

SKRIPSI

**ANALISIS TEKNIS PERENCANAAN PLTS KOMUNAL
SISTEM *OFF-GRID* DI DESA NYARIBUNGAN
KALIMANTAN TIMUR**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Fendy Yulio Prasetyo
NIM. 2415374013

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan menciptakan tantangan besar dalam penyediaan layanan listrik yang merata, terutama untuk daerah terpencil, tertinggal, dan terluar (3T). Desa Nyaribungan yang terletak di Kecamatan Laham, Kabupaten Mahakam Ulu, Kalimantan Timur merupakan salah satu desa yang menghadapi keterbatasan akses listrik. Desa ini dihuni 231 jiwa dengan 60 kepala keluarga, berada di bibir sungai dataran tinggi yang dikelilingi hutan lebat sehingga sulit dijangkau jaringan PLN. Saat ini masyarakat mengandalkan generator diesel yang hanya beroperasi 6 jam per hari (18.00-24.00 WITA) dengan berbagai keterbatasan biaya dan distribusi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem PLTS *off-grid* komunal yang berkelanjutan dengan memanfaatkan potensi energi surya tinggi di wilayah ini yang mencapai 1735,6 kWh/m² per tahun. Metodologi penelitian meliputi analisis proyeksi beban listrik menggunakan *regresi linier* berdasarkan data statistik BPS, perancangan konfigurasi sistem PLTS komunal, dan simulasi menggunakan *software* PVsyst untuk analisis produksi energi dan efisiensi sistem.

Berdasarkan analisis tersebut, kapasitas PLTS yang dibutuhkan adalah 48 kWp untuk memenuhi kebutuhan harian sebesar 180,18 kWh/hari. Konfigurasi sistem komunal dipilih sebagai solusi optimal mengingat kondisi atap rumah masyarakat desa yang tidak kuat untuk menopang panel surya. Komponen PLTS terdiri dari 120 modul surya berkapasitas 400 Wp, dua PV inverter berkapasitas 30 kW, 9 baterai inverter 6 kW serta sistem penyimpanan baterai 748,8 kWh (312 unit baterai 2V-1200Ah), yang mampu menopang suplai listrik selama tiga hari tanpa sinar matahari.

Simulasi menggunakan *software* PVsyst menunjukkan bahwa potensi energi sebesar 86.017 kWh per tahun. Namun, akibat adanya *losses* sebesar 16,71% (14.380 kWh) maka energi tersedia untuk disuplai ke beban adalah 71.637 kWh per tahun dengan energi bersih yang dapat dimanfaatkan sebesar 65.341 kWh per tahun dengan *Performance Ratio* 74,23%, menunjukkan efisiensi konversi energi cukup baik dalam memenuhi kebutuhan listrik Desa Nyaribungan.

Kata Kunci: PLTS *Off-grid*, Elektrifikasi Desa, Daerah 3T, Sistem Komunal, PVsyst

ABSTRACT

Indonesia's geographical location as an archipelagic nation creates significant challenges in providing equitable electricity services, especially to remote, underdeveloped, and outermost (3T) areas. Nyaribungan Village, located in Laham District, Mahakam Ulu Regency, East Kalimantan, is one such village facing limited access to electricity. The village, home to 231 people and 60 families, is situated on a highland riverbank surrounded by dense forest, making it difficult to access the PLN grid. Currently, the community relies on diesel generators that operate only six hours per day (6:00 PM - 12:00 PM WITA) due to various constraints in fuel cost and distribution. This study aims to design a sustainable off-grid communal solar power system that utilizes the region's high solar energy potential, which reaches 1,735.6 kWh/m² per year. The research methodology includes analyzing electricity load projections using linear regression based on BPS statistical data, designing the communal solar power system configuration, and simulating it using PVsyst software to analyze energy production and system efficiency.

Based on this analysis, the required solar power plant capacity is 48 kWp to meet the daily demand of 180.18 kWh/day. A communal system configuration was chosen as the optimal solution, given the village's inadequate roof capacity to support solar panels. The solar power plant components consist of 120 400 Wp solar modules, two 30 kW PV inverters, nine 6 kW inverter batteries, and a 748.8 kWh battery storage system (312 2V-1200 Ah batteries), capable of supporting electricity for three days without sunlight.

Simulations using PVsyst software indicate a potential energy supply of 86,017 kWh per year. However, due to losses of 16.71% (14,380 kWh), the energy available to be supplied to the load is 71,637 kWh per year with clean energy that can be utilized of 65,341 kWh per year with a Performance Ratio of 74.23%, indicating that the energy conversion efficiency is quite good in meeting the electricity needs of Nyaribungan Village.

