

**PERENCANAAN DAN ANALISIS EKONOMI TEKNIK PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM OFFGRID DI WILAYAH
KECAMATAN ONAN RUNGGU SAMOSIR, SUMATERA UTARA**

TESIS

Oleh:

PERIAMAN SIRUMAPEA

NIM : 2105190012



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2023

**PERENCANAAN DAN ANALISIS EKONOMI TEKNIK PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM OFFGRID DI WILAYAH
KECAMATAN ONAN RUNGGU SAMOSIR, SUMATERA UTARA**

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Akademik Guna Memperoleh Gelar Magister
Teknik (M.T.) Pada Program Studi Magister Teknik Elektro Program Pascasarjana

Oleh:

PERIAMAN SIRUMAPEA

NIM : 2105190012



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM PARCASARJANA

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2023



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Periaman Sirumapea

NIM : 2105190012

Program studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Program Pascasarjana

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “Perencanaan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Wilayah Kecamatan Onan Runggu Samosir, Sumatera Utara” adalah

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi yang tertera pada karya tulis saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di universitas lain kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi yang tertera

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan diatas, maka karya tulis ini dianggap batal.

Jakarta, 24 Juni 2023



Periaman Sirumapea



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

PROGRAM PASCASARJANA

LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PEMBIMBING

PERENCANAAN DAN ANALISIS EKONOMI TEKNIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA
SISTEM OFFGRID DI WILAYAH KECAMATAN ONAN RUNGGU SAMOSIR, SUMATERA UTARA

Oleh :

Nama : Periaman Sirumapea
NIM : 2105190012
Program studi : Magister Teknik Elektro
Peminatan : Energi Terbarukan

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang tugas Akhir guna mencapai gelar Magister Teknik pada program Studi Magister Teknik Elektro , Program pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Jakarta , 24 Juni 2023

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Charles O.P. Marpaung, MS
NIDN : 12036102

Pembimbing II,

Dr. Rismen Sinambela, ST., MT
NIDN : 0317116903

Ketua Program Studi



Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD
NIDN : 32704625

Direktur



Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd., PA.
NIDN : 0320116402



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Pada tanggal 24 Juni 2023 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Magister Teknik pada program studi Magister Teknik Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, atas nama :

Nama : Periaman Sirumapea
NIM : 2105190012
Program studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul "Perencanaan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Wilayah Kecamatan Onan Runggu Samosir, Sumatera Utara" oleh tim penguji yang terdiri dari :

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Prof. Dr. Ir. Charles O.P. M., MS	Sebagai Ketua	
2. Dr. Rismen Sinambela, ST., MT	Sebagai Anggota	
3. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., PhD	Sebagai Anggota	



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PROGRAM PASCASARJANA

Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Sebagai mahasiswa Universitas Kristen Indonesia, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Periaman Sirumapea
NIM : 2105190012
Program studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana
Jenis Tugas Akhir : Tesis
Judul : Perencanaan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Wilayah Kecamatan Onan Runggu Samosir, Sumatera Utara

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Noneksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundangan-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.



Dibuat di Jakarta,
Pada Tanggal 24 Juni 2023

Periaman Sirumapea

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa dimana atas kuasanya yang telah memberikan anugerah, kesempatan dan pemikiran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Perencanaan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Offgrid di Kecamatan Onan Runggu Samosir, Sumatera Utara” ini tepat pada waktunya

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan tesis ini, penulis berusaha keras untuk keberhasilan penulisan tesis ini. Penulis berharap tesis ini berguna bagi masyarakat luas dalam memberikan informasi tentang penggunaan panel surya.

Akhirnya penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian tesis ini dan penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing yaitu Bapak Prof. Dr. Ir. Charles O. P. Marpaung, MS dan Bapak Dr. Rismen Sinambela, ST., MT.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saran beserta kritikan yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, 24 Juni 2023

Periaman Sirumapea

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2. IDENTIFIKASI MASALAH.....	3
1.3. PERUMUSAN MASALAH.....	3
1.4. BATASAN PENELITIAN.....	3
1.5. TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.6. MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.7. SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Studi Sebelumnya.....	5
2.2. Sejarah Panel Surya.....	6
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	7
2.3.1. Sel Surya (Solar Cell)	7
2.3.2. Prinsip Kerja Sel Surya.....	8
2.3.3. Pengendali Daya Sel Surya (<i>Solar Charge Contoller</i>)	9
2.3.4. Baterai Listrik.....	9
2.3.5. Inverter.....	10
2.3.6. Beban.....	11

2.4.	Analisis Biaya Teknik (Ekonomi Teknik)	11
2.4.1.	Biaya Net Total (Net Present Cost, NPC)	11
2.4.2.	Biaya per kWh (Levelized Cost of Energy, LCOE).....	12
2.4.3.	Titik Impas (Break Event Point, BEP).....	12
2.4.4.	Nilai Bersih Sekarang (Net Present Value, NPV).....	13
2.4.5.	Tingkat Pengembalian Internal (Internal Rate of Return, IRR).....	13
2.5.	Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources (HOMER).....	14
2.5.1.	Cara Kerja Homer.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		16
3.1.	Dasar Penelitian.....	16
3.2.	Perancangan Simulasi.....	16
3.3.	Pengumpulan Data.....	18
3.4.	Analisis Data.....	18
3.5.	Pengaturan Homer.....	18
BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1.	Perencanaan PLTS <i>Offgrid</i> (PV alone).....	20
4.2.	Perencanaan PLTS <i>Offgrid</i> (PV+diesel).....	25
4.3.	Total NPC, Levelized COE, dan Operating Cost.....	26
4.4.	Hasil Simulasi PLTS <i>Offgrid</i> (PV alone).....	27
4.5.	Titik Impas (Break Event Point, BEP), Nilai Bersih Sekarang (Net Present Value, NPV), Tingkat Pengembalian Internal (Internal Rate of Return, IRR).....	29
4.6.	Dampak PLTS Bagi Pembangunan Berkelanjutan.....	31
4.7.	Energi Listrik Menjadi Energi Gas.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		36
5.1.	Kesimpulan.....	36
5.2.	Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....		38
LAMPIRAN.....		40

