

**ANALISIS POTENSI *OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION*  
(*OTEC*) *CLOSED-CYCLE* DI PERAIRAN UTARA LEMBATA,  
NUSA TENGGARA TIMUR**

---

**SKRIPSI**

---

**GISELA MALYA ASOKA ANINDITA  
26050119130137**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2022**

**ANALISIS POTENSI *OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION*  
(*OTEC*) *CLOSED-CYCLE* DI PERAIRAN UTARA LEMBATA,  
NUSA TENGGARA TIMUR**

**Oleh:**

**GISELA MALYA ASOKA ANINDITA  
26050119130137**

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Derajat Sarjana S1 pada Departemen Oseanografi  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Diponegoro

**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Potensi *Ocean Thermal Energy Conversion*  
(OTEC) *Closed-Cycle* di Perairan Utara Lembata,  
Nusa Tenggara Timur

Nama Mahasiswa : Gisela Malya Asoka Anindita

Nomor Induk Mahasiswa : 26050119130137

Departemen : Oseanografi

Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Denny Sugianto, S.T., M.Si.  
NIP. 19740810 200112 1 001

Pembimbing Anggota



Yani Permanawati, S.T., M.Si.  
NIP. 19780510 200811 2 001

Dekan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Diponegoro



Prof. Ir. H. Winarni Agustini, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19650821 199001 2 001

Ketua

Program Studi Oseanografi  
Departemen Oseanografi



Dr. Kunarso, S.T., M.Si.  
NIP. 19690525 199603 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Potensi *Ocean Thermal Energy Conversion*  
(OTEC) *Closed-Cycle* di Perairan Utara Lembata,  
Nusa Tenggara Timur

Nama Mahasiswa : Gisela Malya Asoka Anindita

Nomor Induk Mahasiswa : 26050119130137

Departemen : Oseanografi

Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Mengesahkan:

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Denny Sugianto, S.T., M.Si.  
NIP. 19740810 200112 1 001

Pembimbing Anggota



Yani Permanawati, S.T., M.Si.  
NIP. 19780510 200811 2 001

Penguji Utama



Dr. Kunarso, S.T., M.Si.  
NIP. 19690525 199603 1 002

Penguji Anggota



Dr. Aris Ismanto S.Si., M.Si.  
NIP. 19820418 200801 1 010

## **PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Saya Gisela Malya Asoka Anindita, dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah/skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata sasu (S1) dari Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam karya ilmiah ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan maupun yang tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari karya ilmiah ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Semarang, 29 November 2022

Penulis



Gisela Malya Asoka Anindita

NIM. 26050119130137

## ABSTRAK

**Gisela Malya Asoka Anindita. 26050119130137.** Analisis Potensi *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Closed-Cycle* di Perairan Utara Lembata, Nusa Tenggara Timur. **(Denny Nugroho Sugianto dan Yani Permanawati)**

*Ocean thermal energy conversion (OTEC)* merupakan salah satu energi terbarukan yang memanfaatkan perbedaan temperatur antara permukaan laut dan dalam laut dengan minimal 20°C. Perairan Lembata dekat dengan garis ekuator dengan panas matahari sepanjang tahun sehingga temperatur permukaan air laut cenderung hangat dan stabil. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi Perairan Utara Lembata untuk instalasi OTEC *closed-cycle* dengan simulasi kapasitas 5 MW. Data temperatur *marine Copernicus* sebanyak 6 stasiun dalam jangka waktu 9 tahun (2012-2020) diverifikasi dengan data temperatur CTD yang diambil oleh Tim OTEC Lembata P3GL. Perhitungan potensi daya yang dihasilkan menggunakan konsep teoritis milik Nihous (2007). Hasil verifikasi metode MSE (*Mean Square Error*), RMSE (*Root Mean Square Error*), dan MAPE (*Mean Absolute Presentage Error*) dinilai dapat merepresentasikan kondisi temperatur lapangan. Hasil pengolahan data menunjukkan tiap titik stasiun di Perairan Utara Lembata memiliki nilai temperatur cenderung konstan dengan perbedaan temperatur air laut hangat dan dingin ( $\Delta T$ ) berkisar 20,97-23,44°C. Nilai efisiensi yang mampu dihasilkan yaitu 27,28-30,92% dengan daya bersih berkisar antara 4,84 MW-8,32 MW. Perairan Lembata memiliki kondisi dasar yang sesuai untuk instalasi OTEC dengan nilai kecepatan angin maksimal 5,69 m/s, tinggi gelombang maksimal 5,02 m, dan kecepatan arus maksimal 0,36 m/s dari tahun 2012-2020. Berdasarkan tinjauan aspek kondisi dasar perairan, besar daya bersih, kedalaman pengambilan air laut dingin, dan jarak stasiun dengan garis pantai, Titik C-4 yang terletak di Kecamatan Omesuri merupakan titik terbaik untuk instalasi OTEC di Perairan Utara Lembata. Stasiun dengan kedalaman 763 m tersebut memiliki perbedaan temperatur 21,20- 23,47°C dengan potensi daya bersih berkisar 5,84-7,55 MW dan jarak dari garis pantai sejauh 1,86 km.

