

**ANALISIS SISTEM ENERGI *HYBRID* SOLAR PV DAN
ANGIN PADA GEDUNG ADMIN PLTU PALABUHAN
RATU MENGGUNAKAN APLIKASI HOMER PRO**

SKRIPSI

APRIDITIA KARISMA



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
JUNI 2024**

**ANALISIS SISTEM ENERGI *HYBRID* SOLAR PV DAN
ANGIN PADA GEDUNG ADMIN PLTU PALABUHAN
RATU MENGGUNAKAN APLIKASI HOMER PRO**

SKRIPSI

*Dajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh Gelar
Sarjana Teknik Di Program Studi Teknik Elektro*

APRIDITIA KARISMA

20200120050



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK KOMPUTER DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
JUNI 2024**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : ANALISIS SISTEM ENERGI HYBRID SOLAR PV DAN
ANGIN DI GEDUNG ADMIN PLTU PALABUHAN RATU
MENGUNAKAN APLIKASI HOMER PRO
NAMA : APRIDITIA KARISMA
NIM : 20200120050

“Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing- masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti- bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut”.

Sukabumi, 23 Agustus 2024



APRIDITIA KARISMA
Penulis

PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS SISTEM ENERGI *HYBRID* SOLAR PV DAN
ANGIN DI GEDUNG ADMIN PLTU PALABUHAN
RATU MENGGUNAKAN APLIKASI HOMER PRO
NAMA : APRIDITIA KARISMA
NIM : 20200120050

Skripsi ini telah disetujui untuk di sidangkan dihadapan Komite
Skripsi.

Sukabumi, 23 Agustus 2024

Pembimbing I



Ir. Marina Artiyasa, S.T., M.T., IPM.

NIDN. 0403127308

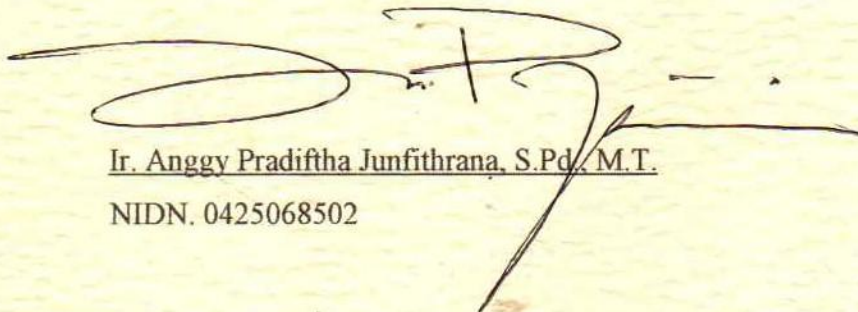
Pembimbing II



Panji Narputro, S.T., M.T.

NIDN. 0427047803

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0425068502

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : ANALISIS SISTEM ENERGI *HYBRID* SOLAR PV DAN
ANGIN DI GEDUNG ADMIN PLTU PALABUHAN
RATU MENGGUNAKAN APLIKASI HOMER PRO
NAMA : APRIDITIA KARISMA
NIM : 20200120050

Skripsi ini telah disidangkan di hadapan penguji skripsi dan disetujui untuk
dijadikan pedoman penyusunan skripsi
Sukabumi, 23 Agustus 2024

Pembimbing I



Ir. Marina Artiyasa S.T., M.T., IPM.

NIDN. 0403127308

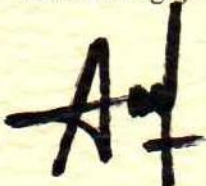
Pembimbing II



Panji Narputro, S.T., M.T.

