

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA (PLTS) *HYBRID* KOMBINASI *OFF-GRID* DAN *ON-
GRID*: STUDI KASUS PULAU AIR GELUBI PROVINSI
KEPULAUAN RIAU**

TESIS

Oleh

**NOBER TARAN
2305190013**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2026**

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA (PLTS) *HYBRID* KOMBINASI *OFF-GRID* DAN *ON-
GRID*: STUDI KASUS PULAU AIR GELUBI PROVINSI
KEPULAUAN RIAU**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.) Pada Program Studi Magister Teknik Elektro
Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia

Oleh

**NOBER TARAN
2305190013**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2026**



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nober Taran
NIM : 2305190013
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana


Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul "STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) *HYBRID* KOMBINASI *OFF-GRID* DAN *ON-GRID*: STUDI KASUS PULAU AIR GELUBI PROVINSI KEPULAUAN RIAU" adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir 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 pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta,
15 Januari 2026




(Nober Taran)



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS

"Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid* Kombinasi *Off-Grid* dan *On-Grid*: Studi Kasus Pulau Air Gelubi Provinsi Kepulauan Riau"

Oleh

Nama : Nober Taran
NIM : 2305190013
Program Studi : Magister Teknik Elektro

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tesis guna mencapai gelar Strata Dua pada program studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 15 Januari 2026

Pembimbing I

(Dr. Rismen Sinambela, ST., MT., IPM)
NIDN0317116903

Pembimbing II

(Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D)
NIDN327046205



Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

(Drs. Leonard Lisapaly, M.Si, Ph.D)



Direktor Program Pascasarjana

(Prof. Dr. dr. Bernadetha, M.Pd., P.A)





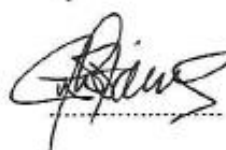
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS

Pada hari Sabtu, tanggal 15 Januari 2026 telah diselenggarakan Sidang Tesis untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Dua pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

Nama : Nober Taran
NIM : 2305190013
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana

termasuk ujian Tesis yang berjudul "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid* Kombinasi *Off-Grid* dan *On-Grid*: Studi Kasus Pulau Air Gelubi Provinsi Kepulauan Riau" oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Ichsan, ST, B.Sc, M.Sc	Ketua Sidang	
2. Dr. Rismen Sinambela, ST., MT., IPM.	Sebagai Anggota	
3. Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D.	Sebagai Anggota	

Jakarta, 15 Januari 2026



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS PROGRAM PASCASARJANA

PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:


Nama : Nober Taran
NIM : 2305190013
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Program Pascasarjana
Jenis Tugas Akhir : Tesis
Judul : Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid* Kombinasi *Off-Grid* dan *On-Grid*: Studi Kasus Pulau Air Gelubi Provinsi Kepulauan Riau

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 Non Eksklusif 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 Perundang-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
Tanggal: 15 Januari 2026


METERAI TEMPEL
7435AANK258148773
Nober Taran

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkah dan Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini dengan judul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Hybrid* Kombinasi *off-grid* dan *on-grid*: Studi Kasus Pulau Air Gelubi Provinsi Kepulauan Riau”. Tujuan dari penulisan tesis ini adalah sebagai syarat kelulusan Program Studi Magister Teknik Elektro pada Fakultas Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia, Jakarta. Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan membimbing penulis sehingga penulisan Tesis ini dapat diselesaikan pada waktunya. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Rismen Sinambela, ST., MT., IPM., selaku Dosen Pembimbing 1.
2. Bapak Drs. Leonard Lisapaly, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 2, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana Universitas Kristen Indonesia.
3. Ibu Prof. Dr. dr. Bernadetha Nadeak, M.Pd., P.A. selaku Direktur Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.
4. Bapak Prof. Dr. Dhaniswara K. Harjono, SH., M.H., M.B.A., selaku Rektor Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.
5. Orang tua, istri dan anak-anak tercinta, atas dukungannya dalam keluarga.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini jauh dari kata sempurna dan masih terdapat beberapa kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca untuk penyempurnaan Tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Jakarta, 15 Januari 2026

