

SKRIPSI

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA HYBRID (PLTS - PLTD) DI
KECAMATAN PULAU ENDE, KABUPATEN ENDE,
NTT**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

David Pratama Putra

NIM. 2415374012

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

ABSTRAK

Pulau Ende di Provinsi Nusa Tenggara Timur merupakan salah satu wilayah dengan sistem kelistrikan terisolasi yang saat ini hanya disuplai oleh PLTD Ndoriwoy. Kondisi daya mampu pasok 400 kW dan beban puncak malam 405 kW menunjukkan adanya defisit energi yang menyebabkan pemadaman terbatas. Dengan potensi iradiasi global sebesar 5,826 kWh/m²/hari, kawasan ini sangat cocok untuk dikembangkan sistem energi surya. Penelitian ini bertujuan merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) berbasis PLTS–PLTD menggunakan perangkat lunak HOMER Pro untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi energi di Pulau Ende. Hasil simulasi menunjukkan konfigurasi optimal terdiri dari PLTS berkapasitas 134 kWp, genset diesel 60 kW, inverter 66,3 kW, dan 240 baterai VRLA OPzV1500. Sistem mampu menghasilkan energi tahunan 221.404 kWh dengan kontribusi PLTS sebesar 99,5% dan konsumsi bahan bakar sangat rendah, hanya 385 liter/tahun. Efisiensi penyimpanan energi mencapai 95%, sementara surplus energi mencapai 25,4%. Biaya produksi listrik PLTS hanya Rp 216/kWh, jauh lebih murah dibanding PLTD sebesar Rp 2.778/kWh. Nilai keekonomian menunjukkan Net Present Cost (NPC) sebesar Rp 4,08 miliar, Levelized Cost of Energy (LCOE) Rp 1.650,40/kWh, dan Life Cycle Cost (LCC) selama 25 tahun sebesar Rp 4,4 miliar. Hasil ini membuktikan bahwa sistem PLTH sangat layak diterapkan di Pulau Ende untuk mendukung transisi energi bersih dan memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat akibat pertumbuhan sektor pariwisata.

Kata Kunci : PLTS, PLTD, Homer Pro, Sistem *Hybrid*, Analisa Teknis, Kelayakan Ekonomis

ABSTRACT

Pulau Ende, located in East Nusa Tenggara Province, is one of the regions in Indonesia with an isolated electrical system currently supplied solely by the Ndoriwoy Diesel Power Plant (PLTD). With a power supply capacity of 400 kW and a nighttime peak load of 405 kW, the system experiences an energy deficit, resulting in periodic load shedding. Given the area's high solar irradiation potential of 5.826 kWh/m²/day, it is highly suitable for the development of solar energy systems. This study aims to design a Hybrid Power Generation System (PLTH) combining Solar Power (PLTS) and Diesel Power (PLTD), utilizing the HOMER Pro software to enhance reliability and energy efficiency in Pulau Ende. Simulation results indicate an optimal configuration consisting of a 134 kWp PLTS, a 60 kW diesel generator, a 66.3 kW inverter, and 240 VRLA OPzV1500 batteries. The system can generate 221,404 kWh of electricity annually, with solar energy contributing 99.5% of the total and fuel consumption limited to only 385 liters per year. The system achieves a high energy storage efficiency of 95% and an energy surplus of 25.4%. The electricity production cost from PLTS is only IDR 216/kWh, significantly lower than that of PLTD at IDR 2,778/kWh. The economic analysis shows a Net Present Cost (NPC) of IDR 4.08 billion, a Levelized Cost of Energy (LCOE) of IDR 1,650.40/kWh, and a 25-year Life Cycle Cost (LCC) of IDR 4.4 billion. These findings demonstrate that the proposed PLTH system is technically and economically feasible for implementation in Pulau Ende, supporting the transition to clean energy and meeting the increasing electricity demand driven by the region's growing tourism sector.