Keywords: *Off-grid Solar Power System, Village Electrification, 3T Areas, Communal System, PVsyst*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2. Profil Desa Nyaribungan	7
2.3. Studi Beban Listrik	8
2.4. Peramalan Beban	9
2.5. Perbandingan PLTS Komunal dan PLTS Atap	10
2.6. Komponen PLTS	11
2.6.1. Baterai	12
2.6.2. Modul Surya.....	13
2.6.3. Inverter	15
2.6.4. Jenis Penghantar	17
2.6.5. Sistem Pengaman	18
2.7. Distribusi Jaringan Tegangan Rendah	20
2.8. <i>Software</i> PVsyst.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1. Lokasi dan Tempat Penelitian	22
3.2. Metodologi Penelitian.....	22
3.2.1 Metode Penelitian.....	23
3.2.2 Jenis dan Sumber Data	23

3.2.3	Metode Pengumpulan Data	23
3.2.4	Metode Analisis Data	24
3.3.	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.4.	Jadwal Kegiatan.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1.	Analisa Kebutuhan Beban	27
4.1.1.	Peramalan Beban.....	27
4.1.2.	Metode <i>Regresi Linier</i>	28
4.1.3.	Hasil Peramalan Beban	29
4.1.4.	Pola Beban Listrik Masyarakat	31
4.2.	Perencanaan PLTS.....	32
4.2.1.	Perhitungan Kapasitas Baterai.....	32
4.2.2.	Perhitungan Kapasitas Modul Surya	33
4.2.3.	Perhitungan Kapasitas Inverter	35
4.2.4.	Perhitungan Produksi Energi.....	37
4.3.	Simulasi menggunakan <i>Software</i> PVsyst	38
4.3.1.	Memasukkan Titik Koordinat Desa	38
4.3.2.	Penentuan Orientasi Sudut	38
4.3.3.	Memasukkan Data Kebutuhan Beban	39
4.3.4.	Analisa Hasil Simulasi	40
4.4.	Desain Sistem Kelistrikan dan Proteksi PLTS	45
4.4.1.	Perhitungan Sistem Proteksi.....	45
4.4.2.	Perhitungan Ukuran Penghantar.....	45
4.4.3.	Perencanaan Jaringan Distribusi Tegangan Rendah.....	47
4.4.4.	Desain Sistem PLTS.....	48
BAB V PENUTUP.....		50
5.1.	Kesimpulan.....	50
5.2.	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Foto Drone Desa Nyaribungan	8
Gambar 2.2 PLTS Komunal	11
Gambar 2.3 Baterai: (a) Lead Acid; (b) LiFePO ₄ ; (c) VRLA.....	12
Gambar 2.4 Struktur Dasar Sel Surya.....	14
Gambar 2.5 Monocrystalline	14
Gambar 2.6 Polycrystalline.....	15
Gambar 2.7 PV Inverter.....	16
Gambar 2.8 Baterai Inverter	17
Gambar 2.9 Kabel Tipe NYHHY	17
Gambar 2.10 Gambar Proteksi DC	18
Gambar 2.11 Gambar Proteksi AC	19
Gambar 2.12 Pembumian PLTS	19
Gambar 2.13 Jaringan Tegangan Rendah dengan Satu Jurusan	20
Gambar 2.14 Tampilan Software PVsyst	21
Gambar 3.1 Foto Drone Desa Nyaribungan	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4.1 Grafik Prediksi Jumlah Penduduk Desa	30
Gambar 4.2 Titik Koordinat dan Data Meteonorm.....	38
Gambar 4.3 Sudut Orientasi.....	39
Gambar 4.4 Kurva Beban 24 Jam.....	40
Gambar 4.5 Hasil Simulasi PVsyst: Project Summary.....	41
Gambar 4.6 Hasil Simulasi PVsyst: Komponen.....	42
Gambar 4.7 Produksi Energi dan Performance Ratio Tiap Bulan.....	43
Gambar 4.8 Hasil Simulasi PVsyst: Susut Energi	44
Gambar 4.9 Gambar Rencana Jaringan SUTR Desa Nyaribungan	47
Gambar 4.10 Desain Sistem PLTS Desa Nyaribungan	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Jenis Baterai Lead Acid, LiFePO ₄ , dan OPzV	13
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan.....	26
Tabel 4.1 Data Badan Pusat Statistik Kab. Mahakam Ulu	27
Tabel 4.2 Variabel x dan y Jumlah Penduduk	28
Tabel 4.3 Persamaan Regresi Linier	29
Tabel 4.4 Hasil Peramalan Jumlah Penduduk, Rumah, dan Fasilitas Umum.....	30
Tabel 4.5 Estimasi Penggunaan Listrik Rumah Tangga.....	31
Tabel 4.6 Estimasi Penggunaan Listrik Fasilitas Umum.....	31
Tabel 4.7 Kebutuhan Daya Listrik Desa Nyaribungan.....	31
Tabel 4.8 Perkiraan Kebutuhan Energi Listrik Desa Nyaribungan	32
Tabel 4.9 Data Penyinaran Matahari di Desa Nyaribungan	34
Tabel 4.10 KHA Kabel NYYHY	46
Tabel 4.11 Kebutuhan Tiang SUTR	47
Tabel 4.12 Rekapitulasi Kebutuhan Komponen PLTS.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1: Lembar Data Baterai
- Lampiran 2: Lembar Data Modul Surya
- Lampiran 3: Lembar Data PV Inverter
- Lampiran 4: Lembar Data Baterai Inverter
- Lampiran 5: Lembar Data Alat Proteksi
- Lampiran 6: Lembar Data Penghantar NYHY
- Lampiran 7: Data Global Solar Atlas (GSA)
- Lampiran 8: *Simulation Report* PVsyst
- Lampiran 9: Desain Sistem PLTS Desa Nyaribungan
- Lampiran 10: Desain Perencanaan Jaringan SUTR Desa Nyaribungan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kondisi geografis Indonesia sebagai archipelago dengan ribuan pulau menciptakan hambatan besar dalam upaya penyediaan layanan listrik yang setara untuk seluruh rakyat [1]. Permasalahan ini menjadi semakin kompleks ketika menyangkut daerah terpencil, tertinggal, dan terluar (3T) yang secara geografis sulit dijangkau dan memiliki karakteristik sosial ekonomi yang berbeda dengan daerah perkotaan. Keterbatasan akses listrik di daerah 3T tidak hanya berdampak pada kualitas hidup masyarakat, tetapi juga menghambat pembangunan ekonomi dan sosial di wilayah tersebut.