NIDN. 0427047803

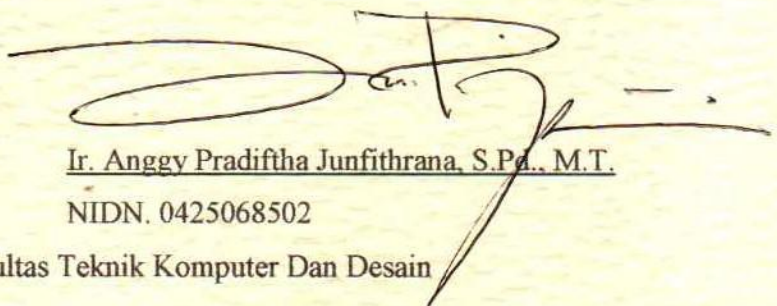
Ketua Penguji



Ir. Anang Suryana, S.Pd., M.Si.

NIDN. 0407098009

Plt. Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Anggy Pradiftha Junfithrana, S.Pd., M.T.

NIDN. 0425068502

PLH. Dekan Fakultas Teknik Komputer Dan Desain

Ir. Paikun, ST., MT., IPM, ASEAN Eng

NIDN. 040237401

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi sistem energi *hybrid* yang menggabungkan tenaga surya (*Solar PV*) dan angin di Gedung Administrasi PLTU Palabuhan Ratu menggunakan aplikasi HOMER Pro. Tujuannya adalah menilai kinerja dan efisiensi sistem *hybrid* dalam memenuhi kebutuhan energi gedung, dengan memperhitungkan potensi energi surya dan angin, konsumsi energi, serta biaya investasi dan operasional. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem *hybrid* ini dapat menyediakan energi yang andal dan efisien, serta mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Berbagai konfigurasi dan optimasi dianalisis untuk menemukan solusi yang paling ekonomis dan berkelanjutan. Optimalisasi sistem yang direncanakan dapat dicapai dengan memanfaatkan Perangkat Lunak HOMER Pro sebagai simulator. Gedung Administrasi PLTU Palabuhan Ratu dimaksudkan untuk menampung modul PV yang memiliki luas *array* 70,04 m². Temuan rancangan PLTS terbaik untuk sistem *hybrid* berkapasitas 58,6 kWp dan 3200 watt menghasilkan energi listrik sebesar 142.973 kWh setiap tahunnya dari kecepatan angin 3,3 m/s dan rata-rata radiasi matahari lokal sebesar 3,98 kWh/m²/hari. Kombinasi sistem ini memiliki nilai keekonomian sebesar Rp974.444.600 berdasarkan *Net Present Cost* (NPC), dan *Cost of Energy* (COE) sebesar Rp 477,81/kWh, dan sistem ini dapat berkontribusi ke jaringan listrik PLN sebesar 46.615 kWh/tahun. Penelitian ini diharapkan menjadi referensi dalam penerapan sistem energi *hybrid* di bangunan lain, guna mendukung penghematan energi dan pengurangan emisi karbon.

Kata Kunci: *System Hybrid, Solar PV, Angin, HOMER Pro, PLTU Palabuhan Ratu, Analisis Sistem Energi.*

ABSTRACT

This research evaluates a hybrid energy system that combines solar power (Solar PV) and wind in the Palabuhan Ratu PLTU Administration Building using the HOMER Pro application. The aim is to assess the performance and efficiency of hybrid systems in meeting building energy needs, taking into account solar and wind energy potential, energy consumption, as well as investment and operational costs. The results show that this hybrid system can provide reliable and efficient energy, and reduce dependence on conventional energy. Various configurations and optimizations are analyzed to find the most economical and sustainable solution. The planned system optimization can be achieved by utilizing HOMER Pro Software as a simulator. The Palabuhan Ratu PLTU Administration Building is intended to accommodate PV modules which have an array area of 70.04 m². The findings of the best PLTS design for a hybrid system with a capacity of 58.6 kWp and 3200 watts produce electrical energy of 142,973 kWh annually from a wind speed of 3.3 m/s and average local solar radiation of 3.98 kWh/m²/day. This combination of systems has an economic value of IDR 974,444,600 based on Net Present Cost (NPC), and Cost of Energy (COE) of IDR 477.81/kWh, and this system can contribute to the PLN electricity network of 46,615 kWh/year. It is hoped that this research will become a reference in implementing hybrid energy systems in other buildings, to support energy savings and reduce carbon emissions.

