

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
MIKROHIDRO MEMANFAATKAN AIR BUANGAN  
KONDENSOR PLTU TIMOR 1**

**TESIS**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari  
Universitas Darma Persada**

**Oleh**

**CLIZARDO ROBERTO DAS NEVES REIS AMARAL**

**NIM : 2023910014**

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



**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DARMA PERSADA  
JAKARTA**

**2025**

## **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"

Kupang, Juni 2025



Clizardo Amaral

NIM : 2023910014

## ABSTRAK

**Clizardo Amaral (2023910014).** PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MEMANFAATKAN AIR BUANGAN KONDENSOR PLTU TIMOR 1 dibawah bimbingan: **Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng., Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., dan Dr. Muswar Muslim, M.Sc.**

Pembangkit listrik tenaga uap merupakan salah satu kontributor utama dalam pembangkitan listrik; namun, pembangkit ini menghadapi tantangan besar terkait efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan akibat tingginya konsumsi batubara. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi inovatif guna mengurangi emisi dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Salah satu strategi yang menjanjikan adalah pemanfaatan kembali air pendingin kondensor untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik tenaga air sebelum dibuang ke laut. Dengan memanfaatkan tinggi jatuh (head) dan laju aliran yang tersedia, energi kinetik dari aliran limbah ini dapat dikonversi menjadi listrik tambahan.

Penelitian ini menerapkan pendekatan rekayasa proses untuk mengintegrasikan sistem pembangkit listrik tenaga air ke dalam pembangkit listrik tenaga uap yang sudah ada, mencakup analisis teknis, evaluasi efisiensi energi, serta kajian ekonomi dan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan daya antara 14,2 hingga 49,5 kW, tergantung pada kondisi operasi dan ketersediaan air. Listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan internal pembangkit, seperti pompa pendingin dan penerangan, sehingga mengurangi ketergantungan pada pembakaran batubara. Strategi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi dan menurunkan biaya operasional, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan dan mendukung keberlanjutan jangka panjang operasional pembangkit listrik tenaga uap.

Kata kunci: Efisiensi PLTU, Pemanfaatan kembali air pendingin, Pembangkit listrik tenaga air, Konservasi energi, Keberlanjutan lingkungan.

## ABSTRACT

**Clizardo Amaral (2023910014).** PLANNING OF A MICRO HYDROPOWER PLANT UTILIZING CONDENSER WASTEWATER FROM TIMOR 1 STEAM POWER PLANT under the supervision of : **Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng., Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., dan Dr. Muswar Muslim, M.Sc.**

Steam power plants are major contributors to electricity generation; however, they face substantial challenges in energy efficiency and environmental sustainability due to high coal consumption. To address these issues, innovative solutions are needed to reduce emissions and enhance overall system performance. One promising strategy involves reutilizing condenser cooling water to drive a hydropower turbine before its discharge into the sea. By leveraging the available head and flow rate, the kinetic energy in this waste stream can be converted into additional electricity.

This study applies a process engineering approach to integrate a hydropower generation system into an existing steam power plant, encompassing technical analysis, energy efficiency evaluation, and economic as well as environmental assessments. The results indicate that the system can produce between 14.2 and 49.5 kW of power, depending on operating conditions and water availability. The generated electricity can be used to supply internal power plant demands—such as cooling pumps and lighting—thereby reducing reliance on coal combustion. This approach not only enhances energy efficiency and lowers operational costs but also contributes to environmental protection and supports the long-term sustainability of steam power plant operations.

**Keywords:** Steam power plant efficiency, Cooling water reutilization, Hydropower generation, Energy conservation, Environmental sustainability

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

**Judul Tesis** : Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Memanfaatkan Air Buangan Kondensor PLTU Timor 1

**Nama** : Clizardo Roberto Das Neves Reis Amaral

**NIM** : 2023910014

### Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

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

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

Dr. Andy Tirta, M.Sc  
(Ketua Penguji)

(Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rar.net  
(Anggota/Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

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

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian :

Tanggal Yudisium :