Penulis

Nober Taran

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TESIS	iv
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TESIS	v
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
1.7 Ruang Lingkup Penelitian.....	7
1.8 Sistematika Penulisan	8
BAB 2. LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Umum Pembangkit Listrik Tenaga Surya	9
2.2 Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	10
2.3 Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	11
2.4 Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	11
2.5 Faktor Penting Penentu Kinerja Panel Surya	12
2.6 Elemen-Elemen Pokok Sistem PLTS	15
2.7 Perhitungan Dasar PLTS.....	24
2.8 Saklar Pemindahan Beban Otomatis	28
2.9 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	28
2.10 Analisa Kelayakan Investasi	31
2.11 Studi Dampak Lingkungan Terhadap Pengurangan CO ₂	33
2.12 Studi Dampak Ekonomi dan Sosial	36
2.13 <i>Software</i> PVsyst	39
2.14 Pengendalian Risiko.....	40
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	42
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	42
3.2 Jenis Penelitian.....	43
3.3 Alat dan Bahan.....	43
3.4 Langkah Kerja.....	44

3.5 Pengumpulan Data	45
BAB 4. ANALISIS	48
4.1 Penentuan Lokasi Perencanaan PLTS.....	48
4.2 Profil Beban Listrik.....	49
4.3 Data Iklim.....	50
4.4 Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS.....	55
4.5 Penentuan Komponen	60
4.6 Penghantar.....	63
4.7 Blok Diagram Sistem.....	63
4.8 Single Line Diagram	64
4.9 Analisa Kelayakan Ekonomi.....	64
4.10 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap Pengurangan CO2	73
4.11 Perencanaan PLTS Menggunakan <i>Software</i> PVsyst.....	74
4.12 Perbandingan Hasil Perhitungan Manual dan PVsyst	89
4.13 Perbandingan Perhitungan Manual dan Studi Konferensi IEEE	90
4.14 Pengendalian Risiko	91
BAB 5 PENUTUP	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN-LAMPIRAN	101



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Perbedaan sel tipe P dan tipe N	18
Tabel 2.2: Perbandingan jenis-jenis panel surya	21
Tabel 2.3: Faktor emisi bahan bakar	35
Tabel 3.1: Batas waktu kegiatan	41
Tabel 4.1: Estimasi beban	49
Tabel 4.2: Spesifikasi panel surya	61
Tabel 4.3: Spesifikasi inverter	62
Tabel 4.4: Spesifikasi baterai	62
Tabel 4.5: Jenis kabel	63
Tabel 4.6: Harga komponen PLTS kW_{peak}	65
Tabel 4.7: Biaya pergantian komponen selama umur PLTS	66
Tabel 4.8: Perhitungan NCF, DF dan PVNCV dengan $i = 9,19\%$	69
Tabel 4.9: Perhitungan DF dan NCFr, dengan $i = 8,19\%$	71
Tabel 4.10: Perhitungan DF dan NCFt, dengan $i = 10,19\%$	72
Tabel 4.11: Hasil simulasi <i>software</i> PVsyst	83
Tabel 4.12: Hasil perhitungan manual dan PVsyst	89
Tabel 4.13 Perbandingan perhitungan manual dengan IEEE	91
Tabel 4.14: Pengendalian risiko	91

