

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID TENAGA SURYA
DAN THERMOELECTRIC GENERATOR PADA ANJUNGAN MINYAK
DAN GAS LEPAS PANTAI**

TESIS

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

Oleh

ERIK HILMI

NIM : 2023910021

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA**

2025

**RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID TENAGA SURYA
DAN THERMOELECTRIC GENERATOR PADA ANJUNGAN MINYAK DAN
GAS LEPAS PANTAI**

Oleh

ERIK HILMI

2023910021

**Proposal Tesis yang diajukan kepada Sekolah Pascasarjana
Universitas Darma Persada
sebagai pelengkap persyaratan untuk
Gelar Magister
Ilmu Teknik Energi Terbarukan**

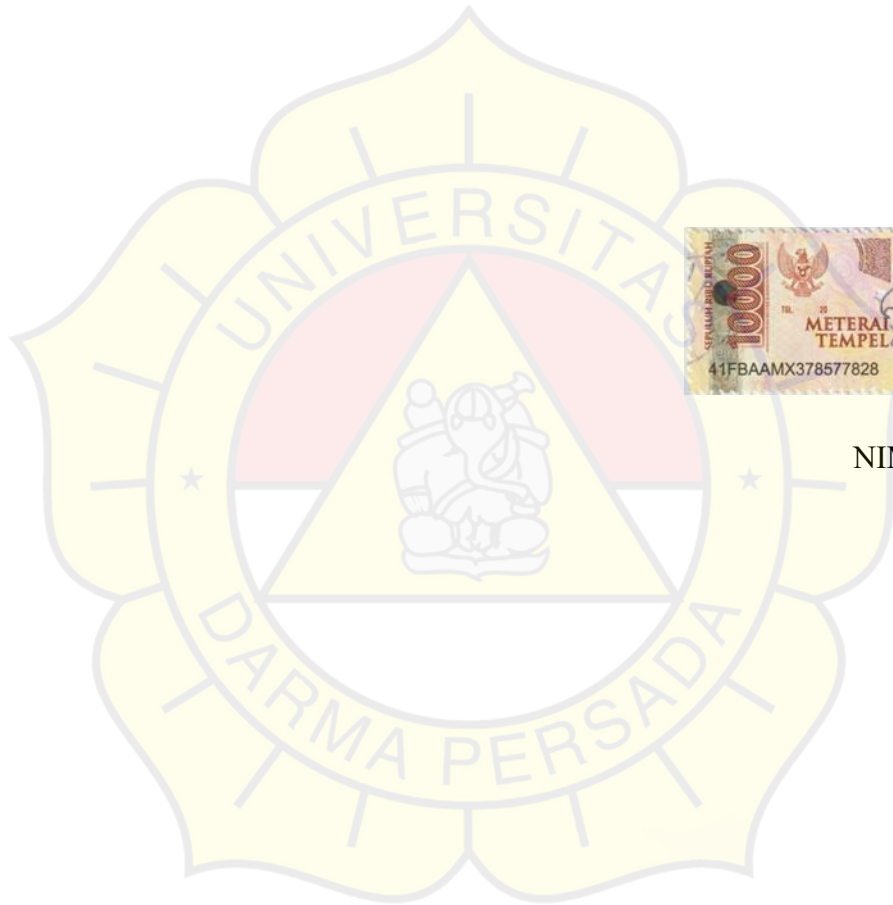
Jakarta, 2025

PEMBIMBING

- 1. Dr. Andy Tirta S.T, M. Eng.**
- 2. Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.TP.M. Eng**
- 3. Ir. Erkata Yandri M.Sc.rer.nat**

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, 2025



Erik Hilmi

NIM: 2023910021

ABSTRAK

Erik Hilmi (2023910021). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID TENAGA SURYA DAN THERMOELECTRIC GENERATOR PADA ANJUNGAN MINYAK DAN GAS LEPAS PANTAI dibawah bimbingan: **Dr. Andy Tirta S.T, M. Eng., Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.TP.M.Eng, dan Ir. Erkata Yandri M.Sc.rer.nat.**