Salah satu wilayah yang mengalami permasalahan keterbatasan akses listrik adalah Desa Nyaribungan, sebuah desa yang terletak di Kecamatan Laham, Kabupaten Mahakam Ulu, Kalimantan Timur. Desa ini berada pada koordinat 0.144743°N 115.086463°E dengan luas wilayah 632,66 km² dan dihuni oleh 231 jiwa yang terdiri dari 60 kepala keluarga [2]. Secara geografis, Desa Nyaribungan berada di bibir sungai dataran tinggi dan dikelilingi oleh hutan Kalimantan yang lebat, menjadikan akses menuju desa ini sangat sulit dan menantang. Isolasi geografis ini berdampak langsung pada berbagai aspek kehidupan masyarakat, termasuk akses terhadap layanan dasar seperti listrik, pendidikan, dan kesehatan.

Karakteristik sosial budaya masyarakat Desa Nyaribungan sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis dan keterbatasan akses terhadap peradaban modern. Mata pencaharian utama masyarakat adalah bertani dan bergantung pada sumber daya alam hutan sekitar untuk bertahan hidup. Ketergantungan pada alam dan keterbatasan akses pasar menjadikan tingkat pendapatan masyarakat tergolong rendah. Gaya hidup yang masih sederhana dan tradisional tercermin dari pola konsumsi energi listrik yang sangat minimal, dimana setiap rumah tangga umumnya hanya membutuhkan 8 buah lampu penerangan dan 3 stopkontak untuk kebutuhan dasar seperti mengisi daya perangkat komunikasi.

Pola aktivitas masyarakat yang masih mengikuti siklus alamiah matahari juga mempengaruhi kebutuhan dan konsumsi energi listrik. Aktivitas produktif dilakukan pada siang hari dengan memanfaatkan cahaya alami, sedangkan kebutuhan listrik tertinggi terjadi pada malam hari untuk penerangan dan aktivitas rumah tangga yang terbatas.

Karakteristik konsumsi energi yang sederhana ini sebenarnya memberikan peluang untuk implementasi sistem energi terbarukan yang sesuai dengan kebutuhan lokal.