Keywords: *PLTS, PLTD, HOMER Pro, hybrid system, technical analysis, economic*

Analysis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	xiii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	xiv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
KATA PENGANTAR	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xxiv
DAFTAR TABEL.....	xxvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	6
PENDAHULUAN	6
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2 Energi Matahari	7
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	8
2.4 Sistem Pembangkit	8
2.4.1 PLTS Off-Grid.....	8
2.4.2 PLTS On-Grid.....	9
2.4.3 PLTS Hybrid.....	10
2.5 Sel Surya	10
2.5.1 Monokristal (Mono-crystalline).....	11
2.5.2 Polikristal (Poly-Crystalline)	12
2.5.3 Thin Film Photovoltaic	12
2.6 Array Modul Surya	13
2.7 Inverter.....	15
2.7.1 Inverter Kisi	17
2.7.2 Inverter Vertikal.....	17

2.7.3	Inverter Khusus.....	17
2.8	SCC (Solar Charger Controller)	17
2.8.1	PWM (Modulasi Pulsa)	18
2.8.2	MPPT (Pelacakan Titik Maksimum)	18
2.9	Baterai.....	18
2.10	Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).....	19
2.10.1	Prinsip Kerja Mesin Diesel	19
2.11	Studi Kelayakan Ekonomi	20
2.11.1	Net Present Cost (NPC)	20
2.11.2	Capital Cost (Biaya Investasi)	20
2.11.3	Life Cycle Cost (LCC).....	20
2.11.4	Cost of Energy (COE).....	21
2.11.5	Biaya Operasi dan Perawatan (O&M Cost).....	22
2.11.6	Salvage (Nilai Sisa)	23
2.12	<i>Software</i> HOMER Pro	23
2.12.1	Input Load/ Beban	24
2.12.2	Input Komponen	24
2.12.3	Input Sumber Daya/ <i>Resources</i>	24
2.12.4	Masukan ekonomi.....	25
2.12.5	Simulasi	25
2.12.6	Optimalisasi	25
2.12.7	Analisis Sensivitas	25
2.13	<i>Software</i> Google Earth	25
2.14	<i>Software</i> Meteonorm 8.....	26
2.14.1	Mengitung.....	27
2.14.2	Membagi	27
2.14.3	Membuat Data.....	27
2.15	Kabel Instalasi dan MCB.....	27
2.15.1	KHA kabel NYA dan sejenisnya	28
2.15.2	KHA kabel NYM dan sejenisnya	28
BAB III		30
METODE PENELITIAN		30
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.1.1.	Lokasi Penelitian.....	30
3.1.2.	Waktu Penelitian.....	31

3.2.	Instrumen Penelitian	31
3.3.	Sumber dan Jenis Data.....	31
3.3.1	Data Primer	31
3.3.2	Data Sekunder.....	32
3.4.	Rancangan Penelitian.....	32
3.5.	Sistem PLTH di Pulau Ende	32
3.6.	Tahap Penelitian	33
3.6.1.	Studi Pendahuluan	33
3.6.2.	Identifikasi Masalah.....	33
3.6.3.	Langkah Penyelesaian Skripsi	35
3.7.	Metode Pengumpulan Data.....	35
3.8.	Metode Analisa Data	40
3.8.1.	Simulasi Menggunakan Software HOMER Pro	41
3.8.2.	Metode Perhitungan Teoritis	43
BAB IV		46
HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1.	Kondisi Awal	46
4.2.	Profil Beban Pulau Ende.....	46
4.3.	Data Iklim	47
4.3.1.	Data Intensitas Radiasi Matahari	47
4.3.2.	Data Temperature	48
4.4.	Menentukan Lokasi PLTH (Pembangkit Listrik Tenagaa <i>Hybrid</i>)	49
4.5.	Spesifikasi Komponen Utama	50
4.5.1.	Generator	50
4.5.2.	Panel Surya	53
4.5.3.	Baterai.....	54
4.5.4.	Inverter.....	55
4.6.	Spesifikasi Komponen Pendukung	56
4.7.	Pemodelan dan Simulasi Sistem PLTH menggunakan <i>Software</i> HOMER Pro	58
4.7.1.	Desain Sistem Hybrid Dengan Software HOMER Pro	59
4.7.2.	ProsesKoordinat Lokasi PLTH.....	59
4.7.3.	Memasukkan Data Radiasi Matahari.....	60
4.7.4.	Memasukkan Temperature	60
4.7.5.	Memasukkan Data Beban Pada Lokasi Penelitian	61