Tingginya permintaan akan operasi minyak dan gas lepas pantai yang berkelanjutan mendorong eksplorasi sistem energi hybrid yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Sistem konvensional berbasis bahan bakar fosil berkontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca, sehingga diperlukan solusi inovatif yang tidak hanya mampu mengatasi tantangan lingkungan, tetapi juga tetap menjaga efektivitas operasional. Studi ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem energi Hybrid yang menggabungkan teknologi generator termoelektrik (TEG) dan panel fotovoltaik (PV), dengan tujuan utama meningkatkan efisiensi energi, mengurangi emisi karbon, dan meningkatkan keberlanjutan operasi minyak dan gas lepas pantai. Pendekatan komprehensif diterapkan, mengintegrasikan perhitungan manual dan simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst untuk menganalisis kinerja sistem Hybrid TEG + PV. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem Hybrid TEG + PV secara signifikan meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi karbon dibandingkan dengan sistem berbasis bahan bakar fosil konvensional. TEG secara efektif memanfaatkan panas dari pembakaran gas alam, sementara panel PV menangkap energi matahari, menciptakan efek sinergis yang menghasilkan kinerja keseluruhan yang lebih baik dan dampak lingkungan yang lebih rendah. Kemampuan sistem untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan juga membantu memenuhi persyaratan regulasi untuk pengurangan emisi di sektor minyak dan gas. Sebagai kesimpulan, integrasi teknologi TEG dan PV dalam sistem energi Hybrid menghadirkan solusi yang menjanjikan untuk produksi energi yang berkelanjutan dalam operasi minyak dan gas lepas pantai. Sistem ini menawarkan cara praktis untuk memenuhi target pengurangan emisi sambil mempertahankan efisiensi operasional yang tinggi, membuka jalan bagi praktik yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan dalam industri ini

ABSTRACT

Erik Hilmi (2023910021). DESIGN AND DEVELOPMENT OF A HYBRID SOLAR AND THERMOELECTRIC GENERATOR POWER PLANT FOR OFFSHORE OIL AND GAS PLATFORMS Under Guidance of:

Dr. Andy Tirta S.T, M. Eng, Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.TP.M.Eng, and Ir. Erkata Yandri, M.Sc.rer.nat

The increasing demand for sustainable offshore oil and gas operations has driven the exploration of efficient and environmentally friendly hybrid energy systems. Conventional fossil fuel-based systems significantly contribute to greenhouse gas emissions, creating a need for innovative solutions that can address environmental challenges while maintaining operational effectiveness. This study aims to design and evaluate a hybrid energy system that combines thermoelectric generator (TEG) technology and photovoltaic (PV) panels, with the primary goal of enhancing energy efficiency, reducing carbon emissions, and improving the sustainability of offshore oil and gas operations. A comprehensive approach is applied, integrating manual calculations and simulations using PVsyst software to analyze the performance of the TEG + PV hybrid system. The research findings indicate that the TEG + PV hybrid system significantly increases energy efficiency and reduces carbon emissions compared to conventional fossil fuel-based systems. TEG effectively utilizes heat from natural gas combustion, while PV panels capture solar energy, creating a synergistic effect that results in better overall performance and a lower environmental impact. The system's ability to harness renewable energy sources also helps meet regulatory requirements for emission reductions in the oil and gas sector. In conclusion, integrating TEG and PV technologies in a hybrid energy system presents a promising solution for sustainable energy production in offshore oil and gas operations. This system offers a practical way to meet emission reduction targets while maintaining high operational efficiency, paving the way for more environmentally responsible practices in the industry.

LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Judul Tesis : Rancang Bangun Pembangkit listrik Hybrid
Tenaga Surya dan Thermoelectric Generator
pada Anjungan Minyak dan Gas Lepas Pantai.
Nama : Erik Hilmi
NIM : 2023910021

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

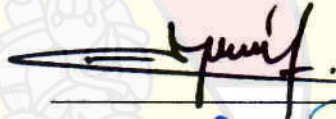
Dr. Andy Tirta S.T., M.Sc.
(Pembimbing Utama/Penguji)



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



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



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



Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana



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

(Dr.Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian : _____

Tanggal Yudisium : _____

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tesis dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Thermoelectric Generator pada Anjungan Minyak dan Gas Lepas Pantai” ini dapat diselesaikan.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dalam bidang keahlian Teknik Energi Terbarukan pada program studi Sekolah Pascasarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada (UNSADA). Hasil dari riset ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi industri minyak dan gas, khususnya pada platform offshore, dalam upaya meningkatkan efisiensi energi melalui penerapan sistem pembangkit listrik hybrid yang menggabungkan teknologi tenaga surya dan Thermoelectric Generator (TEG).