Kondisi kelistrikan di Desa Nyaribungan saat ini masih sangat terbatas dan belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Jarak yang sangat jauh dari jaringan distribusi PLN terdekat dan kondisi topografi yang menantang menjadikan perluasan jaringan konvensional tidak ekonomis dan tidak praktis. Untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat saat ini mengandalkan generator diesel yang hanya beroperasi selama 6 jam dalam sehari, yaitu dari pukul 18.00 hingga 24.00 WITA.

Keterbatasan operasional generator diesel ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain tingginya biaya bahan bakar, kesulitan distribusi solar ke daerah terpencil, dan biaya perawatan yang relatif mahal. Kondisi ini tentunya sangat mempengaruhi kualitas hidup masyarakat, membatasi aktivitas produktif yang memerlukan energi listrik, dan menghambat akses informasi serta komunikasi dengan dunia luar. Ketergantungan pada generator diesel juga menimbulkan permasalahan lingkungan akibat emisi gas buang dan kebisingan yang dihasilkan [3].

Melihat permasalahan kelistrikan yang dihadapi, diperlukan solusi alternatif yang berkelanjutan dan sesuai dengan karakteristik lokal. Desa Nyaribungan memiliki potensi energi surya yang besar dan hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal. Data dari Global Solar Atlas, menunjukkan nilai *Global Horizontal Irradiation* (GHI) di wilayah ini mencapai 1735,6 kWh/m² per tahun dengan *peak sun hours* sebesar 4,7 jam per hari [4]. Potensi energi surya yang tinggi ini menunjukkan bahwa teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat menjadi solusi yang tepat dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat desa.

Melalui berbagai regulasi dan kebijakan, pemerintah Indonesia telah mendemonstrasikan dedikasi yang tinggi terhadap pengembangan energi terbarukan dan akselerasi program listrik masuk desa. Perpres Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik memberikan landasan hukum yang kuat untuk implementasi sistem energi surya. Selain itu, Peraturan Menteri ESDM No. 38 Tahun 2016 tentang Percepatan Elektrifikasi di Perdesaan Belum Berkembang, Terpencil, Perbatasan, dan Pulau Kecil Berpenduduk secara khusus mengatur upaya percepatan elektrifikasi desa-desa yang belum menikmati akses listrik seperti Desa Nyaribungan. Dukungan kebijakan ini memberikan momentum yang tepat untuk implementasi proyek PLTS di daerah terpencil.

Dalam konteks implementasi PLTS untuk Desa Nyaribungan, sistem *off-grid* menjadi pilihan yang paling sesuai mengingat jarak yang sangat jauh dari jaringan listrik PLN dan topografi yang menantang untuk pembangunan infrastruktur *grid* konvensional. [5]. Namun, sistem *off-grid* memerlukan perencanaan yang lebih kompleks karena harus mampu menyediakan energi secara kontinu dengan mengandalkan sistem penyimpanan energi (baterai) untuk periode tanpa sinar matahari.

Pemilihan konfigurasi sistem komunal lebih tepat dibandingkan sistem *rooftop* individual untuk Desa Nyaribungan berdasarkan beberapa pertimbangan teknis dan sosial. Kondisi atap rumah masyarakat yang umumnya tidak kuat dan tidak layak untuk menopang beban panel surya menjadi pertimbangan utama. Selain itu, sistem komunal memungkinkan perawatan yang lebih efisien dan terpusat. Pemerintah desa juga telah menunjukkan dukungan penuh dengan menyiapkan lahan khusus untuk instalasi sistem PLTS komunal yang memudahkan implementasi dan pengelolaan sistem.

Perencanaan sistem PLTS *off-grid* komunal memerlukan analisis teknis yang mendalam dan komprehensif untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara optimal sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal. Analisis ini meliputi perhitungan kapasitas sistem yang dibutuhkan, pemilihan komponen yang tepat, konfigurasi sistem yang optimal, serta prediksi kinerja sistem dalam jangka panjang. Untuk memastikan keakuratan dalam perencanaan dan prediksi kinerja sistem, hasil perencanaan PLTS komunal ini akan disimulasikan menggunakan *software* PVsyst, yang merupakan salah satu aplikasi terkemuka dalam industri energi surya untuk memodelkan sistem PV dengan akurasi tinggi, termasuk analisis produksi energi, efisiensi sistem, dan *losses*.