**Kata Kunci:** Energi Terbarukan, Temperatur air laut, OTEC, Lembata,

## **ABSTRACT**

**Gisela Malya Asoka Anindita. 26050119130137.** *Analysis of the Potential for Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Closed-Cycle in the North Waters of Lembata, East Nusa Tenggara. (Denny Nugroho Sugianto and Yani Permanawati)*

*Ocean thermal energy conversion (OTEC) is a renewable energy that utilizes the difference in temperature between the sea surface and the sea depth with a minimum of 20°C. Lembata waters are close to the equator with hot sun all year round so that the sea surface temperature tends to be warm and stable. This research was conducted to determine the potential of North Lembata Waters for closed-cycle OTEC installation with a simulated capacity of 5 MW. Copernicus sea temperature data for 6 stations over a period of 9 years (2012-2020) batch with CTD temperature data taken by the Lembata P3GL OTEC Team. The calculation of the generated power potential uses the theoretical concept of Nihous (2007). The verification results of the MSE (Mean Square Error), RMSE (Root Mean Square Error), and MAPE (Mean Absolute Percentage Error) methods are considered to represent field temperature conditions. The results of data processing show that each station point in North Lembata Waters has a temperature value that tends to be constant with differences in warm and cold sea water temperatures ( $\Delta T$ ) ranging from 20.97 to 23.44°C. The efficiency value that can be produced is 27.28-30.92% with net power ranging from 4.84 MW-8.32 MW. Lembata waters have basic conditions suitable for OTEC installation with a maximum wind speed of 5.69 m/s, a maximum wave height of 5.02 m, and a maximum current speed of 0.36 m/s from 2012-2020. Based on the review aspects of the bottom condition of the waters, the net power, the depth of cold sea water intake, and the distance from the station to the shoreline, Point C-4 which is located in Omesuri District is the best point for OTEC installation in North Lembata Waters. The station with a depth of 763 m has a temperature difference of 21.20-23.47°C with a net power potential of around 5.84-7.55 MW and a distance of 1.86 km from the coastline.*

**Keywords:** *Renewable Energy, Seawater temperature, OTEC, Lembata*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena limpahan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Potensi *Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Closed-Cycle* di Perairan Utara Lembata, Nusa Tenggara Timur.” dengan baik. Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. **Prof. Dr. Denny Sugianto, S.T., M.Si.** dan **Yani Permanawati, S.T., M.Si.** selaku pembimbing yang telah memberikan arahan dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini,
2. **Dr. Ir. Dwi Haryo Ismunarti M.Si.** selaku dosen wali,
3. **Bapak, Ibu, saudara,** dan **teman-teman** yang telah mendukung, mendoakan, dan memberikan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan,
4. **Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Laut** selaku penyedia data pada proses penyusunan skripsi ini,
5. **Tim OTEC Lembata Kelompok Pelaksana Litbang Energi Kelautan dan Kewilayahan Tahun 2017 instansi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL)** selaku tim survei dari data skripsi ini,

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka terhadap saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain.