Konversi Energi Sinar Surya merupakan salah satu mata kuliah yang diajarkan di Sekolah Pascasarjana Energi Terbarukan Universitas Darma Persada (UNSADA). Dalam berbagai penelitiannya, Sekolah Pascasarjana Energi Terbarukan (UNSADA) belum ada yang secara spesifik membahas tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang di-hybrid dengan Thermoelectric Generator, yang merupakan teknologi pembangkit listrik yang umum digunakan pada industri minyak dan gas lepas pantai. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk mengambil penelitian ini sebagai upaya untuk mengisi kekosongan tersebut.

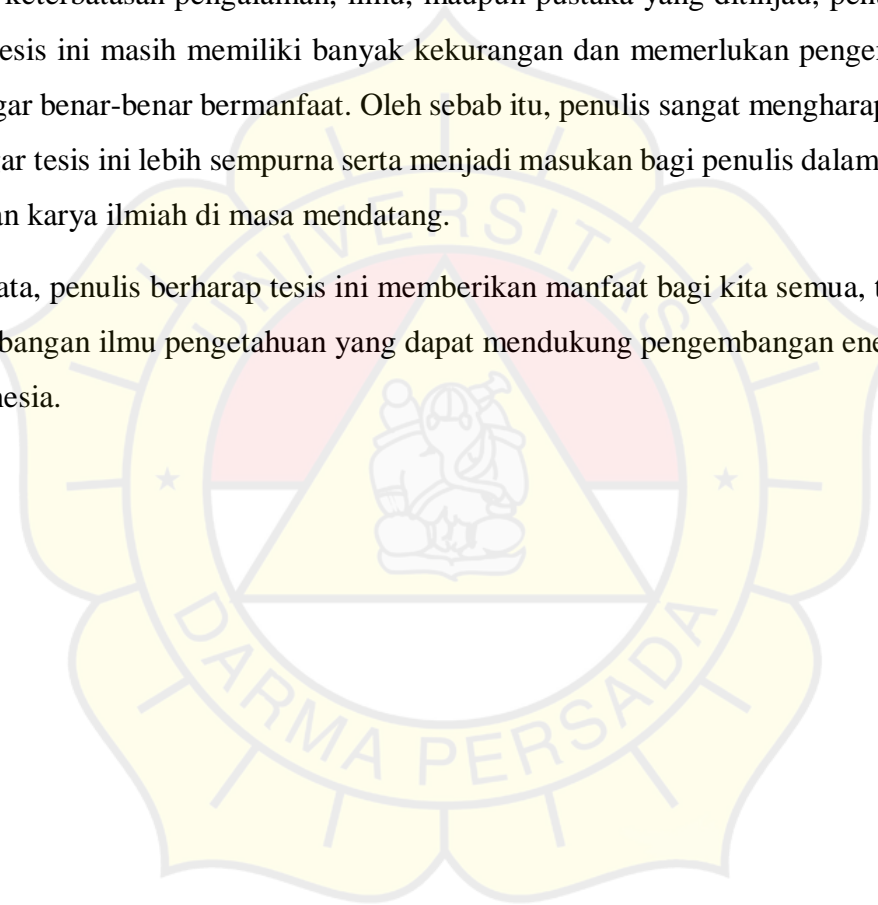
Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang di-hybrid dengan Thermoelectric Generator (TEG) yang dapat diterapkan pada industri minyak dan gas lepas pantai. Penelitian tentang sistem hybrid di atas merupakan upaya penulis untuk mempraktikkan hasil belajar dari materi kuliah Konversi Energi Surya yang didapatkan selama masa perkuliahan. Dengan potensi energi surya yang cukup besar di Indonesia, diharapkan pemanfaatan energi surya dapat dimaksimalkan sebagai energi yang

ramah lingkungan untuk menggantikan atau mengurangi penggunaan energi fosil yang cadangannya terus menurun.

Penelitian ini tentunya masih memerlukan perbaikan, namun dapat dijadikan referensi bagi siapa saja, khususnya mahasiswa/i Sekolah Pascasarjana Energi Terbarukan (UNSADA) yang tertarik melakukan penelitian tentang pemanfaatan energi listrik tenaga surya dalam industri minyak dan gas, khususnya pada anjungan lepas pantai.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu, maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan memerlukan pengembangan lebih lanjut agar benar-benar bermanfaat. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta menjadi masukan bagi penulis dalam penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua, terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang dapat mendukung pengembangan energi terbarukan di Indonesia.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 15 Maret 1977. Masa kecilnya penulis di habiskan di Jakarta hingga tamat SMA. Pada tahun 1995 penulis diterima di Universitas Padjadjaran Bandung (UNPAD), Jurusan Fisika fakultas MIPA.