Berdasarkan latar belakang permasalahan kelistrikan di Desa Nyaribungan, potensi energi surya yang besar, dukungan kebijakan pemerintah, serta kebutuhan akan solusi energi yang berkelanjutan, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi konkret berupa perencanaan sistem PLTS komunal *off-grid* yang tepat guna, efisien, dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat Desa Nyaribungan. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi untuk implementasi sistem serupa di desa-desa terpencil lainnya yang memiliki karakteristik geografis dan sosial budaya yang serupa di seluruh Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang, maka pembahasan Skripsi ini ditekankan pada:

1. Berapakah besar kapasitas PLTS yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Desa Nyaribungan?
2. Bagaimana pemilihan tipe PLTS, konfigurasi sistem, serta pemilihan panel surya dan komponen *Balance of System* (BOS) yang digunakan?
3. Bagaimana analisis *Performance Ratio* (PR), produksi energi, efisiensi sistem, dan *losses* sistem PLTS menggunakan *software* PVsyst?

1.3. Batasan Masalah

Supaya sesuai dengan tujuan penulisan maka batas permasalahan ini antara lain:

1. Analisis hanya membahas perancangan teknis PLTS komunal sistem *off-grid* untuk Desa Nyaribungan.
2. Komponen-komponen PLTS yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah komponen yang sudah tersedia di pasaran.
3. Analisis tidak menghitung dari sisi ekonomi.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan Skripsi ini adalah:

1. Dapat menentukan besar kapasitas sistem PLTS sehingga mampu memenuhi kebutuhan energi listrik.
2. Dapat menentukan tipe PLTS, konfigurasi sistem, panel surya, serta komponen *Balance of System* (BOS) yang digunakan.
3. Dapat menentukan *Performance Ratio* (PR), produksi energi, efisiensi sistem, dan *losses* sistem PLTS menggunakan *software* PVsyst.

1.5. Manfaat Penelitian

Kehadiran penelitian ini menawarkan beberapa keunggulan, yaitu:

1. Penelitian ini dapat menjadi landasan penting dalam merencanakan PLTS komunal dengan skema *off-grid*, atau sebagai dasar rujukan untuk penelitian yang akan datang.
2. Meningkatkan bauran energi baru terbarukan di Indonesia, yang bertujuan untuk mengeliminasi ketergantungan terhadap energi fosil atau konvensional.
3. Kontribusi penelitian ini adalah mendorong penggunaan teknologi untuk memperluas informasi mengenai PLTS di kalangan masyarakat setempat.

1.6. Sistematika Penelitian

Struktur penulisan skripsi ini terbagi menjadi lima bagian utama, yaitu:

a. Bab I Pendahuluan

Membahas terkait latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan ruang lingkup penelitian, sasaran yang ingin dicapai, kegunaan penelitian, serta kerangka penulisan.

b. Bab II Tinjauan Pustaka

Memaparkan studi literatur terdahulu dan dasar teori yang relevan, gambaran umum lokasi penelitian, elemen-elemen yang dipergunakan, serta aplikasi perangkat lunak PVsyst.

c. Bab III Metode Penelitian

Menjelaskan lokasi dan periode pelaksanaan penelitian, rancangan penelitian, teknik pengumpulan data, cara analisis data, bagan alur penelitian, dan jadwal kegiatan.

d. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Menyajikan temuan dari permasalahan yang diteliti, meliputi analisis kebutuhan beban listrik, kalkulasi dan perancangan sistem PLTS, serta simulasi menggunakan aplikasi PVsyst.

