji)

Dr. Andy Tirta, S.T., M.Eng.  
(Anggota/Penguji)

Dr. Ir. As Natio Lasman  
(Anggota/Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

(Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng.)

Direktur Pascasarjana

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian : 05 Agustus 2024

Tanggal Yudisium : 05 Agustus 2024

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT berkat rahmat serta ridha-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tesis ini dengan baik. Tesis ini merupakan tugas akhir penulis untuk memenuhi persyaratan akhir guna mencapai gelar Magister Teknik. Tidak dapat disangkal bahwa diperlukan usaha yang keras dalam penyelesaian penggerjaan tesis ini, penulis menyadari banyak pihak yang memberikan bantuan dan dukungan selama menyelesaikan studi dan karya ilmiah ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh rasa hormat menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga dan mendoakan semoga Allah SWT memberikan balasan terbaik kepada:

- 1 Drs. Agus Salim Dasuki, M.Eng selaku Rektor Universitas Darma Persada Jakarta
- 2 Dr. Ir. As Natio Lasman selaku Direktur Pascasarjana Universitas Darma Persada Jakarta sekaligus selaku Dosen Pengaji
- 3 Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Universitas Darma Persada Jakarta sekaligus selaku Dosen Pengaji dan Dosen Pembimbing I
- 4 Dr. Ir. M. Syukri Nur, M.Si selaku Dosen Pengaji sekaligus Ketua Dosen Pembimbing
- 5 Dr. Andy Tirta, M.Eng selaku Dosen Pengaji sekaligus Dosen Pembimbing II
- 6 Ir. Erkata Yandri, M.Sc. Rer. Nat selaku Dosen Pengaji
- 7 Segenap dosen di Universitas Darma Persada yang telah memberikan banyak ilmu, nasihat, wawasan, pengalaman dan pandangannya yang bermanfaat kepada penulis selama masa studi.
- 8 Segenap staf di Universitas Darma Persada Jakarta yang telah memberikan pelayanan terbaiknya kepada penulis selama masa studi.
- 9 Orangtua dan keluarga penulis yang berada di Indonesia, Singapura, Jerman, dan Finlandia yang selalu memberikan doa dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

- 10 Rekan-rekan seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan motivasi dan semangat selama masa studi.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tidak ada sesuatu yang sempurna di muka bumi ini, pun dengan karya tulis ilmiah ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan adanya saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak, sehingga ke depannya karya tulis ilmiah ini dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Akhir kata penulis menyampaikan semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan ridha-Nya kepada kita semua, aamiin allohumma aamiin YRA.

Terimakasih.

Jakarta, Agustus 2024

Dewi Putriani Yogosara Lodewijk

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 23 Desember 1982. Sebagai anak kedua dari pasangan Bapak S.B. Djeprianto dan Ibu S. Lestari. Pada tahun 2000 penulis diterima di Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung di jurusan Teknik Elektro dengan konsentrasi Teknik Tenaga Listrik, dan lulus pada tahun 2005. Kemudian di tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan di bidang Keguruan, dan lulus di tahun 2021 dengan gelar Sarjana Pendidikan. Tidak cukup sampai di situ, tahun 2020 penulis mendaftar sebagai mahasiswa pascasarjana di jurusan Manajemen konsentrasi Manajemen Sumber Daya Manusia, dan lulus pada tahun 2022 dengan gelar Magister Manajemen. Pada Tahun 2021 penulis menjadi mahasiswa pada program pascasarjana Pendidikan konsentrasi Ilmu Kependidikan, dan lulus di tahun 2024 dengan gelar Magister Pendidikan. Di tahun 2023 penulis tercatat sebagai mahasiswa pada program Doktoral di Universitas Hindu Indonesia dan di salah satu perguruan tinggi di Paris, Prancis.

Di tahun 2022 penulis mendaftar sebagai mahasiswa pascasarjana di Universitas Darma Persada mengambil jurusan Teknik Energi Terbarukan

Penulis pernah bekerja sebagai Dosen merangkap Ketua Jurusan pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, selain itu penulis juga pernah bekerja sebagai pengajar bahasa Inggris, dan bahasa Jerman.