4.7.6. Memasukkan Data PLTD	61
4.7.7. Memasukkan Data Panel Surya	64
4.7.8. Penyusunan Array Panel Surya.....	66
4.7.9. Memasukkan Data Converter	68
4.7.10. Memasukkan Data Baterai.....	68
4.7.11. Memasukkan Data Ekonomi.....	72
4.8. Konfigurasi Sistem Pembangkit Optimal Berdasarkan Simulasi <i>Software</i> HOMER Pro	72
4.8.1. Konfigurasi sistem PLTD	73
4.8.2. Konfigurasi Sistem PLTS	73
4.8.3. Konfigurasi Sistem <i>Hybrid</i> (PLTS-PLTD).....	74
4.9. Analisa Teknis Konfigurasi Sistem <i>Hybrid</i> (PLTD-PLTS).....	75
4.9.1. Energi Listrik Yang Di Produksi PLTD	75
4.9.2. Konsumsi BBM	76
4.9.3. Energi Listrik Yang Di Produksi PLTS	76
4.9.4. Energi Listrik Yang Disimpan Di Baterai	77
4.9.5. Total Energi Listrik Yang Dihasilkan.....	79
4.9.6. Excess Electricity.....	79
4.9.7. Kurva Selisih Daya PLTS Dengan PLTD	80
4.9.8. Renewable Penetration	88
4.10. Analisa Ekonomi Konfigurasi Sistem <i>Hybrid</i> (PLTD-PLTS).....	89
4.10.1. Capital Cost.....	89
4.10.2. Biaya Operational dan Pemeliharaan.....	91
4.10.3. Nilai Sisa atau <i>Salvage</i>	92
4.10.4. Net Present Cost (NPC)	93
4.10.5. Life Cycle Cost	94
4.10.6. Cost of Energy (COE).....	94
BAB V	96
PENTUP	96
5.1. Kesimpulan	96
5.2. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 PLTS Secara Umum [8]	8
Gambar 2. 2 Sistem PLTS Off-Grid [9]	9
Gambar 2. 3 Sistem PLTS On-Grid.....	9
Gambar 2. 4 Hubungan Sel Surya, PV Modul dan Array.....	10
Gambar 2. 5 Susunan Pembuatan Panel Surya	11
Gambar 2. 6 Monocrystalline Silicon Module [12].....	11
Gambar 2. 7 Polycrystalline Silicon Module.....	12
Gambar 2. 8 Thin Film Photovoltaic	12
Gambar 2. 9 Diagram Inverter Satu Fasa	15
Gambar 2. 10 Inverter.....	16
Gambar 2. 11 Prinsip Teknologi PWM	16
Gambar 2. 12 Input dan Output Simulasi HOMER Pro	24
Gambar 2. 13 Google Earth Pro [22].....	26
Gambar 2. 14 Software Meteonorm 8 [23].....	27
Gambar 3. 1 Blok Sistem PLTH.....	32
Gambar 3. 4 Menentukan Lokasi Software Meteonorm 8.....	37
Gambar 3. 5 Modifikasi Import Data Lokasi Metonorm 8.....	38
Gambar 3. 6 Calculation Setting.....	38
Gambar 3. 7 Output Format.....	39
Gambar 3. 8 Hasil Software Metonorm 8.....	39
Gambar 3. 9 Skema Proses Simulasi Software HOMER Pro.....	41
Gambar 3. 10 Menentukan Lokasi di Software Homer Pro	41
Gambar 3. 11 Memasukkan Data Beban di Software HOMER Pro.....	42
Gambar 3. 12 Memasukkan Data Radiasi di Software HOMER Pro	42
Gambar 3. 13 Memasukkan Data Komponen di Software HOMER Pro	43
Gambar 3. 14 Melakukan Desain dan Simulasi di Software HOMER Pro	43
Gambar 4. 1 Profil Beban Listrik Harian.....	47
Gambar 4. 2 Grafik Radiasi Matahari (Meteonorm 8)	48
Gambar 4. 3 Rata-rata Harian Radiasi Matahari.....	48
Gambar 4. 4 Grafik Temperatur Bulanan	49
Gambar 4. 5 Lokasi PLTS dan PLTD.....	49
Gambar 4. 6 Layout Lokasi PLTH	50
Gambar 4. 7 DEUTZ F10L413F 6712095.....	51
Gambar 4. 8 DEUTZ BF6M1013 60072193	51
Gambar 4. 9 PERKINS 1006TAG YD37746U921948U	52
Gambar 4. 10 MAN D2842LE201 39499221034201	53
Gambar 4. 11 Panel Surya Tiger 78TR 470W	54
Gambar 4. 12 Baterai 2V 12 OpzV 1500.....	54
Gambar 4. 13 Inverter SUNON10 10 kW	55
Gambar 4. 14 Desain Pembangkit Hybrid Software Pada HOMER Pro.....	59
Gambar 4. 15 Lokasi Penelitian Pada Software HOMER Pro	60
Gambar 4. 16 Data Radiasi Matahari.....	60
Gambar 4. 17 Data Temperature.....	61
Gambar 4. 18 Memasukkan Data Beban Pada Software HOMER Pro	61