e. Bab V Penutup

Menyampaikan rangkuman hasil penelitian dan rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil peramalan beban listrik Desa Nyaribungan menggunakan metode *regresi linier* berdasarkan data statistik BPS Kabupaten Mahakam Ulu menunjukkan proyeksi kebutuhan hingga 15 tahun ke depan (2025-2040). Pada tahun 2040, diproyeksikan terjadi pertumbuhan penduduk sebesar 255 jiwa dengan penambahan menjadi 65 rumah dan 11 fasilitas umum. Kebutuhan energi listrik harian untuk rumah sebesar 1.760 Wh/hari dan fasilitas umum sebesar 2.200 Wh/hari. Berdasarkan proyeksi tersebut, kapasitas PLTS yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Desa Nyaribungan adalah 48 kWp dengan kebutuhan harian sebesar 180,18 kWh/hari.
2. Tipe PLTS yang dipilih adalah sistem *off-grid* karena lokasi desa berada sangat jauh dari jaringan listrik PLN, sehingga tidak memungkinkan untuk terhubung dengan grid. Konfigurasi sistem komunal dipilih sebagai solusi yang lebih tepat dibandingkan sistem *rooftop* individual, mengingat kondisi atap rumah masyarakat yang umumnya tidak kuat dan tidak layak untuk menopang beban panel surya. Komponen sistem PLTS yang digunakan adalah panel surya berjumlah 120 modul dengan kapasitas 400 Wp per modul. PV Inverter 2 buah dengan kapasitas masing-masing 30 kW. Konfigurasi *array* setiap inverter terhubung dengan 3 string, di mana setiap string terdiri dari 20 modul solar panel. Sistem penyimpanan baterai berkapasitas 748,8 kWh yang tersusun dari 312 unit baterai 2V dengan kapasitas 1200 Ah. Baterai inverter 9 unit dengan kapasitas 6 kW per unit. Sistem penyimpanan yang dirancang mampu menyuplai kebutuhan listrik desa selama 3 hari pada kondisi tanpa suplai dari modul surya, sehingga menjamin kontinuitas suplai listrik.
3. Berdasarkan hasil simulasi PVsyst, potensi energi sebesar 86.017 kWh per tahun. Namun, akibat adanya *losses* sebesar 16,71% (14.380 kWh) maka energi tersedia untuk disuplai ke beban adalah 71.637 kWh per tahun dengan energi bersih yang dapat dimanfaatkan sebesar 65.341 kWh per tahun. Nilai *Performance Ratio* (PR)

mencapai 74,23% yang menunjukkan efisiensi konversi energi cukup baik untuk sistem dengan penyimpanan baterai. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat *losses* pada proses konversi dan penyimpanan, sistem PLTS *off-grid* masih mampu memberikan ketersediaan energi yang optimal untuk memenuhi kebutuhan listrik Desa Nyaribungan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil perencanaan PLTS *off-grid* di Desa Nyaribungan, berikut beberapa saran yang dapat direkomendasikan:

1. Perlu ditambah pembahasan dari segi ekonomi termasuk di dalamnya membahas tentang biaya investasi, biaya produksi, dan *Return on Cost* (ROC).
2. Implementasi sistem *monitoring real-time* untuk memantau kinerja panel surya, kondisi baterai, dan konsumsi energi guna memaksimalkan efisiensi operasional.
3. Melakukan studi detail mengenai dampak lingkungan dan sosial ekonomi untuk evaluasi keberlanjutan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Akhmad, *Ensiklopedia keragaman budaya*. Alprin, 2020.
- [2] Badan Pusat Statistik, “Kecamatan Laham dalam Angka 2024,” Mahakam Ulu, 2024.
- [3] A. W. Sihombing, D. Erivianto, dan M. E. Dalimunthe, “Feasibility Analysis of Diesel Power Plant Operations (PLTD) in North Sumatra,” *Holistic Science*, vol. 5, no. 1, hlm. 83–91, 2025.
- [4] globalsolaratlas.info, “Global Solar Atlas, Nyaribungan, East Kalimantan 00.143981°, 115.08646°,” Mei 2025.
- [5] M. P. Sihotang, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System,” 2019, *Pekanbaru: Univestas Islam Negri Sultan Syarif Kasim*.
- [6] V. R. Kossi, “Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah.”
- [7] R. Marcellino, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System untuk Pedesaan Terpencil (Studi Kasus: Desa Kasang Padang, Kabupaten Rokan Hulu, Riau),” Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2017.
- [8] C. Ratna, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Komunal Sistem Off-Grid di Pegadungan Kabupaten Lombok Utara,” Universitas Mataram, Mataram, 2017.
- [9] G. Ayu, D. Adnya, dan N. Lubis, “Studi Perencanaan Pusat Listrik Tenaga Surya Off Grid 50 kWp,” 2018.
- [10] S. S. Utami, B. Prayitno, F. R. Salis, R. J. Yanti, dan G. S. Adi, *Karya hijauku untuk kampus biruku*. UGM PRESS, 2021.
- [11] S. Sugiyono, “Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D,” *Alfabeta Bandung*, vol. 14, 2010.
- [12] Devi Nuryadi, “Konsep Rumah Mandiri Energi Menggunakan Tenaga Surya Dan Biogas,” Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Riau, 2011.
- [13] D. Kurniawan, “Peramalan Pertumbuhan Penduduk menggunakan *Regresi Linier*,” 2008, *Statistic*.
- [14] Menteri ESDM, “Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero),” 2018. [Daring]. Tersedia pada: www.peraturan.go.id
- [15] M. Y. Puriza, W. Yandi, dan A. Asmar, “Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dengan Panel Surya Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang,” *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 8, no. 1, hlm. 47–52, 2021.