

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA *OFF-GRID* KAPASITAS 6,77 MW_p DI
PULAU LABOBO, SULAWESI TENGAH**

SKRIPSI

**Skripsi ini diajukan untuk melengkapi salah satu persyaratan
menjadi Sarjana Strata Satu Program S1**

Oleh:

WAHYU PRASETYO
183112700250029



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
AGUSTUS 2024**

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA *OFF-GRID* KAPASITAS 6,77 MW_p DI
PULAU LABOBO, SULAWESI TENGAH**

Oleh:

WAHYU PRASETYO
183112700250029



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
AGUSTUS 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dengan judul:

**“PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA *OFF-GRID*
KAPASITAS 6,77 MWp DI PULAU LABOBO SULAWESI TENGAH”**

yang dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Strata Satu Program S1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, sebagai mana yang saya ketahui adalah bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Skripsi yang sudah pernah diajukan atau dipakai untuk mendapatkan gelar di lingkungan Universitas Nasional maupun di Perguruan Tinggi atau instansi lainnya, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang menjadi sumber informasi atau acuan yang dicantumkan sebagai mana mestinya.



Jakarta, 20 Agustus 2024


FD159ALX410197082
(Wahyu Prasetyo)
NIM. 183112700250029

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul:

**“PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA *OFF-GRID*
KAPASITAS 6,77 MWp DI PULAU LABOBO, SULAWESI TENGAH”**

Dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Strata Satu Program S1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional dan telah disetujui untuk diujikan dalam sidang skripsi sesuai dengan ketentuan administrasi dan akademik yang berlaku.




Jakarta, 20 Agustus 2024

Nama : Wahyu Prasetyo
NIM : 183112700250029


Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


(Ir. Ruliyanta, M.T., Ph.D.)
NID. 0301050724


(Ir. Rianto Nugroho, M.T.)
NID. 0104050734

Ketua Jurusan



(Ir. Idris Kusuma, M.T.)
NID. 0102990618

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Wahyu Prasetyo
NPM : 182113700250029
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid*
Kapasitas 6,77 MW_p di Pulau Labobo, Sulawesi Tengah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.



The logo of Universitas Nasional Dewan Penguji is a shield-shaped emblem. At the top is a yellow five-pointed star. Below the star, the words "DEWAN PENGUJI" are written in black capital letters. The central part of the shield features a stylized white and red graphic that resembles a flame or a torch. At the bottom of the shield, the words "UNIVERSITAS NASIONAL" are written in white capital letters on a green background.

Pembimbing I : Ir. Ruliyanta, S.T., M.T., Ph.D. (.....)

Pembimbing II : Ir. Rianto Nugroho, M.T. (.....)

Penguji I : Novi Azman, S.T., M.T., Ph.D. (.....)

Penguji II : Ir. Idris Kusuma, M.T. (.....)

Penguji III : Dr. Viktor Vekky Ronald Repi, S.T., M.T. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : Senin, 20 Agustus 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat, karunia dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **”Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid* Kapasitas 6,77 MWp di Pulau Labobo, Sulawesi Tengah”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro di Universitas Nasional.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak. Bimbingan yang diberikan telah memberikan wawasan dan pengetahuan yang mendalam, serta memberikan motivasi dan semangat bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Oleh karenanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Ruliyanta, M.T., Ph.D. dan bapak Ir. Riyanto Nugroho, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan yang sangat berharga dalam proses penyusunan skripsi ini;
2. Ibu Endang Retno Nugroho, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasihat dan arahan selama proses perkuliahan;
3. Seluruh Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional yang telah memberikan ilmu dan pengalaman dalam perkuliahan yang telah menjadi landasan bagi penulis dalam menyusun skripsi ini;
4. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan bantuan dukungan material, moral dan do'a.
5. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro 2018 atas semangat dan kebersamaan. Kebersamaan dan semangat dari mereka telah menjadi penyemangat bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi positif dan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Jakarta, 20 Agustus 2024
Wahyu Prasetyo