Gambar 4. 19 Inputan DEUTZ 60 kW/1	62
Gambar 4. 20 Inputan DEUTZ 60 kW/2	63
Gambar 4. 21 Inputan DEUTZ 80 kW	63
Gambar 4. 22 Inputan PERKINS.....	64
Gambar 4. 23 Inputan MAN	64
Gambar 4. 24 Inputan Panel Surya	66
Gambar 4. 25 Array Panel Surya	67
Gambar 4. 26 Inputan Converter	68
Gambar 4. 27 Inputan Baterai.....	71
Gambar 4. 28 Inputan Nilai Ekonomi.....	72
Gambar 4. 29 Pemodelan Konfigurasi Sistem PLTD.....	73
Gambar 4. 30 Pemodelan Konfigurasi Sistem PLTS	73
Gambar 4. 31 Gambar 4. 30 Pemodelan Konfigurasi Sistem Hybrid (PLTS-PLTD)	74
Gambar 4. 32 Hasil Simulasi Produksi Listrik Generator	75
Gambar 4. 33 Grafik Daya Yang Disuplai Oleh Generator.....	76
Gambar 4. 34 Hasil Simulasi Konsumsi Bahan Bakar	76
Gambar 4. 35 Hasil Simulasi Produksi Listrik Panel Surya	77
Gambar 4. 36 Grafik Daya Listrik Yang Disuplai Oleh Panel Surya.....	77
Gambar 4. 37 Hasil Penyimpanan Energi Pada Baterai	78
Gambar 4. 38 Grafik Pengisian dan Pengosongan Baterai	78
Gambar 4. 39 Tampilan Total Produksi Energi Listrik	79
Gambar 4. 40 Grafik Waktu Daya Listrik Yang Terbuang	80
Gambar 4. 41 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Januari	81
Gambar 4. 42 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Februari	81
Gambar 4. 43 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Maret	82
Gambar 4. 44 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan April	83
Gambar 4. 45 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Mei	83
Gambar 4. 46 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Juni	84
Gambar 4. 47 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Juli.....	84
Gambar 4. 48 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Agustus	85
Gambar 4. 49 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan September	86
Gambar 4. 50 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Oktober	86
Gambar 4. 51 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan November.....	87
Gambar 4. 52 Kurva Selisih Daya PLTS dan PLTD Bulan Desember	88
Gambar 4. 53 Renewable Penetration.....	89
Gambar 4. 54 Tampilan Cost Summary	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel KHA NYA Kabel dan Jenisnya [24]	28
Tabel 2. 2 KHA Kabel NYM dan Jenisnya [24].....	29
Tabel 3. 1 Lokasi Penelitian	30
Tabel 3. 3 Pengukuran beban Gardu Penyulang Ndoriwoy.....	36
Tabel 3. 4 Populasi dan Sampel Beban Listrik.....	36
Tabel 3. 5 DMP dan Spesifikasi Generator	39
Tabel 4. 1 Beban Pulau Ende.....	47
Tabel 4. 2 Spesifikasi DEUTZ F10L413F 6712095.....	51
Tabel 4. 3 Spesifikasi DEUTZ BF6M1013 60072193	52
Tabel 4. 4 Spesifikasi PERKINS 1006TAG YD37746U921948U	52
Tabel 4. 5 Spesifikasi MAN D2842LE201 39499221034201.....	53
Tabel 4. 6 Spesifikasi Panel Surya Tiger 78TR 470W	54
Tabel 4. 7 Spesifikasi Baterai 2V 12 OpzV 1500	55
Tabel 4. 8 Spesifikasi Inverter SUNON10 10 kW.....	56
Tabel 4. 9 Spesifikasi Komponen Pendukung	57
Tabel 4. 10 Tabel Kebutuhan BBM dan Pelumas Generator	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia memiliki luas wilayah terbesar di dunia dengan pulau mencapai sekitar 17.500. Penduduknya mencapai kisaran 220 juta, di mana 60% dari populasi tersebut tinggal di daerah pedesaan. Di Indonesia, mayoritas sumber listrik berasal dari fosil, dengan melampaui 82% produksi listrik bergantung pada sumber ini. Sementara itu, hanya 18% yang berasal dari energi terbarukan. Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu solusi yang efektif untuk meningkatkan penerangan di desa-desa terpencil, mengingat potensi energi ramah lingkungan di Indonesia yang cukup signifikan. Data mencerminkan bahwasanya kapasitas tenaga fotovoltaik mencapai 207.898 MW, namun tingkat pelayanggunaannya masih sangat minim, yakni hanya 0,04% menurut informasi dari PT. PLN Persero, 2018 [1].