Tahun 2011 penulis pindah ke Eropa menuju Finlandia, kemudian berpindah ke Austria hingga akhirnya pada tahun 2017 penulis menetap di Jerman, tepatnya di Hamburg. Saat ini penulis bekerja di bidang pedagogi, dan dosen di salah satu Perguruan Tinggi kejuruan di Hamburg, Jerman.

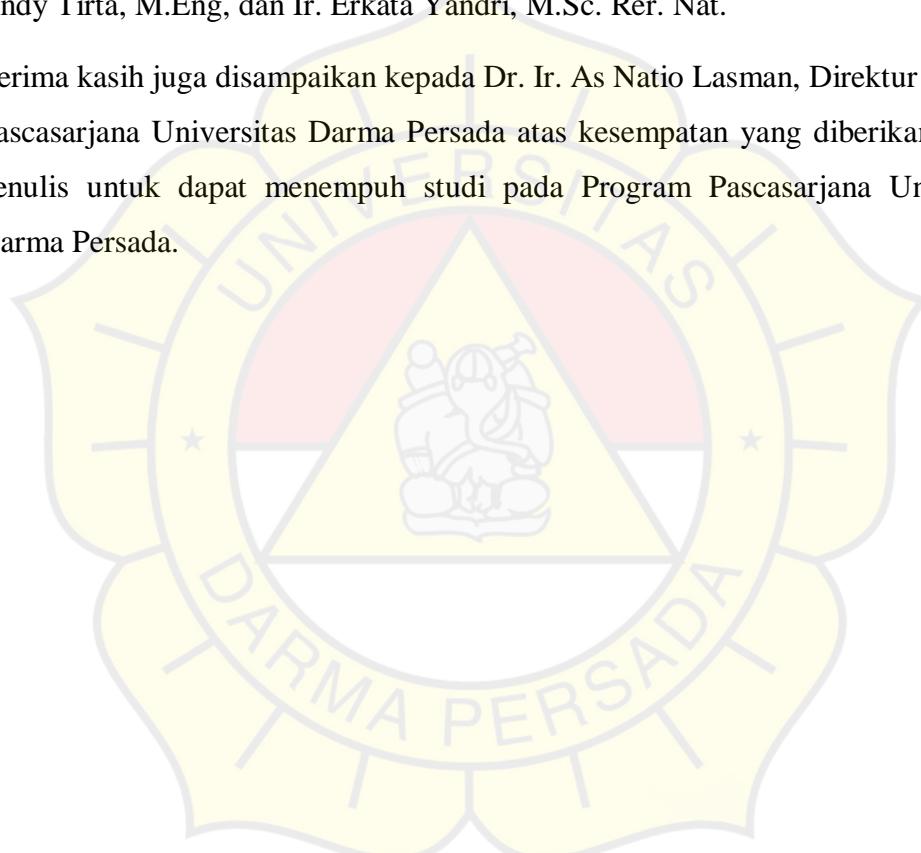
Penulis juga telah menerbitkan beberapa karya berupa artikel, maupun buku yang bertemakan manajemen, pendidikan, serta energi terbarukan. Bahkan buku-buku bertemakan pendidikan karya penulis telah dijadikan koleksi di Perpustakaan Nasional Indonesia (Perpusnas).

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis sangat berterima kasih pada Dr. Ir. M. Syukri Nur, M.Si sebagai ketua Tim Pembimbing, atas segala saran, bimbingan dan nasehatnya selama penelitian berlangsung dan selama penulisan disertasi ini.

Penulis juga berterima kasih atas saran, kritik dan nasihat dari anggota Tim Pembimbing dan Penguji, yaitu Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng, Dr. Andy Tirta, M.Eng, dan Ir. Erkata Yandri, M.Sc. Rer. Nat.

Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. As Natio Lasman, Direktur Program Pascasarjana Universitas Darma Persada atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk dapat menempuh studi pada Program Pascasarjana Universitas Darma Persada.