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Nasional, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Prasetyo
NPM : 183112700250029
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nasional **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF-GRID
KAPASITAS 6,77 MWp DI PULAU LABOBO, SULAWESI TENGAH”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nasional 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 pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta
Pada tanggal: 20 Agustus 2024
Yang menyatakan


(Wahyu Prasetyo)

ABSTRAK

Wahyu Prasetyo, "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF-GRID KAPASITAS 6,77 MWp DI PULAU LABOBO, SULAWESI TENGAH", Program S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, Ir. Ruliyanta, S.T., M.T., Ph.D. Ir. Riyanto Nugroho, S.T., M.T. 20 Agustus 2024, 82 Halaman + xii + 27 Lampiran

Pulau Labobo, terletak di Kabupaten Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah, menghadapi tantangan dalam penyediaan listrik akibat ketergantungan pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), yang menimbulkan emisi gas rumah kaca dan biaya operasional tinggi. Terlebih, lokasi pulau yang terpencil membuat pasokan bahan bakar diesel sulit dan mahal. Mengingat potensi energi surya yang melimpah, penelitian ini bertujuan merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* untuk menggantikan PLTD dan menyediakan sumber energi yang ramah lingkungan.

Kebutuhan listrik di Pulau Labobo adalah sebesar 894,22 GWh/tahun atau 24,5 MWh/hari dengan beban puncak 1,55 MW. Penelitian ini bertujuan merancang PLTS *off-grid* untuk diterapkan di Pulau Labobo guna memberikan suplai energi listrik yang ramah lingkungan dan andal. *Software* yang digunakan untuk menganalisis sistem PLTS *off-grid* adalah *software* PVsyst 7.4. Berdasarkan hasil penelitian, untuk kebutuhan listrik di Pulau Labobo, dibutuhkan PLTS sebesar 6,77 MWp dengan total panel surya 560 Wp sebanyak 12.096 unit, inverter PV 300 kW sebanyak 18 unit, dan baterai 48 Vdc 100 Ah sebanyak 20.800 unit yang terbagi dalam 26 unit inverter baterai. Sistem ini mampu mencukupi kebutuhan listrik pulau Labobo dengan menghasilkan energi listrik sebesar 10,998 GWh per-tahun, *solar fraction* sebesar 99,7%, dan *performance ratio* 79,2%. Sistem PLTS Labobo menghasilkan emisi CO₂ sebesar 12.202,48 ton selama proses produksi dan instalasinya, namun mampu menghindari emisi CO₂ sebesar 238.753 ton selama 30 tahun masa hidupnya, menghasilkan penghematan bersih emisi CO₂ sebesar 226.550,52 ton.

Kata Kunci: Pulau Labobo, PLTS *off-grid*, PVsyst, emisi karbon.

ABSTRACT

Wahyu Prasetyo, "DESIGN OF 6,77 MWp OFF-GRID SOLAR PV POWER PLANT ON LABOBO ISLAND, SOUTH SULAWESI", Undergraduate Program in Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Science, Nasional University, Ir. Ruliyanta, S.T., M.T., Ph.D. Ir. Riyanto Nugroho, S.T., M.T. August 20, 2024, 82 Pages + xii + 27 Attachments

Labobo island, located in the Banggai Archipelago Regency, Central Sulawesi Province, faces significant challenges in electricity provision due to its reliance on Diesel Power Plants (DPPs), which contribute to greenhouse gas emissions and incur high operational costs. Additionally, the island's remote location complicates and increases the cost of diesel fuel supply. Given the abundant solar energy potential, this study aims to design an off-grid Solar Power Plant (SPP) to replace the DPP and provide an environmentally friendly energy source.