Pulau Ende merupakan sebuah Kecamatan yang terletak di Pulau Flores tepatnya di Kabupaten Ende Provinsi Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Ende. Jumlah penduduk pulau Ende sebanyak 8.036 penduduk dengan luas wilayah 10,22 km² dan kepadatan penduduk per km² sebesar 805 penduduk [2]. Pulau Ende memiliki potensi pariwisata yang menarik baik dari segi wisata alam seperti panorama sunset di Pantai Ria, air panas Koloronggo, kemudian wisata budaya seperti kampung adat Koanara dan tarian tradisional Gawi. Dengan daya tarik wisata tersebut maka potensi pertumbuhan industri pariwisata di Pulau Ende akan meningkat dan kebutuhan Listrik akan meningkat juga.

Pada kelistrikan system Pulau Ende terdapat 2 unit Layanan Pelanggan dari PT. PLN (Persero) yaitu Unit Layanan Pembangkit Listrik (ULPL) Ende yang memiliki tanggung jawab pada proses pembangkitan Listrik dan Unit Layanan Pelanggan (ULP) Ende yang bertanggung jawab pada proses pendistribusian Listrik ke Masyarakat atau pelanggan. Kedua unit layanan tersebut berkolaborasi untuk dapat menyalurkan listrik bagi seluruh penduduk Pulau Ende dengan andal.

Pulau Ende adalah pulau kecil yang terpisah dengan pulau besar yaitu Pulau Flores, sehingga memiliki system kelistrikan *isolated* dengan mengandalkan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Saat ini berdasarkan data dari PT. PLN (Persero) ULP Ende terdapat 1.855 pelanggan aktif dengan di-*supply* oleh satu penyulang yaitu Penyulang Ndoriwoy yang memiliki 10 trafo dsistribusi. Pada system kelistrikan Pulau Ende di

supply dari PLTD Ndoriwoy dengan 5 mesin disel dengan kapasitas daya yang berbeda-beda [2]. Berdasarkan data yang didapat dari PT. PLN (Persero) ULPL Ende yang membawahi PLTD Ndoriwoy diketahui bahwa Daya Mampu Pasok (DMP) yang dihasilkan PLTD Ndoriwoy sebesar 400 kW dengan Beban Puncak Siang (BPS) 220 kW, sedangkan untuk Beban Puncak Malam (BPM) 405 kW [3]. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa system kelistrikan Pulau Ende mengalami *defisit* sebesar 5 kW sehingga pada saat beban puncak malam, perlu dilakukan penyesuaian pola operasi mengurangi jumlah beban dengan memutus beban pada *Cut Out* (CO) Maumau GTT NW005 daya 50 kVa, *Cut Out* (CO) Aejeti GTT NW004 daya 50 kVA atupun *Cut Out* (CO) Ekoreko GTT NW007 daya 100 kVa. Oleh sebab itu diperlukan adanya Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mengatasi *deficit* salah satunya dengan penambahan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang *On-Grid* dengan PLTD atau yang dapat disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH).

Informasi radiasi matahari didasarkan pada *software* Meteonorm 8 dihimpun *Direct Normal Irradiance* (DNI) di angka 5,303 kWh/m²/ hari, sedangkan nilai *Global Horizontal Irradiation* sebesar 5,826 kWh/m²/ hari. Nilai tersebut melebihi Iradiasi ideal yang diperlukan panel *Photovoltaic* (PV) untuk membangkitkan energi listrik yaitu sebesar 4,5 – 5 kWh/m²/hari berdasarkan IEC 61724 2017 tentang Pemantauan Kinerja Sistem Fotovoltaik.