Semarang, 30 November 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pendekatan dan Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Temperatur Air Laut.....	6
2.2 <i>Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC)</i> .....	8
2.3 Sistem Power OTEC.....	9
2.3.1 Siklus Terbuka .....	9
2.3.2 Siklus Tertutup .....	11
2.3.3 Siklus <i>Hybrid</i> .....	12
2.3.4 Siklus Kalina .....	12
2.4 Dampak OTEC Terhadap Lingkungan.....	13
2.5 Efisiensi dan Besar Daya OTEC .....	14
2.6 Penelitian OTEC Terdahulu .....	16
2.6.1 Penelitian OTEC di Indonesia.....	16
2.6.2 Penelitian OTEC di Perairan Lembata.....	18
2.7 Kondisi Perairan Pulau Lembata .....	19
<b>III. MATERI DAN METODE</b> .....	20
3.1 Lokasi Penelitian .....	20
3.2 Materi Penelitian .....	22
3.3 Alat dan Bahan .....	23
3.4 Metode Penelitian .....	24
3.5 Metode Penentuan Lokasi .....	25
3.6 Metode Pengambilan Data .....	25
3.6.1 Pengunduhan Data Temperatur Model .....	25
3.6.2 Pengambilan Data Temperatur Lapangan.....	26
3.6.3 Pengambilan Data Sekunder .....	26
3.7 Metode Pengolahan dan Analisis Data .....	27

3.7.1	Verifikasi Data Temperatur.....	27
3.7.1	<i>Ocean Data View (ODV)</i> .....	28
3.7.2	Profil Temperatur secara Vertikal dan Penentuan Batasan Lapisan Termoklin .....	29
3.7.3	Perhitungan Variabilitas Temperatur dalam Pengambilan Air OTEC .....	29
3.7.4	Perhitungan Efisiensi dan Besar Daya .....	30
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
4.1	Hasil.....	32
4.1.1	Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> .....	32
4.1.2	Verifikasi Data Temperatur.....	33
4.1.3	Analisis Temperatur Air Laut .....	35
4.1.4	Efisiensi Carnot dan Potensi Daya OTEC .....	47
4.1.5	Stasiun Ideal Instalasi OTEC .....	51
4.2	Pembahasan.....	58
4.2.1	Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> .....	58
4.2.2	Verifikasi Data Temperatur.....	59
4.2.3	Analisis Temperatur Air Laut .....	61
4.2.4	Efisiensi Carnot dan Potensi Daya OTEC .....	67
4.2.5	Stasiun Ideal Instalasi OTEC .....	69
<b>V. PENUTUP .....</b>		<b>73</b>
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran .....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>81</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>		<b>90</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b>	Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian .....	23
<b>Tabel 2.</b>	Range Nilai MAPE (Lewis,1982) .....	28
<b>Tabel 3.</b>	Titik Koordinat Stasiun Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> .....	32
<b>Tabel 4.</b>	Titik Koordinat Stasiun Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> dan CTD .....	34
<b>Tabel 5.</b>	Nilai Verifikasi Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> dan Lapangan .....	34
<b>Tabel 6.</b>	Gradien Temperatur Lapisan Termoklin Rerata Musiman 2013- 2020 .....	42
<b>Tabel 7.</b>	Nilai Temperatur air laut hangat dan air laut dingin di tiap titik stasiun.....	44
<b>Tabel 8.</b>	Variabilitas $Tws$ , $Tcs$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan Tahun 2012-2020 Tiap Stasiun.....	47
<b>Tabel 9.</b>	Perhitungan Efisiensi Carnot dan Potensi Daya OTEC Bulanan 2012-2020 .....	48
<b>Tabel 10.</b>	Perhitungan Daya Bersih OTEC Musiman 2012-2020 di Tiap Stasiun .....	50
<b>Tabel 11.</b>	Data Angin dan Gelombang Tahunan di Perairan Utara Lembata .....	52
<b>Tabel 12.</b>	Data Arus Permukaan di Tiap Titik Stasiun .....	53
<b>Tabel 13.</b>	Data Stasiun Potensi Instalasi OTEC .....	55
<b>Tabel 14.</b>	Jarak titik stasiun dengan Lokasi Daratan Terdekat .....	56