The electricity demand on Pulau Labobo is 894.22 GWh per year, or 24.5 MWh per day, with a peak load of 1.55 MW. This research focuses on designing an off-grid SPP for Pulau Labobo to offer a sustainable and reliable electricity supply. The analysis was conducted using PVsyst 7.4 software. The results indicate that a 6.77 MWp SPP is required, comprising 12,096 solar panels with a capacity of 560 Wp, 18 PV inverters each with a capacity of 300 kW, and 20,800 batteries with a capacity of 48 Vdc 100 Ah distributed across 26 battery inverters. This system is capable of meeting the island's electricity needs, producing an annual energy output of 10.998 GWh, with a solar fraction of 99.7% and a performance ratio of 79.2%. The Labobo PV system generated 12,202.48 tons of CO₂ emissions during its production and installation phases. However, it is capable of avoiding 238,753 tons of CO₂ emissions over its 30-year lifespan, resulting in a net CO₂ emission saving of 226,550.52 tons.

Keywords: Labobo island, PLTS off-grid, PVsyst, carbon emission.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penyelesaian Masalah	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Potensi Energi Surya di Indonesia	7
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Komponen Inti	8
2.4 Komponen Pada Sistem PLTS	9
2.4.1 Modul Surya	9
2.4.2 Baterai	20
2.4.3 Inverter	25
2.5 Konfigurasi Sistem PLTS	30
2.5.1 Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	30
2.5.2 Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	32
2.5.3 Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	33
2.6 Topologi Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	34
2.6.1 Topologi <i>DC Coupling</i>	34
2.6.2 Topologi <i>AC Coupling</i>	35
2.7 Indikator Performansi PLTS	36
2.7.1 Energi Keluaran PLTS	36
2.7.2 <i>Capacity Factor</i>	37
2.7.3 <i>Performance Ratio</i>	37
2.8 Perangkat Lunak PVsyst	38
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	39
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	39
3.3 Desain Penelitian Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	40
3.3.1 Langkah-langkah Penelitian	40
3.3.2 Objek Penelitian	41
3.3.3 Kondisi Kelistrikan Eksisting Pulau Labobo	43
3.3.4 Diagram Blok Sistem	43
3.3.5 <i>Single Line Diagram</i> Perancangan	44
3.4 Input Data Penelitian	46
3.4.1 Profil Beban Listrik Pulau Labobo	46