## KATA PENGANTAR

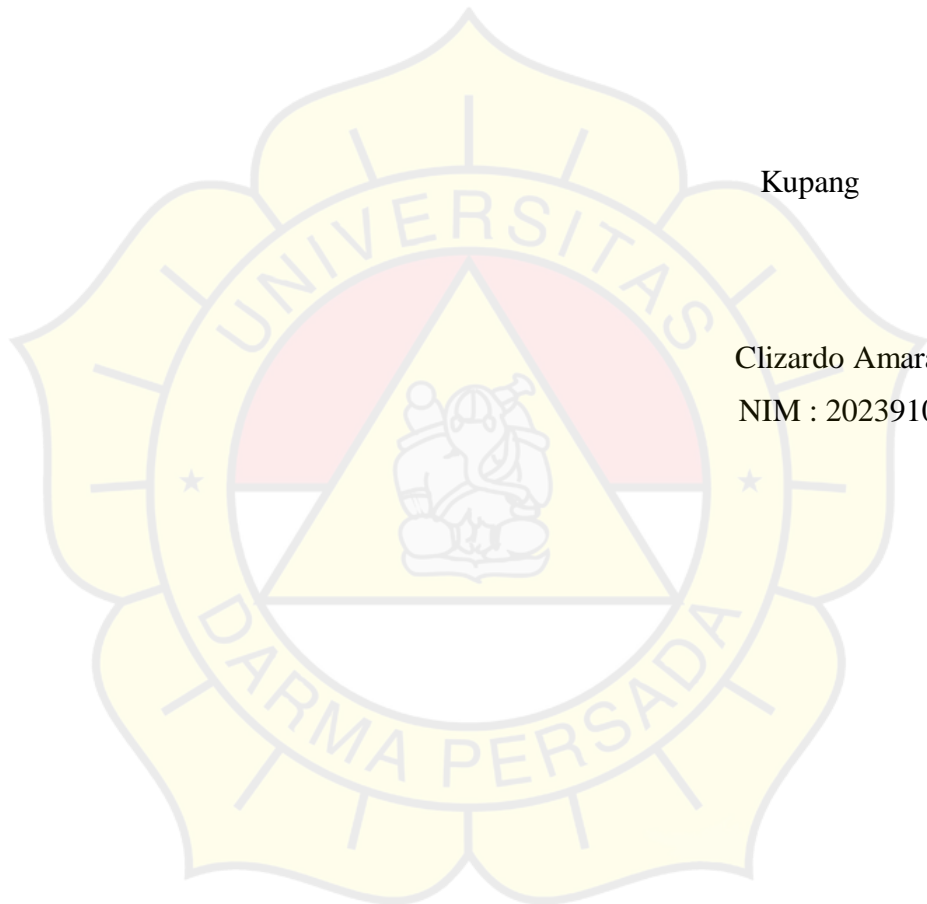
Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga tesis ini yang berjudul " Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Memanfaatkan Air Buangan Kondensor PLTU Timor 1 " dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada.

Penyusunan tesis ini merupakan hasil dari bimbingan akademik, dukungan institusional, serta motivasi dari berbagai pihak, yang dengan ini penulis sampaikan terimakasih dan apresiasi kepada:

1. Bapak Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng, selaku ketua komisi pembimbing, atas arahan ilmiah, evaluasi yang mendalam, dan komitmen dalam mendampingi proses penelitian ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, M.Si, selaku anggota komisi pembimbing, atas arahan ilmiah, evaluasi yang mendalam, komitmen dalam memberikan panduan metodologi dan penulisan penelitian, penulisan karya ilmiah paper, serta motivasi yang tinggi dalam bimbingan penulisan tesis.
3. Bapak Dr. Muswar Muslim, M.Sc, selaku anggota komisi pembimbing, atas arahan ilmiah, evaluasi yang mendalam, dan komitmen praktik penulisan karya ilmiah paper, chapter book, penerbitan karya tulisan pada jurnal dengan reputasi internasional.
4. Bapak Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada, atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan.
5. Bapak Dr. Ir. As Natio Lasman, selaku Direktur Program Studi Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada, atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan
6. Keluarga tercinta, atas doa, motivasi, serta dukungan moral dan materi yang berkelanjutan.

7. Rekan-rekan mahasiswa Angkatan 2023 Ganjil Program Studi Teknik Energi Terbarukan, atas kolaborasi ilmiah dan pertukaran ide yang konstruktif selama masa studi.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan karya ini di masa depan. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pengetahuan dan penerapan teknologi energi terbarukan di sektor pembangkit listrik.



Kupang

Clizardo Amaral

NIM : 2023910014

## **RIWAYAT HIDUP**

Clizardo Roberto Das Neves Reis Amaral lahir di Dili pada tanggal 26 Februari 1997. Ia memulai pendidikan tinggi pada tahun 2015 di Universitas Nusa Cendana, Kupang, dan berhasil menyelesaikan studinya pada tahun 2020 di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik. Selama masa kuliahnya, ia aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan pengembangan diri di bidang keteknikan, khususnya yang berkaitan dengan sistem tenaga listrik.

Setelah lulus, Clizardo memulai karier profesionalnya di PT Dempo Sumber Energy sebagai Shift Leader, di mana ia bertanggung jawab atas pengawasan operasional pembangkit listrik tenaga air. Saat ini, ia bekerja di PT Medco Power Energy Service (MPES) sebagai Unit Supervisor, dengan tanggung jawab utama dalam mengelola operasional unit serta memastikan efisiensi dan keandalan sistem tenaga di PLTU Timor 1. Pengalaman kerja di industri energi ini memperkuat kompetensinya dalam bidang pembangkitan dan distribusi tenaga listrik.