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b>	Profil Temperatur Secara Vertikal .....	6
<b>Gambar 2.</b>	OTEC Siklus Terbuka .....	10
<b>Gambar 3.</b>	OTEC Siklus Tertutup.....	11
<b>Gambar 4.</b>	OTEC Siklus <i>Hybrid</i> .....	12
<b>Gambar 5.</b>	OTEC Siklus Kalina.....	13
<b>Gambar 6.</b>	Peta Lokasi Penelitian Wilayah Perairan Lembata .....	21
<b>Gambar 7.</b>	Diagram Alir Penelitian .....	31
<b>Gambar 8.</b>	Distribusi Temperatur <i>CMEMS</i> secara Vertikal di Titik Lokasi Potensial .....	33
<b>Gambar 9.</b>	Distribusi Temperatur <i>CMEMS</i> secara Horizontal .....	33
<b>Gambar 10.</b>	Korelasi Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> dan CTD .....	35
<b>Gambar 11.</b>	Perbandingan Data Temperatur <i>Marine Copernicus</i> dan CTD.....	35
<b>Gambar 12.</b>	Grafik Temperatur Terhadap Kedalaman Rerata Musiman di Stasiun C-1 .....	36
<b>Gambar 13.</b>	Grafik Temperatur Terhadap Kedalaman Rerata Musiman di Stasiun C-2 .....	37
<b>Gambar 14.</b>	Grafik Temperatur Terhadap Kedalaman Rerata Musiman di Stasiun C-3 .....	38
<b>Gambar 15.</b>	Grafik Temperatur Terhadap Kedalaman Rerata Musiman di Stasiun C-4 .....	39
<b>Gambar 16.</b>	Grafik Temperatur Terhadap Kedalaman Rerata Musiman di Stasiun C-5 .....	40
<b>Gambar 17.</b>	Grafik Temperatur Terhadap Kedalaman Rerata Musiman di Stasiun C-6 .....	41
<b>Gambar 18.</b>	Zona Distribusi Temperatur dan Batas Termoklin.....	43
<b>Gambar 19.</b>	Grafik $T_{ws}$ , $T_{cs}$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan (2012-2020) C-1 .....	44
<b>Gambar 20.</b>	Grafik $T_{ws}$ , $T_{cs}$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan (2012-2020) C-2.....	45
<b>Gambar 21.</b>	Grafik $T_{ws}$ , $T_{cs}$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan (2012-2020) C-3.....	45
<b>Gambar 22.</b>	Grafik $T_{ws}$ , $T_{cs}$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan (2012-2020) C-4.....	46
<b>Gambar 23.</b>	Grafik $T_{ws}$ , $T_{cs}$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan (2012-2020) C-5.....	46
<b>Gambar 24.</b>	Grafik $T_{ws}$ , $T_{cs}$ , dan $\Delta T$ Rerata Bulanan (2012-2020) C-6.....	47
<b>Gambar 25.</b>	Efisiensi OTEC Rerata Bulanan Tahun 2012-2020 Tiap Stasiun .	49
<b>Gambar 26.</b>	Potensi Daya Bersih OTEC Rerata Bulanan Tahun 2012-2020 Tiap Stasiun.....	49
<b>Gambar 27.</b>	Potensi Daya Bersih OTEC Rerata Musiman 2012-2020 Tiap Stasiun .....	50
<b>Gambar 28.</b>	Potensi Daya Bersih OTEC Rerata Tahunan 2012-2020 Tiap Stasiun .....	50
<b>Gambar 29.</b>	Peta Batimetri Perairan Lembata .....	51
<b>Gambar 30.</b>	Kecepatan Angin Permukaan tahun 2012-2020 di Perairan Utara Lembata.....	52
<b>Gambar 31.</b>	Tinggi Gelombang Maksimal di Perairan Utara Lembata .....	53

<b>Gambar 32.</b>	Kecepatan Arus permukaan di Tiap Stasiun tahun 2012-2020 .....	54
<b>Gambar 33.</b>	Jarak titik Lokasi dengan Garis Pantai .....	56
<b>Gambar 34.</b>	Sketsa kondisi stasiun C-4 untuk instalasi OTEC.....	57