## **DAFTAR ISI**

**ABSTRAKii**

**ABSTRACTiii**

**PERNYATAAN KEASLIANiv**

**LEMBAR PERSETUJUAN TESIS** Error! Bookmark not defined.

**KATA PENGANTARvi**

**RIWAYAT HIDUPviii**

**UCAPAN TERIMA KASIHix**

**DAFTAR ISIx**

**DAFTAR TABELxii**

**DAFTAR GAMBARxiii**

**DAFTAR LAMPIRANxiv**

**BAB 1 PENDAHULUAN1**

1.1 Latar Belakang1

    1.1.1 Perkembangan Energi Nasional5

    1.1.2 Peran Bioenergi dalam Konteks Energi Nasional8

1.2 Permasalahan Penelitian12

    1.2.1 Urgensi Pengembangan Bioenergi13

    1.2.2 Algae sebagai Sumber Bioenergi19

1.3 Tujuan Penelitian23

1.4 Manfaat Penelitian25

    1.4.1 Manfaat Teoretis25

    1.4.2 Manfaat Praktis26

1.5 Ruang Lingkup Penelitian27

1.6 Kerangka Penelitian28

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA30**

2.1 Bioenergi30

2.1.1 Definisi dan Konsep Dasar Bioenergi32

2.1.2 Jenis-jenis Bioenergi35

2.2 Algae sebagai Sumber Bioenergi46

2.2.1 Karakteristik Algae48

2.2.2 Potensi Algae dalam Bioenergi52

2.3 Kajian Terkait54

2.3.1 Penelitian Terdahulu tentang Algae sebagai Bioenergi54

2.3.2 Implementasi Algae dalam Sistem Energi Nasional di Negara Lain56

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN60**

3.1 Lokasi Riset60

3.2 Bahan dan Peralatan61

3.2.1 Bahan dan Sumber Data Penelitian61

3.2.2 Peralatan Pendukung Penelitian63

3.3 Alur Penelitian63

3.4 Metode Pengumpulan Data64

3.5 Instrumen Pengumpulan Data64

3.6 Metode Analisis Data65

3.7 Prosedur Penelitian67

3.8 Metode Perhitungan dan Analisis Data68

3.8.1 Tahap Perencanaan Strategi69

### 3.8.2 Analisis Matriks IFE dan EFE70

### 3.8.3 Matriks Internal – Eksternal (*IE Matrix*)71

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN73

### 4.1 Hasil Penelitian73

#### 4.1.1 Aspek Konseptual74

#### 4.1.2 Aspek Strategis82

#### 4.1.3 SWOT Analysis95

#### 4.1.4 Quantitative Strategic Planning Matrix97

#### 4.1.5 Olah Data105

### 4.2 Analisa Data124

### 4.3 Model Sistem Bioenergi Berbasis Algae yang Optimal untuk Mendukung Energi Nasional128

### 4.4 Strategi dan Solusi untuk Pengembangan Bioenergi Berbasis Algae yang Efektif dan Efisien di Indonesia134

## BAB 5 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI143

### 5.1 Kesimpulan143

### 5.2 Infrastruktur Pendukung145

### 5.2 Rekomendasi146

## DAFTAR PUSTAKA149

LAMPIRANError! Bookmark not defined.

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jenis Biomassa dan Potensi Energi yang Dihasilkan16