Untuk meningkatkan efisiensi dalam memenuhi kebutuhan listrik, pembangkit listrik tenaga hibrid (PLTH) menggabungkan berbagai sumber energi yang dapat diperbarui dan yang tidak dapat diperbarui. Kedua aspek yang harus diperhatikan saat mengevaluasi kinerja sistem PLTH adalah keandalan dan ekonomi. HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) merupakan salah satu alat yang dapat dimanfaatkan untuk memodelkan analisis kinerja ini. Perangkat lunak ini menganalisis dan mengoptimalkan desain sistem pembangkit hibrid dengan fokus pada pencapaian nilai NPC (Net Present Cost) terendah, serta menghasilkan estimasi ukuran atau kapasitas sistem dan biaya yang terkait.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan model sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) yang berbasis energi terbarukan dan ramah lingkungan. Fokus utama adalah sebagai sumber energi alternatif guna mengurangi penggunaan bahan bakar fosil serta memenuhi kebutuhan energi listrik di Pulau Ende. Peneliti memfokuskan penelitian ini pada judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Plts - Pltd) Di Kecamatan Pulau Ende, Kabupaten Ende, NTT.”

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah diuraikan, pembahasan dari permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pemodelan dan simulasi untuk mengetahui potensi dan performa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid menggunakan *software* HOMER Pro di Pulau Ende ?
2. Bagaimana konfigurasi pembangkit Listrik Tenaga Hybrid yang optimal untuk diterapkan pada sistem kelistrikan *isolated* di Pulau Ende ?
3. Bagaimana analisis kelayakan ekonomi perencanaan menggunakan *software* HOMER Pro dan perhitungan secara teoritis dalam mengoptimalkan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pulau Ende?

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penulisan Laporan Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang diperlukan berasal dari PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pembangkit Listrik (ULPL) Ende dan Unit Layanan Pelanggan (ULP) Ende.
2. Lokasi yang menjadi objek penelitian adalah Kecamatan Pulau Ende, Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur.
3. Simulasi kelistrikan memanfaatkan dukungan berbasis HOMER Pro.
4. Analisis kelayakan dalam penelitian ini adalah biaya investasi awal, *Net Present Cost* (NPC), *Life Cycle Cost* (LCC), *Salvage*, *Biaya Operational and Maintenance* (O&M), serta *Cost of Energy* (COE) dengan menggunakan *software* simulasi HOMER Pro dan perhitungan teoritis.
5. Tidak membahas tentang *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PBP), *Profitability Index* (PI), dan *Internal Rate of Return* (IRR).
6. Penelitian akan membandingkan hasil dari simulasi menggunakan *software* HOMER Pro dan perhitungan teoritis

1.4. Tujuan Penelitian

Merujuk pada permasalahan yang telah disusun, maka maksud dari permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini, yakni:

1. Untuk menelusuri potensi dan performa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid berbasis *software* HOMER Pro di Pulau Ende.

2. Untuk mengetahui konfigurasi pembangkit listrik *hybrid* yang optimal untuk diterapkan pada sistem kelistrikan *isolated* di Pulau Ende.
3. Untuk mengevaluasi kelayakan perencanaan berbasis software HOMER Pro dan kalkulasi berbasis teori guna menyempurnakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pulau Ende.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan, dapat dipahami manfaat dari permasalahan yang diuraikan pada riset ini, yaitu:

1. Penelitian ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai potensi energi terbarukan yaitu tenaga surya di Pulau Ende serta menganalisis performa sistem *hybrid*. Ini penting sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan energi lokal yang efisien dan berkelanjutan.
2. Penelitian ini menghasilkan konfigurasi sistem pembangkit *hybrid* yang paling efisien dan andal berdasarkan kondisi geografis dan kebutuhan beban di Pulau Ende. Manfaatnya adalah sebagai referensi teknis untuk investor, pemerintah daerah, dan pengembang proyek dalam merancang sistem kelistrikan *isolated* yang tahan lama dan hemat biaya.
3. Melalui integrasi simulasi menggunakan HOMER Pro dan perhitungan teoritis, penelitian ini dapat memberikan justifikasi kelayakan dari sisi teknis, ekonomi, dan keberlanjutan. Hal ini penting untuk menurunkan risiko investasi, mempercepat realisasi proyek, dan memastikan bahwa sistem yang dibangun benar-benar optimal dari sisi biaya dan kinerja jangka panjang.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penyusunan laporan akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi dasar – dasar teori dan referensi yang berkaitan dengan penulisan skripsi. Berisi tentang penjelasan energi matahari, PLTS, system pembangkit, *array modul* surya, inverter, SCC, baterai, PLTD, studi aspek ekonomi, *software* HOMER Pro, *software*

meteonorm 8, kabel dan MCB yang akan dipergunakan untuk perencanaan PLTH di Pulau Ende.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, flowchart pengerjaan skripsi, dan deskripsinya.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pembahasan data yang didapat dari hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran – saran terkait hasil penelitian yang telah diperoleh.