Pada saat ini penulis bekerja sebagai Lead Electrical Engineer Project di PT. Pertamina Hulu Mahakam yang berkantor di Balikpapan. Dalam perjalanan karirnya Penulis telah banyak berkecimpung di proyek proyek strategis di Indonesia sebagai Electrical Superintendent dan Electrical Engineer antara lain di PT Freeport Indonesia (PTFI), PT Rekayasa Engineering dan Total E&P Indonesia.

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)

- Hybrid Energy Solutions for Sustainable Offshore Oil and Gas Operations: Leveraging Thermoelectric, Solar, and Wind Potential. [DOI: 10.60084/ljes.v2i2.218](https://doi.org/10.60084/ljes.v2i2.218)
- Design & Evaluation of TEG-PV Hybrid Energy System for Sustainable Offshore Oil & Gas Operation Using PVsyst Simulation.

Sebagai Penulis Pendamping (Jurnal)

- Optimizing Motorcycle Manufacturing Sustainability through Integrating Waste Heat Recovery and Metal Scrap Recycling: A Process Engineering Approach. [DOI: 10.60084/ljes.v2i2.225](https://doi.org/10.60084/ljes.v2i2.225)
- Potential for Electrical Energy Savings in AC Systems by Utilizing Exhaust Heat from Outdoor Units. [DOI: 10.60084/hjas.v2i2.223](https://doi.org/10.60084/hjas.v2i2.223)
- Predictive Maintenance with Machine Learning: A Comparative Analysis of Wind Turbines and PV Power Plants. [DOI: 10.60084/hjas.v2i2.219](https://doi.org/10.60084/hjas.v2i2.219)

Buku

- System Management Energy: Inovasi Teknologi untuk Efisiensi Energi Terbarukan.

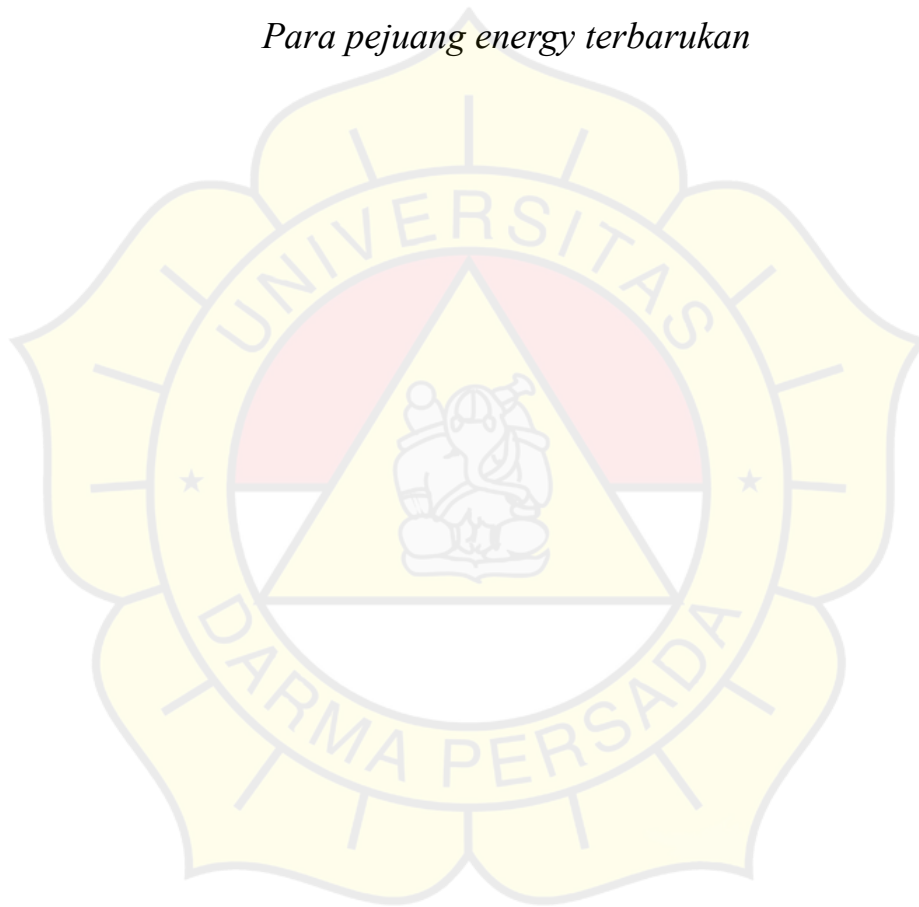
Demikian riwayat hidup singkat penulis, yang memuat perjalanan pendidikan dan profesional serta beberapa karya tulis yang sudah dipublikasikan.