ABSTRAK

Sumber energi terbarukan seperti energi surya menjadi alternatif yang diakui secara global untuk menggantikan sumber energi non-terbarukan yang merusak lingkungan. Indonesia dengan potensi energi surya yang besar karena letaknya dekat Ekuator, dapat memanfaatkan energi surya ini secara efektif. Kecamatan Onan Runggu yang berada di Pulau Samosir, sebuah pulau di Danau Toba, terdapat kebutuhan infrastruktur listrik yang harus dipenuhi. Untuk mengatasi hal ini, pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan teknologi fotovoltaik diusulkan sebagai solusi.

Studi ini bertujuan untuk merencanakan dan menganalisis pengembangan PLTS terpusat di Kecamatan Onan Runggu Pulau Samosir menggunakan pendekatan ekonomi-teknis. Analisis ekonomi meliputi penentuan biaya bersih saat ini (NPC), titik impas (BEP), dan biaya energi (LCOE) dengan mempertimbangkan faktor investasi awal, suku bunga tahunan, dan biaya operasional. Selain itu, studi ini juga mencakup perhitungan kapasitas dan jumlah peralatan yang diperlukan, seperti panel surya, baterai, pengontrol muatan, dan inverter.

Studi ini menunjukkan bahwa pengembangan PLTS, baik dalam bentuk offgrid (*PV alone*) maupun offgrid dengan diesel adalah solusi yang tepat dan cepat untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat setempat. Dalam hal ini, PLTS offgrid memiliki NPC total Rp 16.857.253,000, LCOE Rp 970/kWh, biaya operasional rata-rata per desa Rp 31.300.000, BEP dalam waktu 7 tahun 2 bulan, NPV Rp 313,517,382,935, dan IRR 13% untuk durasi proyek 25 tahun. Sementara itu, PLTS offgrid dengan diesel memiliki NPC total Rp 16.403.384,000, LCOE Rp 940/kWh, biaya operasional rata-rata per desa Rp 31.900.000, BEP 6 tahun 11 bulan, NPV Rp 313,517,382,935, dan IRR 14% untuk durasi proyek 25 tahun. PLTS offgrid dengan diesel menunjukkan NPC yang lebih rendah untuk setiap desa namun biaya operasional tahunan lebih tinggi dibandingkan dengan PLTS offgrid (*PV alone*) dengan perbedaan sebesar Rp 650.000. PLTS offgrid (*PV alone*) dan offgrid (*PV + diesel*) dapat secara efektif memberikan solusi yang cepat dan sesuai untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kecamatan Onan Runggu Pulau Samosir.

ABSTRACT

Renewable energy sources such as solar energy have become globally recognized alternatives to replace environmentally damaging non-renewable sources of energy. Indonesia, with its huge solar energy potential due to its location near the equator, can utilize this solar energy effectively. Onan Runggu district, located on Samosir Island, an island in Lake Toba, has a need for electricity infrastructure to be met. To address this, the development of solar power plants (PLTS) with photovoltaic technology is proposed as a solution.

The study aims to plan and analyze the development of centralized PLTS in the Onan Runggu Island district of Samosir using an economic-technical approach. Economic analysis includes the determination of current net costs (NPCs), impasse points (BEPs), and energy costs (LCOEs), taking into account initial investment factors, annual interest rates, and operating costs. In addition, the study also included the calculation of capacity and the amount of equipment needed, such as solar panels, batteries, charge controllers, and inverters.

The study showed that the development of PLTS, both off-grid (PV alone) and off-grid with diesel, is an appropriate and fast solution to meet the electricity needs of local communities. In this case, PLTS offgrid has a total NPC of Rp 16.857.253,000, a LCOE of Rp 970/kWh, average operating costs per village of Rp 31.300,000, a BEP within 7 years and 2 months, a NPV of Rp 313,517,382,935, and an IRR of 13% for the duration of the project of 25 years. Meanwhile, PLTS offgrid with diesel has a total NPC of Rp 16.403.384,000, a LCOE of Rp 940/kWh, average operating costs per village of Rp 31.900,000, a BEP of 6 years and 11 months, a NPV of Rp 313,517,382,935, and an IRR of 14% for the duration of the project of 25 years. PLTS Offgrid with diesel shows lower NPCs for each village but higher annual operating costs compared to PLTS Offgrid (PV alone), with a difference of Rp 650,000. Offgrid and offgrid (PV + diesel) can effectively provide a quick and suitable solution to meet the electricity needs in Onan Runggu Island, Samosir.

Keywords: Solar photovoltaic power plants, technical analysis