Keywords : Hybrid System, Solar PV, Wind, HOMER Pro, PLTU Palabuhan Ratu, Energy System Analysis.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Analisis Sistem Energi *Hybrid* Solar PV dan Angin di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu Menggunakan Aplikasi HOMER Pro.**" Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Elektro, Universitas Nusa Putra Sukabumi.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, nikmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr.Kurniawan, ST., M.Si, MM , selaku Rektor Nusa Putra Sukabumi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menimba ilmu di universitas ini.
3. Ir. Paikun, ST., MT., IPM, ASEAN Eng , selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Ir. Marina Artiyasa S.T, M.T, IPM., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan dorongan selama penulisan skripsi ini.
5. Bapak Panji Narputro, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua yang turut memberikan arahan dan masukan berharga dalam proses penulisan skripsi ini.
6. Terima kasih untuk Ibu, Ayah, Kakak tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan material, serta kasih sayang yang tiada henti kepada penulis.
7. Ucapan terima kasih kepada diri saya sendiri yang telah berusaha dengan

penuh dedikasi. Terima kasih karena telah berjuang, tidak menyerah, dan selalu mempercayai kemampuan diri sendiri.

8. Teman-teman Kerja, Mess dan rekan-rekan di Fakultas Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama masa studi dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang sistem *energy hybrid*.



Palabuhan Ratu,

2024

Penulis

(Apriditia Karisma)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : APRIDITIA KARISMA
NIM : 20200120050
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

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

"ANALISIS SISTEM ENERGI HYBRID SOLAR PV DAN ANGIN DI
GEDUNG ADMIN PLTU PALABUHAN RATU MENGGUNAKAN
APLIKASI HOMER PRO "

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : Sukabumi

Pada tanggal : Agustus 2024

Yang Menyatakan



APRIDITIA KARISMA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR RUMUS.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	17
1.1. Latar Belakang	17
1.2. Perumusan Masalah.....	21
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	22
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	22
1.5. Sistematika Penulisan	23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	25
2.1. Penelitian Terkait.....	25
2.2. Kesimpulan dan Kebaruan.....	36
2.3. Pembangkit Listrik.....	37
2.4. Energi Terbarukan.....	38
2.5. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)	38
2.6. PLTS.....	41
2.6.1 Panel Surya	43
2.6.2 Jenis Jenis Panel Surya	44
2.6.3 Konfigurasi Model Surya.....	45
2.6.4 Solar Charge Controller	47
2.7. Inverter.....	49
2.8. Baterai	50

2.9.	ReTscreen Expert	52
2.10.	Homerpro	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		56
3.1.	Objek Penelitian	56
3.2.	Model Sistem <i>Hybrid</i>	56
3.3.	Analisis Kebutuhan	57
3.4.	Diagram Alir Penelitian	58
3.5.	Data Penelitian.....	59
3.6.	Perancangan System Hybrid	63
3.7.	Teknik Pengumpulan Data	64
BAB IV HASIL PEMBAHASAN.....		65
4.1.	Menghitung Torsi Turbin Angin	65
4.2.	Menghitung Daya Angin	65
4.3.	Menentukan Accumulator	67
4.4.	Menghitung Energi Listrik yang akan dibangkitkan oleh Panel Surya	68
4.5.	Menghitung Konfigurasi Modul Surya	68
4.6.	Penyusunan Modul PV	71
4.7.	Menghitung Kapasitas Solar Charger Controller	72
4.8.	Menentukan Kapasitas Inverter	72
4.9.	Menentukan Kapasitas Baterai.....	74
4.10.	Biaya komponen dan perlatan pendukung lainnya	75
4.11.	Operation Maintenance Cost.....	76
4.12.	Skema Simulasi Pada Homer Pro	77
4.13.	Hasil Optimasi	81
4.14.	Perbandingan Nilai Ekonomis.....	84
BAB V PENUTUP		85
5.1.	Kesimpulan	85