Dipersembahkan untuk

Segenap Keluarga Besar Universitas Darma Persada

dan

Para pejuang energy terbarukan



UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Tesis yang berjudul **“Rancang Bangun Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan Thermoelectric Generator pada Anjungan Minyak dan Gas Lepas Pantai”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar **Magister Teknik Energi Terbarukan**.

Terselesaikannya tesis ini tidak terlepas dari dukungan, partisipasi, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada **Universitas Darma Persada** dan **Program Pascasarjana Teknik Energi Terbarukan** atas kesempatan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses studi dan penelitian ini.

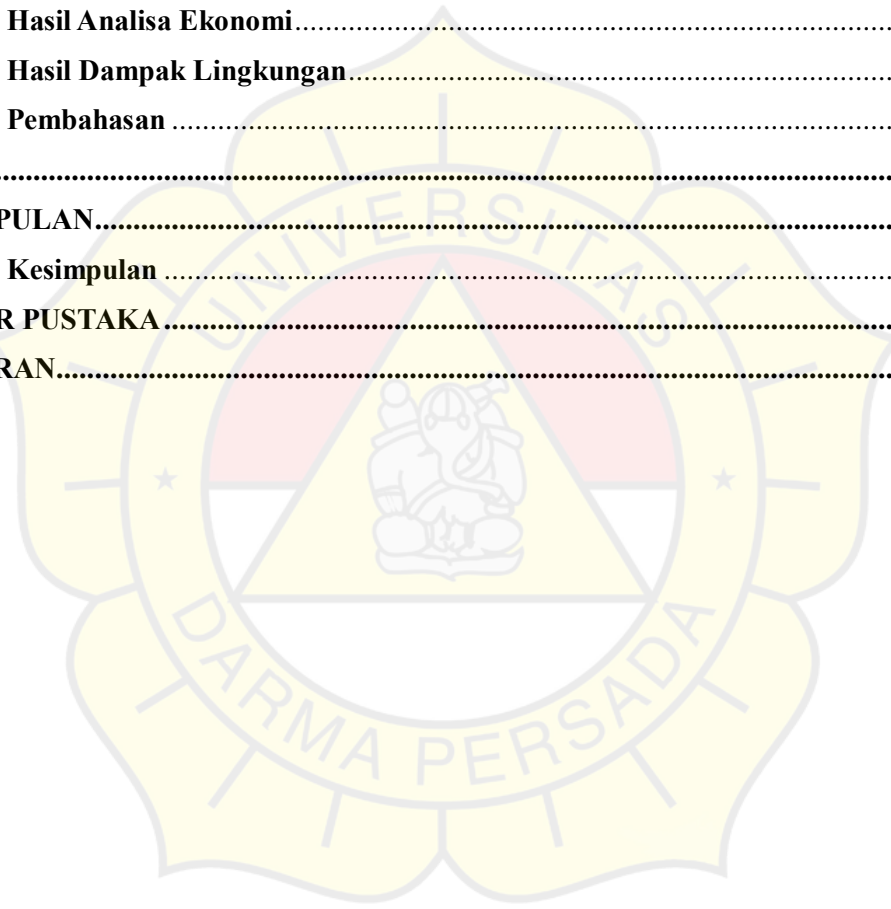
Ucapan terima kasih yang tulus dan mendalam saya sampaikan secara khusus kepada para dosen pembimbing: **Dr. Andy Tirta, S.T., M.Eng, Dr.Eng. Aep Saepul Uyun, S.TP.M.Eng, dan Ir. Erkata Yandri M.Sc.rer.nat.** atas bimbingan, ilmu, serta arahan yang berharga sepanjang proses penelitian dan penulisan tesis ini. Dukungan dan dedikasi mereka sangat membantu dalam menyelesaikan karya ini.