3.4.2	Koordinat Lokasi Pulau Labobo	48
3.4.3	Data Meteorologi Pulau Labobo	49
3.4.4	Spesifikasi Panel Surya	50
3.4.5	Spesifikasi Baterai	51
3.4.6	Spesifikasi Inverter PV	51
3.4.7	Spesifikasi Inverter Baterai	52
3.5	Perancangan Kapasitas Sistem PLTS dan Sistem Penyimpanan Baterai	53
3.5.1	Perhitungan Kebutuhan PLTS	53
3.5.2	Perhitungan Kebutuhan Baterai	54
3.5.3	Perhitungan Kebutuhan Inverter PV dan Inverter Baterai	55
3.6	Perancangan Susunan Sistem PLTS dan Sistem Penyimpanan Baterai	57
3.6.1	Susunan <i>String</i> dan <i>Array</i> Panel Terhadap Kapasitas Inverter PV	57
3.6.2	Susunan Seri dan Paralel Sistem Penyimpanan Baterai	60
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1	<i>Single Line Diagram</i>	62
4.1.1	<i>Single Line Diagram</i> PV Array – Inverter PV	62
4.1.2	<i>Single Line Diagram</i> Bank Baterai – Inverter Baterai	62
4.1.3	<i>Single Line Diagram</i> Sistem	63
4.2	Perhitungan Energi Keluaran dan Performansi Sistem PLTS	67
4.2.1	Perhitungan Energi Keluaran	67
4.2.2	Perhitungan <i>Capacity Factor (CF)</i>	68
4.2.3	Perhitungan <i>Performance Ratio (PR)</i>	68
4.3	Hasil Simulasi pada <i>software</i> PVsyst	69
4.3.1	Optimasi Orientasi Sudut Panel Surya	69
4.3.2	Kapasitas dan Susunan Panel Surya	71
4.3.3	Produksi Listrik Hasil Perancangan	71
4.3.4	<i>Performance Ratio</i> Sistem Hasil Perancangan	73
4.3.5	<i>Losses</i> Daya Sistem PLTS	74
4.3.6	<i>Aging Factor</i> Terhadap Degradasi Performansi	76
4.3.7	Neraca Emisi Gas Karbon	77
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1	Kesimpulan	79
5.2	Saran	79
	DAFTAR PUSTAKA	80
	LAMPIRAN	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Informasi potensi energi surya Indonesia [15].....	7
Gambar 2.2 Susunan sel, modul, panel, dan array pada PLTS [16]	9
Gambar 2.3 Prinsip kerja sel surya [17].....	11
Gambar 2.4 Struktur modul surya [18]	12
Gambar 2.5 Perbandingan modul surya monokristalin dengan polikristalin [19]	13
Gambar 2.6 Karakteristik kurva I-V pada sel surya [20].....	15
Gambar 2.7 Pengaruh iradiasi dan suhu pada sel surya [21]	16
Gambar 2.8 Rangkaian Ekuivalen Sel Surya [16]	17
Gambar 2.9 Perbedaan baterai starter dan baterai deep-cycle [22].....	21
Gambar 2.10 Pengaruh DOD terhadap tegangan nominal berdasarkan jenis baterai [23]	23
Gambar 2.11 Pengaruh DOD terhadap siklus berdasarkan jenis baterai [24]	23
Gambar 2.12 Rangkaian skematik prinsip kerja inverter tiga fasa [25].....	26
Gambar 2.13 Konfigurasi sistem PLTS off-grid [26]	31
Gambar 2.14 Konfigurasi sistem PLTS on-grid [27].....	32
Gambar 2.15 Konfigurasi sistem PLTS hybrid [28]	33
Gambar 2.16 Topologi DC coupling [29]	34
Gambar 2.17 Topologi AC coupling [29].....	35
Gambar 3.1 Flowchart penelitian PLTS off-grid	40
Gambar 3.2 Letak geografis pulau Labobo.....	42
Gambar 3.3 Diagram blok sistem PLTS off-grid.....	44
Gambar 3.4 Single line diagram perencanaan sistem PLTS off-grid pulau Labobo	45
Gambar 3.5 Profil beban listrik asumsi per-klaster Pulau Labobo	47
Gambar 3.6 Profil beban listrik akumulasi Pulau Labobo	47
Gambar 3.7 Input koordinat lokasi pulau Labobo pada <i>software</i> PVsyst.....	48
Gambar 3.8 Input data meteorologi pulau Labobo pada <i>software</i> PVsyst	49
Gambar 3.9 Data spesifikasi baterai Luna2000-5-SO	51
Gambar 4.1 <i>Single line diagram</i> antara PV array dengan inverter PV	64
Gambar 4.2 <i>Single line diagram</i> antara bank baterai ke inverter baterai.....	65
Gambar 4.3 Single line diagram keseluruhan sistem.....	66
Gambar 4.4 Optimasi sudut azimuth PLTS Labobo	69
Gambar 4.5 Perancangan sudut tilt dan azimuth PLTS Labobo	70
Gambar 4.6 Perancangan sistem PLTS Labobo di PVsyst	71
Gambar 4.7 Produksi energi hasil running pada <i>software</i> PVsyst.....	72
Gambar 4.8 Performance ratio sistem PLTS Labobo	73
Gambar 4.9 Loss diagram PLTS Labobo.....	75
Gambar 4.10 Pengaruh aging factor terhadap output energi dan performansi PLTS	76
Gambar 4.11 Neraca emisi karbon hasil simulasi PVsyst	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Klasifikasi jenis beban dan daya pelanggan di Pulau Labobo.....	43
Tabel 3.2 Rekapitulasi data konsumsi listrik pulau Labobo	48
Tabel 3.3 Spesifikasi Panel Surya LR5-72HPH-560M	50
Tabel 3.4 Spesifikasi Inverter PV SUN2000-330KTL-H1	52
Tabel 3.5 Spesifikasi Inverter Baterai LUNA2000-200KTL-H1	53