5.2. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	87



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bauran Energi Nasional.....	18
Gambar 2.1 Panel Surya dengan Turbin Angin	37
Gambar 2.2 Contoh Energi Terbarukan.....	38
Gambar 2.3 Wind power di PLTU	39
Gambar 2.4 Bagian Wind power	40
Gambar 2.5 Panel Surya di PLTU	42
Gambar 2.6 PLTS System Hybrid	43
Gambar 2.7 Cara Kerja Panel Surya.....	43
Gambar 2.8 Photovoltaic	44
Gambar 2.9 Monocrystalline	45
Gambar 2.10 Solar Charge Controller.....	47
Gambar 2.11 Cara Kerja Inverter	49
Gambar 2.12 Inverter	50
Gambar 2.13 Baterai	50
Gambar 2.14 Tampilan cuaca RETScreen Expert	53
Gambar 2.15 Homer Pro	54
Gambar 3.1 Lokasi analisis sistem hybrid berbasis solar PV dan Angin.....	56
Gambar 3.2 Sistem energi hybrid solar PV dan Turbin Angin	56
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	58
Gambar 3.4 Beban Listrik Harian	60
Gambar 3.5 Grafik Radiasi Matahari	60
Gambar 3.6 Grafik Kecepatan Angin	62
Gambar 3.7 Wiring Diagram System Hybrid	63
Gambar 4.1 Rangkaian Wind Turbine.....	67
Gambar 4.2 Modul Array PV	71
Gambar 4.3 Spesifikasi Inverter.....	73
Gambar 4.4 Rangkaian Seri Paralel Baterai	75
Gambar 4.5 Skema System Hybrid	77
Gambar 4.6 Profil Beban Gedung Administrasi pada HomerPro	78
Gambar 4.7 Parameter Inverter dan Rectifier pada HomerPro.....	78
Gambar 4.8 Parameter Modul PV pada HomerPro	79
Gambar 4.9 Parameter Wind Turbine pada HomerPro.....	79
Gambar 4.10 Parameter Baterai Hoppecke pada HomerPro	79

Gambar 4.11 Parameter Baterai SMT Power pada HomerPro	79
Gambar 4.12 Parameter Jaringan PLN pada HomerPro.....	81
Gambar 4.13 Hasil Optimasi Untuk System Hybrid	81
Gambar 4.14 Hasil Optimasi konfigurasi pertama (Hanya terhubung jaringan Listrik PLN).....	82
Gambar 4.15 Hasil Optimasi konfigurasi kedua (Kombinasi modul PV dan Wind Turbine dengan jaringan listrik PLN)	83



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terkait	25
Tabel 2.2 Spesifikasi Wind Power.....	39
Tabel 2.3 Spesifikasi Panel Surya	42
Tabel 2.4 Spesifikasi Inverter	50
Tabel 3.1 Data beban listrik Gedung Admin	59
Tabel 3.2 Radiasi Matahari Palabuhan ratu	61
Tabel 3.3 Kecepatan Angin Palabuhan Ratu	62
Tabel 4.1 Biaya Komponen	76
Tabel 4.2 Perbandingan sistem 1(Jaringan PLN) dan sistem 2(modul PV dan Wind Turbine).....	84



DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 (Rumus Daya Angin 2.1).....	40
Rumus 2.2 (Rumus Torsi Turbin Angin 2.2)	40
Rumus 2.3 (Rumus Luas Array 2.3)	45
Rumus 2.4 (Rumus WattPeak 2.4).....	46
Rumus 2.5 (Rumus Jumlah Panel 2.5)	46
Rumus 2.6 (Rumus Kapasitas SCC 2.6).....	48
Rumus 2.7 (Rumus Kapasitas Inverter 2.7).....	49
Rumus 2.8 (Rumus Kpasitas Baterai 2.8).....	52
Rumus 2.9 (Rumus O&M Cost 2.9).....	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi semakin penting untuk mengatasi permasalahan keberlanjutan energi. Menciptakan sistem energi *hybrid* yang menggabungkan energi terbarukan adalah salah satu metode penggunaan energi [1]. Semua pihak pun dari berbagai negara menghadapi tantangan utama dalam bentuk Perubahan Iklim, juga dikenal sebagai *Climate Change*. Pembangkitan bahan bakar masih bergantung pada bahan bakar fosil seperti batu bara, gas, dan minyak bumi yang semuanya berdampak buruk bagi lingkungan. Karbon dioksida dilepaskan ke atmosfer selama proses pembakaran yang digunakan untuk mengubah bahan bakar fosil menjadi energi listrik. Proses ini berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Eksploitasi dan pembakaran bahan bakar fosil akan diperluas secara lebih luas untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat di Indonesia karena pertumbuhan konsumsi listrik setiap tahunnya [2].