Akhir kata, saya berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi referensi bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu saya.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| PERNYATAAN KEASLIAN | i |
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRACT | iii |
| LEMBAR PERSETUJUAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| RIWAYAT HIDUP | vii |
| UCAPAN TERIMA KASIH | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| BAB 1 | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan penelitian | 4 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.6 Kerangka Penelitian | 5 |
| 1.7 Kerangka Penulisan | 6 |
| BAB 2 | 7 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Panel Surya | 8 |
| 2.2 Thermoelectric | 13 |
| 2.3 Wind Turbine | 14 |
| 2.4 Penyimpanan Energy | 16 |
| 2.5 Hazardous Area | 17 |
| 2.6 Perhitungan keekonomian | 18 |
| BAB 3 | 19 |

| | |
|---|-----------|
| METODOLOGI PENELITIAN..... | 19 |
| 3.2 Peralatan dan Bahan | 19 |
| BAB 4..... | 23 |
| HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 23 |
| 4.2 Perhitungan Ukuran Pembangkit | 28 |
| 4.3 Skenario Sistem Hybrid | 30 |
| 4.4 Hasil Perhitungan dan Simulasi | 31 |
| 4.5 Hasil Analisa Ekonomi..... | 34 |
| 4.6 Hasil Dampak Lingkungan..... | 36 |
| 4.7 Pembahasan | 37 |
| BAB 5..... | 39 |
| KESIMPULAN..... | 39 |
| 5.1 Kesimpulan | 39 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 40 |
| LAMPIRAN..... | 42 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Thermoelectric Generator..... | 1 |
| Gambar 2. Hybrid output..... | 3 |
| Gambar 3. Kerangka Penelitian | 5 |
| Gambar 4. Hybrid System | 8 |
| Gambar 5. Jenis Panel Surya | 10 |
| Gambar 6. Proses photovoltaic | 10 |
| Gambar 7. Energy generated per unit of installed capacity by PVsyst | 11 |
| Gambar 8. Performance ratio by PVsyst | 11 |
| Gambar 9. Battery SOC (state of Charge) condition over the year by PVsyst | 12 |
| Gambar 10. Efek Seebeck pada TEG..... | 14 |
| Gambar 11. (a) Schematic of Horizontal-Axis, (b) Savonius drag-based, (c) Darrieus curved-blade, (d) Giromill H-Rotor wind turbines | 15 |
| Gambar 12. Battery Energy Storage menggunakan NiCad Battery | 16 |
| Gambar 13. Hazardous Area Classification (ATEX Zoning Example)..... | 18 |
| Gambar 14. Area Eksplorasi Mahakam..... | 19 |
| Gambar 15. Alur Skema Penelitian..... | 22 |
| Gambar 16. Symbol Equipment Tahan Ledakan | 23 |
| Gambar 17. System Energy Pada Anjungan Lepas Pantai | 24 |
| Gambar 18. Material Pembangkit | 24 |
| Gambar 19. Konfigurasi Hybrid TEG + PV | 27 |
| Gambar 20. Battery and PV Sizing Calculated by PVsyst | 29 |
| Gambar 21. Comparison Scenario Performance Chart (SF)..... | 31 |
| Gambar 22. Comparison Scenario State of Charge Chart (SOC) | 32 |
| Gambar 23. Comparison Scenario Performance Chart (PR) | 32 |
| Gambar 24. Final Design..... | 33 |
| Gambar 25. Equipment layout | 33 |
| Gambar 26. Comparison Chart | 37 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Material Spesifikasi | 25 |
| Tabel 2. Acuan Penilaian..... | 25 |
| Tabel 3. Perbandingan Antara System Pembangkit Energi | 26 |
| Tabel 4. Scoring and Evaluation of TEG, Solar PV, Wind Energy, and Hybrid Systems | 27 |
| Tabel 5. Load Assumption..... | 28 |
| Tabel 6. TEG Sizing..... | 28 |
| Tabel 7. Parameter Calculation..... | 29 |
| Tabel 8. PV Scenario..... | 30 |
| Tabel 9. Solar Fraction (SF) values..... | 30 |
| Tabel 10. Performance Ratio (PR) values | 31 |
| Tabel 11. State Of Charge (SOC) Values..... | 31 |
| Tabel 12. Equipment Sizing | 32 |
| Tabel 13. Material Take Off | 34 |
| Tabel 14. Economic Tabel | 34 |
| Tabel 15. Return of Investment | 35 |
| Tabel 16. BEP..... | 35 |
| Tabel 17. Technical Data of the TEG System and the Hybrid System..... | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Simulasi PVsys..... | 42 |
| Lampiran 2. Datasheet Panel Surya..... | 44 |
| Lampiran 3. Datasheet Thermoelectric Generator | 45 |
| Lampiran 4. Datasheet Wind Turbine Generator..... | 47 |
| Lampiran 5. Datasheet Battery..... | 51 |