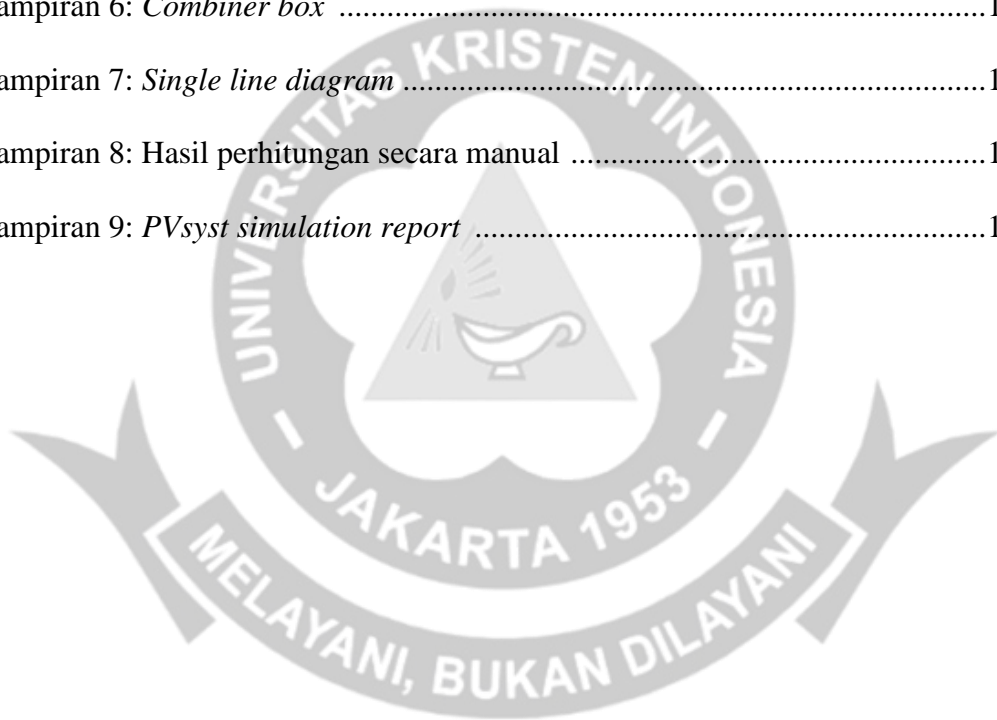
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Diagram PLTS <i>hybrid</i>	12
Gambar 2.2: Panel surya <i>mono-crystalline</i>	19
Gambar 2.3: Modul surya <i>poly-crystalline</i>	19
Gambar 2.4: <i>Thin Film Solar Cell</i>	20
Gambar 2.5: <i>Compound Thin Film Triple Junction</i>	21
Gambar 2.6: Pengontrol Pengisian Daya	22
Gambar 2.7: Baterai	23
Gambar 2.8: Bentuk rangka penyangga panel surya	24
Gambar 3.1: Pulau Air Gelubi – Kepulauan Bintan	42
Gambar 3.2: <i>Flow chart</i> penelitian	45
Gambar 4.1: Lokasi perencanaan PLTS	48
Gambar 4.2: Pulau Air Gelubi	48
Gambar 4.3: <i>Monthly weather data</i> berdasarkan Meteonorm 8.0.11	50
Gambar 4.4: <i>Irradiation data</i>	51
Gambar 4.5: Suhu rata-rata harian tertinggi	52
Gambar 4.6: Tabel karakteristik satu tahun suhu rata-rata per jam	52
Gambar 4.7: Suhu rata-rata per jam	53
Gambar 4.8: Persentase kondisi awan	54
Gambar 4.9: Curah hujan rata-rata	54
Gambar 4.10: <i>String</i> dan <i>array</i> panel surya	56
Gambar 4.11: Blok diagram sistem PLTS <i>hybrid</i>	64
Gambar 4.12: Menu utama PVsyst	74

Gambar 4.13: Menu <i>database</i>	75
Gambar 4.14: Menu proyek PVsyst	76
Gambar 4.15: Menu <i>Geographical Coordinates</i>	76
Gambar 4.16: Menu <i>Variant</i>	77
Gambar 4.17: Menu <i>Orientation</i>	78
Gambar 4.18: Menu penentuan PV modul dan inverter	79
Gambar 4.19: Menu penentuan baterai	80
Gambar 4.20: Menu <i>Economic Evaluation</i>	81
Gambar 4.21: Menu <i>Financial Report</i>	82
Gambar 4.22: Grafik <i>Normalized Production per Installed kWp</i>	84
Gambar 4.23: Tabel produksi energi tahunan	85
Gambar 4.24: <i>Losses diagram</i>	86
Gambar 4.25: Tabel <i>cost of the system</i>	87
Gambar 4.26: Tabel hasil <i>financial analysis</i>	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Tabel distribusi beban dan prediksi jam beban puncak	102
Lampiran 2: <i>Photovoltaic module</i>	103
Lampiran 3: <i>String inverter/on-grid inverter</i>	105
Lampiran 4: Baterai	107
Lampiran 5: Inverter baterai / <i>bidirectional inverter</i>	109
Lampiran 6: <i>Combiner box</i>	114
Lampiran 7: <i>Single line diagram</i>	117
Lampiran 8: Hasil perhitungan secara manual	118
Lampiran 9: <i>PVsyst simulation report</i>	120