Tahun 2023 penulis menempuh pendidikan pascasarjana di Universitas Darma Persada dengan Jurusan Teknik Energi Terbarukan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif membuat buku dan publikasi ilmiah. Berikut beberapa hasil penulisan yang terbit selama menjadi mahasiswa pascasarjana:

Sebagai Penulis Utama (Jurnal)

- Utilization Strategy of Discharged Seawater from Power Plant Cooling System to Reduce Energy Consumption: A Process Engineering Approach. <https://doi.org/10.60084/hjas.v3i2.309>

Sebagai Penulis Pendamping (Jurnal)

- Integrated Risk Management for Energy Efficiency: A Case Study of Batam's Manufacturing Sector. <https://doi.org/10.61975/gjset.v3i2.87>
- Sustainable Energy Integration in Geothermal Exploration: Conceptual Design and Innovation. <https://doi.org/10.60084/ljes.v3i1.282>
- Developing a Smart Implementation Framework for Blockchain-Based P2P Renewable Energy Trading in Indonesia: A Qualitative Analysis Approach. <https://doi.org/10.60084/hjas.v3i1.273>

Buku

- **Integrasi Teknologi dan Manajemen untuk Efisiensi Energi Baru Terbarukan**. ISBN 978-623-297-670-2

Demikian riwayat hidup singkat penulis, yang memuat perjalanan pendidikan dan profesional serta beberapa karya tulis yang sudah dipublikasikan.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul "**Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Memanfaatkan Air Buangan Kondensor PLTU Timor 1**". Tugas akhir ini merupakan bagian penting dalam menyelesaikan studi di Program Pascasarjana Universitas Darma Persada.

Penulis menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan luar biasa selama proses penyusunan tesis ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Dr. Aep Saepul Uyun, S.Tp., M.Eng., Dr. Muhammad Syukri Nur, M.Si., dan Dr. Muswar Muslim, M.Sc.** atas bimbingan ilmiah, masukan yang berharga, serta kesabaran dalam membimbing penulis hingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada **Universitas Darma Persada** yang telah memberikan fasilitas, kesempatan, dan lingkungan akademik yang mendukung selama masa perkuliahan. Kepada teman-teman seperjuangan di angkatan 2023, terima kasih atas semangat kebersamaan, diskusi yang membangun, dan dukungan moril yang sangat berarti dalam setiap proses yang dilewati.

Akhirnya, penulis berharap semoga karya ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia. Penulis juga menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tesis ini dan dengan rendah hati menerima segala saran serta kritik yang membangun untuk penyempurnaan di masa mendatang.

# DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	x
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	2
1.1 Latar Belakang.....	2
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Kerangka Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap .....	7
2.2 Kondensor .....	9
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	10
2.4 Potensi Air.....	12
2.5 Bagian – bagian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro .....	13

2.5.1	Kolam Penampung (Head Tank) .....	13
2.5.2	Pipa Pesat (Penstock).....	14
2.5.3	Gedung Pembangkit (Power House) .....	16
2.5.4	Turbin.....	17
2.5.5	Transmitter .....	20
2.5.6	Generator.....	21
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>24</b>
3.1	Prosedur Penelitian .....	24
3.2	Jadwal Penelitian .....	24
3.3	Proses Perancangan PLTMH.....	25
3.3.1	Studi Literatur.....	25
3.3.2	Survey dan Pengumpulan Data. ....	25
3.3.3	Analisa Kapasitas Daya. ....	25
3.3.4	Perancangan PLTMH. ....	25
<b>BAB 4 HASIL .....</b>		<b>26</b>
4.1	lokasi PLTMH .....	26
4.2	Analisis debit air dan .....	27
4.3	Analisa Tinggi Jatuh Air (Head) .....	33
4.4	Perancangan Penstock.....	34
4.5	Pemilihan Turbin dan generator .....	36
4.6	Keuntungan perencanaan PLTMH .....	38
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>40</b>
5.1	Kesimpulan.....	40
5.2	Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

<i>Gambar 1. kerangka kerja penelitian</i> .....	4
<i>Gambar 2. Siklus Kerja PLTU Timor 1</i> .....	8
<i>Gambar 3. Kondensor</i> .....	9
<i>Gambar 4. Skema PLTMH</i> .....	11
<i>Gambar 5. kolam penampung (head tank)</i> .....	14
<i>Gambar 6. Pipa Pesat (Penstock)</i> .....	16
<i>Gambar 7. lokasi perencanaan PLTMH Google</i> .....	26
<i>Gambar 8. lokasi perencanaan PLTMH</i> .....	27
<i>Gambar 9. Strategi Pemulihan Air Limbah</i> .....	28
<i>Gambar 10. Rata-rata aliran keluar kondensor Unit 1 dan unit 2 pada (a) Januari 2025 (b) Februari 2025 (c) Maret 2025</i> .....	31
<i>Gambar 11. Perbandingan (a) Rata - rata total aliran tahun 2025 (b) Daya yang dihasilkan tahun 2025</i> .....	32
<i>Gambar 12. head pond</i> .....	34
<i>Gambar 13. Pipa Penstock Spiral Welded Steel Pipe Turbine</i> .....	35
<i>Gambar 14. Generator Turbin Kaplan Vertikal Mikro 50 KW</i> .....	36

## DAFTAR TABEL

<i>Tabel 1. Klasifikasi PLTA</i> .....	12
<i>Tabel 2. Rata-rata aliran keluar kondensor dan daya yang dihasilkan pada tahun 2025</i> .....	30
<i>Tabel 3. Biaya energi yang dihemat berdasarkan kWh</i> .....	38