Tabel 3.1 Kerangka Formulasi Strategi (165)69

Tabel 4.1 Negara Importir algae di Dunia tahun 2019 – 202191

Tabel 4.2 SWOT Analysis *Qualitative Table*97

Tabel 4.3 Hasil Rekapitulasi Data105

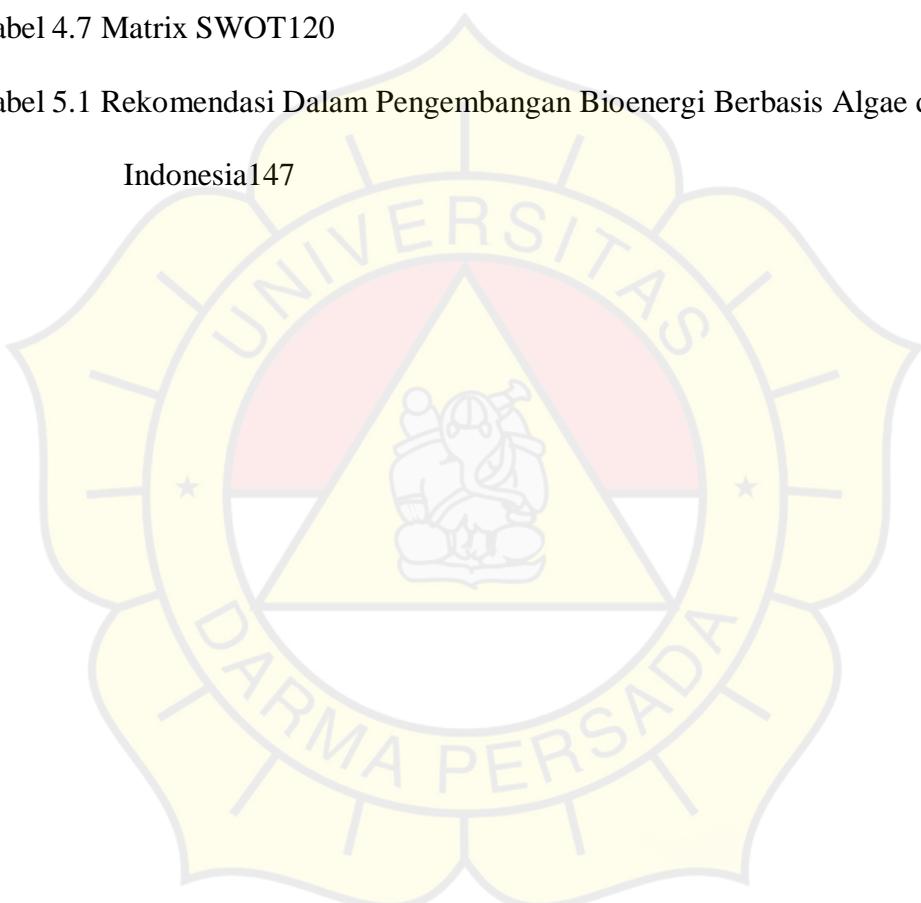
Tabel 4.4 Hasil Pembobotan dan Peniliaian Matriks IFE (Kuesioner 1-20)108

Tabel 4.5 Hasil Pembobotan dan Peniliaian Matriks EFE (Kuesioner 41-60)110

Tabel 4.6 *Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM)*115

Tabel 4.7 Matrix SWOT120

Tabel 5.1 Rekomendasi Dalam Pengembangan Bioenergi Berbasis Algae di Indonesia147



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pengelolaan Energi Nasional (Sumber: Kementerian ESDM)5

Gambar 1.2 Bauran Energi Nasional (Sumber: Dewan Energi Nasional)8

- Gambar 1.3 Sumber Biomassa (Source: Bioenergy Consult)10
- Gambar 1.4 Potensi Biomassa di Indonesia (Sumber: (61)15
- Gambar 2.1 Skema Proses Produksi Bioetanol (107)36
- Gambar 2.2 Skema Proses Produksi Biodiesel (61)38
- Gambar 2.3 Skema Produksi Biogas dari Proses Pengolaha Limbah Cair Domestik40
- Gambar 2.4 Beragam Jenis Pellet Biomass42
- Gambar 2.5 Skema Proses Produksi Biohidrogen (Sumber: Bio Wasserstoff Fabrik)44
- Gambar 2.6 Klasifikasi Algae52
- Gambar 2.7 Gedung Pertama di Dunia dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan dari Algae sebagai Sumber Pasokan Energi59
- Gambar 3.1 Alur Penelitian64
- Gambar 3.2 Metode Miles and Huberman (161)67
- Gambar 3.3 Internal – External Matrix (IE Matrix)72
- Gambar 4.1 Kerangka Konseptual77
- Gambar 4.2 Jumlah RTU yang Membudidayakan algae (Sumber: BPS, 2019)89
- Gambar 4.3 Negara Tujuan Ekspor Algae Indonesia Tahun 2020 (182)89
- Gambar 4.4 Negara Tujuan Ekspor Algae Indonesia Tahun 2021 (182)90
- Gambar 4.5 Kuadran Tipe Strategi SWOT Analysis114
- Gambar 4.7 IFE & EFE Matrix Quadrant (274)119

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Formulir Bimbingan Tesis178
- Lampiran 2. Google Form Kuesioner180