BAB V

PENTUP

5.1. Kesimpulan

Didasarkan pada perancangan PLTH (PLTS-PLTD) Kecamatan Pulau Ende, Kabupaten Ende, kesimpulannya adalah berikut ini :

1. Pemodelan dan simulasi dengan HOMER Pro, sistem PLTH di Pulau Ende menunjukkan performa teknis yang sangat baik untuk sistem kelistrikan terisolasi. Sistem dirancang dengan 160 panel surya berkapasitas 470 Wp, disusun dalam 10 array (masing-masing 4 seri $\times$ 4 paralel), menghasilkan daya output per array 7.520 W dan total daya terpasang 75.200 Wp. Digunakan 10 inverter berkapasitas 10 kW dan 192 baterai VRLA 2V OPzV1500, dengan konfigurasi bus DC 48 V dan DOD 80%. Rancangan ini menghasilkan energi harian rata-rata tinggi dan menjamin keandalan operasional sepanjang tahun.
2. Konfigurasi paling optimal untuk sistem *isolated* Pulau Ende, yaitu panel surya 134 kWp, 1 generator MAN 150 kW, 2 generator DEUTZ 60 kW, 240 unit baterai, dan inverter 66,3 kW. Total produksi energi tahunan sebesar 221.404 kWh/tahun, dengan kontribusi PLTS 220.393 kWh/tahun (99,5%) dan PLTD 1.011 kWh/tahun (0,456%). Energi surplus mencapai 56.255 kWh/tahun (25,4%). Pengonsumsian energi hanya 0,0439 liter/jam, serupa dengan 1,05 liter/hari atau 385 liter/tahun. Dana memproduksi listrik PLTD senilai Rp 2.778/kWh, sementara PLTS Rp 216/kWh, yang produksi harian rata-rata 604 kWh/hari juga PV penetration 149%. Energi yang disimpan sebesar 95.762 kWh/tahun, dengan output 91.263 kWh/tahun dan losses 4.796 kWh/tahun, menunjukkan efisiensi penyimpanan yang tinggi.
3. Analisis keekonomian menunjukkan bahwa Net Present Cost (NPC) dari simulasi HOMER Pro mencapai Rp 4.077.956.404, sedangkan perhitungan teoritis menghasilkan Rp 3.477.524.856,23, dengan selisih Rp 600.431.548 akibat perbedaan pendekatan pemodelan. Levelized Cost of Energy (LCOE) HOMER Pro sebesar Rp 1.650,40/kWh, lebih rendah dibanding teoritis Rp 2.282,88/kWh, selisih Rp 632,48/kWh, menunjukkan efisiensi biaya lebih tinggi pada hasil simulasi. Investasi awal pembangunan sistem PLTH sebesar Rp 2.581.088.789, dengan biaya operasi dan pemeliharaan tahunan Rp 51.621.775. Komponen inverter yang masih

bernilai di akhir umur sistem memberikan salvage value Rp 244.130.597,14. Dengan mempertimbangkan seluruh biaya termasuk penggantian komponen dan salvage, Life Cycle Cost (LCC) sistem selama 25 tahun sebesar Rp 4.397.301.354, mencerminkan total biaya proyek secara menyeluruh.

5.2. Saran

1. Maksimalkan Energi Surplus dan Efisiensi Sistem

Energi surplus 56.255 kWh/tahun (25,4%) dapat dimanfaatkan untuk cold storage atau EV charging. Baterai menyimpan 95.762 kWh/tahun, keluaran 91.263 kWh, losses 4.796 kWh. Gunakan BMS efisien, pertimbangkan LiFePO₄, dan lakukan penggantian inverter 10 unit (10 kW) setiap 7 tahun. Nilai salvage inverter: Rp244 juta; O&M tahunan: Rp51,6 juta.

2. Minimalkan PLTD dan Tekan Biaya Energi

PLTD hanya suplai 0,456% energi (1.011 kWh/tahun), tapi biayanya tinggi (Rp2.778/kWh, 385 liter/tahun BBM). Pertimbangkan biofuel atau genset gas kecil. LCOE HOMER: Rp1.650/kWh, lebih efisien dari teoritis (Rp2.282/kWh). Evaluasi ulang biaya investasi awal: Rp2,58 miliar.