ABSTRAK

Pulau Air Gelubi, sebagai salah satu pulau kecil terpencil di wilayah Kepulauan Bintan, mengalami hambatan dalam penyediaan energi listrik yang stabil, terjangkau, dan ramah lingkungan karena lebih banyak mengandalkan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Biaya Pokok Penyediaan (BPP) listrik yang relative tinggi dan emisi CO₂ menjadi masalah utama dari sistem saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan menganalisis kelayakan teknis, ekonomi, dan lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *hybrid* kombinasi *on-grid* dan *off-grid* berkapasitas 350 kWp sebagai solusi energi berkelanjutan. Metodologi penelitian mencakup pengumpulan data penyinaran matahari, profil beban listrik harian, dan data jaringan PLTD eksisting. Perancangan sistem menggunakan metode manual dan perangkat lunak simulasi PVsyst sebagai pembanding untuk menentukan konfigurasi komponen terbaik, termasuk jumlah panel surya, kapasitas inverter, dan kapasitas sistem penyimpanan energi baterai (BESS). Analisis kelayakan ekonomi diukur berdasarkan parameter *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konfigurasi PLTS ini mampu memproduksi energi sebesar 645.477,86 kWh per tahun, memenuhi sebagian besar kebutuhan energi pulau dan meningkatkan keandalan pasokan listrik. Secara ekonomi, proyek ini menunjukkan kelayakan dengan nilai NPV positif, IRR yang menarik, dan periode pengembalian investasi yang rasional yaitu 7 tahun dan 6 bulan. LCOE yang dihasilkan lebih rendah secara signifikan dibandingkan BPP PLTD. Selain itu, sistem ini berkontribusi mengurangi emisi CO₂ hingga 172.059,45 ton per tahun. Disimpulkan bahwa implementasi PLTS ini adalah solusi yang sangat layak secara teknis, menguntungkan secara ekonomi, dan berdampak positif bagi lingkungan, serta dapat menjadi model replikasi untuk elektrifikasi pulau-pulau kecil lainnya di Indonesia.

Kata Kunci: PLTS *Hybrid*, *On-Grid*, *Off-Grid*, Pulau Air Gelubi, Analisis kelayakan, energi terbarukan, PVsyst, sistem penyimpanan energi.

ABSTRACT

As one of the remote small islands in the Bintan Regency, Air Gelubi Island faces challenges in the provision of stable, affordable, and environmentally friendly electrical energy due to its reliance on a Diesel Power Plant. Basic Cost of Electricity Supply (BPP) and CO₂ emissions are the main problems of the current system. This research aims to plan and analyze the technical, economic, and environmental feasibility of a 350 kWp hybrid Solar Power Plant, combining on-grid and off-grid systems, as a sustainable energy solution. The research methodology includes the collection of solar irradiation data, daily electrical load profiles, and existing Diesel Power Plant network data. The system design utilizes manual methods and PVsyst simulation software as a comparison to determine the best component configuration, including the number of solar panels, inverter capacity, and Battery Energy Storage System (BESS) capacity. The economic feasibility analysis is measured based on the parameters of Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period (PBP), and Levelized Cost of Energy (LCOE). The calculation results show that this Hybrid Solar Power Plant configuration is capable of producing 645.477,86 kWh of energy per year, meeting most of the island's energy needs and increasing the reliability of the electricity supply. Economically, this project demonstrates feasibility with a positive NPV, an attractive IRR, and a rational investment payback period of 7 years and 6 months. The resulting LCOE is significantly lower than the electricity generation cost of the Diesel Power Plant. Furthermore, this system contributes to reducing CO₂ emissions by up to 172.059,45 tons per year. It is concluded that the implementation of this hybrid Solar Power Plant system is a highly feasible solution technically, profitable economically, and positive for the environment. It can also serve as a replicable model for the electrification of other small islands in Indonesia.

Keywords: *Hybrid Solar Power Plant, On-Grid, Off-Grid, Air Gelubi Island, Feasibility Analysis, Renewable Energy, PVsyst, Energy Storage System.*