3. Dukung Keberlanjutan & Pendanaan

Dengan NPC Rp4,07 miliar dan LCC Rp4,39 miliar, sistem layak secara ekonomi. Ajukan pendanaan ke PT. PLN (Persero) memanfaatkan insentif EBT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. P. (Persero), Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2018-2027, Jakarta: PT. PLN (Persero), 2018.
- [2] I. N. S. a. I. W. S. A. Ardiansyah, "Perencanaan PLTS On Grid System Pada Kantor badan Perencanaan Pembangunan Daerah," *Penelitian Dan Skripsi Program Studi Teknik Otomasi Teknik Elektro*, vol. 8, 2021.
- [3] P. Ndoriwoy, Interviewee, *Sistem Kelistrikan Pulau Ende*. [Interview]. 7 April 2025.
- [4] S. P. Ana Nur Azizah, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PV Dan Mikrohidro) Terhubung Grid (Studi Kasus : Desa Merden, Kecamatan Padureso, Kebumen)," *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, vol. 2, April 2021.
- [5] M. S. Y. T. Tirta Samuel Mehang, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Kecamatan Ngadu Ngala, Kabupaten Sumba Timur, NTT," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, Maret 2017.
- [6] I. M. Suradika, "Perencanaan PLTS On Grid Atap pada Villa The Pejalina Eco Retreat Di Banjar Auman Desa Pelaga Kecamatan Petang Kabupaten Badung-Bali," *Skripsi Fakultas Teknik*, 2024.
- [7] Ruskardi, Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Off-grid Solar System Sebagai Sumber Energi Alternatif (Studi Kasus : Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kecamatan Sungai raya Kabupaten Kubu raya), vol. 7, ELKHA, 2015.
- [8] G. Pratama, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Grid-Connected Skala Residensial di Kota Pekanbaru (Studi Kasus : Perumahan Citraland Pekanbaru)," *Skripsi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*, 2018.
- [9] M. P. M. T. a. W. G. v. Sark, "Experimental Repair Technique For Glass Defects of Glass-Glass Photovoltaic Modules-A Techno-economic Analysis," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 257, 2023.
- [10] d. Wibowo, "Perencanaan Sistem Hybrid pada Jaringan Kelistrikan Di Rumah Sakit Monompia Kota Mobagu," *Teknik Elektro Universitas Samratulangi Manado*, 2018.

- [11] D. L. Putra, "Analisis Teknis Dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Tenaga Surya," *Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi*, 2020.
- [12] J. I. a. S. S. R. Rafli, "Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop Pada Gedung Fakultas Teknik UNG," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, pp. 8-16, 2022.
- [13] N. Hajir, "Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur," *Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik*, 2021.
- [14] H. Hasan, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi," *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, vol. 10, pp. 169-180, 2022.
- [15] P. S. Ningsih, "Pengukuran Tegangan, Arus, Daya Pada Prototype PLTS Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno," *Jurnal Sains, Energi, Teknologi dan Industri*, vol. 5, pp. 8-16, 2020.
- [16] M. Junaidi, "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Gedung C Fakultas Teknik Universitas Islam Riau," *Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik*, 2020.
- [17] M. R. Afdhalash Ramadhan, "Analisis Performa Mesin Menggunakan bahan Bakar Hybrid Hydrogen - Solar Pada Mesin Diesel Ford Escort 1.8.," *Skripsi Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik*, 2021.
- [18] A. A. Prayogi, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (PLN-Solar Cell) Pada gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Menggunakan Homer," *Skripsi Fakultas Teknologi dan Industri*, 2018.
- [19] J. d. Windarta, "Perencanaan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off-Grid Menggunakan Perangkat Lunak Homer Di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 8, pp. 152-157, 2019.
- [20] M. P. Sitohang, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat Off-Grid System," *Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi*, 2019.
- [21] Y. Chandra, "Analisis Ekonomi Energi Perencanaan Pembangunan PLTS (Studi Kasus Gedung Kuliah Politeknik Negeri Ketapang)," *Jurnal Elka*, vol. 8, 2016.
- [22] M. Reza, "Studi Kelayakan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid di Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Morodemak Dengan Menggunakan Software HOMER," *Skripsi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri*, 2021.

- [23] A. Navies, "Analisis Teknis Dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Biomass-Biogas (Studi Kasus : PT. Perkebunan Nusantara V Sei Galuh)," *Skripsi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi*, 2021.
- [24] PUIL, Persyaratan Umum Instalasi Listrik.