Prof. Emil Salim menekankan bahwa energi rendah karbon harus digunakan sebagai pengganti energi intensif karbon guna mencapai pembangunan berkelanjutan. Oleh karena itu, kita harus mengurangi penggunaan energi tidak terbarukan atau energi fosil secara bertahap dan menggantinya dengan energi terbarukan [3]. Indonesia diperkirakan akan menghadapi kekurangan energi pada tahun 2046 jika tren ini terus meningkat. Mengurangi ketergantungan terhadap energi tak terbarukan memerlukan penggunaan sumber energi baru. Pemerintah Indonesia perlu memberikan perhatian khusus pada pengembangan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan karena hal ini merupakan salah satu cara untuk mengurangi penggunaan energi fosil. Dengan demikian, strategi nasional yang berfokus pada diversifikasi sumber energi dan peningkatan investasi dalam teknologi energi terbarukan sangat diperlukan untuk mendukung transisi ini.

Pemerintah juga harus mengimplementasikan kebijakan yang mendorong efisiensi energi dan inovasi teknologi guna mempercepat adopsi energi terbarukan di seluruh sektor ekonomi [4].



Gambar 1.1 Bauran Energi Nasional [5]

Dalam rilis pers yang diselenggarakan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Menteri Arifin mengungkapkan bahwa Indonesia kini memiliki kapasitas sumber energi sebesar 70,96 Giga Watt (GW). Pembagian kapasitas sumber energi ini adalah sebagai berikut: 35,36 persen berasal dari batu bara, 19,36 persen dari gas bumi, 34,38 persen dari minyak bumi, dan 10,9 persen dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT). Dari data ini, dapat dikatakan bahwa kapasitas sumber energi dari EBT sudah mencapai target yang diharapkan sebagaimana yang tercantum dalam Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, yang menetapkan rasio *energy mix* dengan pembagian sebagai berikut: batu bara 32%, gas bumi 30%, minyak bumi 26%, nuklir 2%, dan sisanya 10 persen untuk EBT [6].

Mengacu PERPRES 112 tahun 2022, pembangunan pembangkit listrik akan dilakukan secara selektif dan pembangunan pembangkit bersumber dari EBT ditargetkan berjalan beriringan. Penghentian dan pembangunan PLTU secara selektif, juga merupakan salah satu program untuk memenuhi komitmen penurunan Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 29% di tahun 2030, atau bisa lebih tinggi dengan

kerja sama dengan pihak internasional, serta mencapai target *Net Zero Emission* (NZE) tahun 2060 atau lebih cepat. PLTU yang sekarang beroperasi, ataupun yang sedang dibangun, dan yang sudah masuk Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) akan terus berjalan, karena dibutuhkan untuk penyediaan listrik di dalam negeri. Bahwa PLTU tidak hanya ada di dalam jaringan listrik PLN, tapi juga ada beberapa PLTU yang digunakan untuk kegiatan industri [7].

Sesuai undang undang Peraturan Menteri ESDM No.1 tahun 2017 Tentang operasi paralel Bab II pasal 2 ayat 5 menyebutkan bahwa pelanggan melaksanakan ketentuan daya kontrak penyambungan paling rendah 20% dari kapasitas pembangkit dengan menggunakan tenaga listrik dari PLN [8] dan Sesuai undang undang Peraturan Menteri (Permen) ESDM Nomor 2 Tahun 2024 tentang PLTS Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum (IUPTLU). Regulasi tersebut menggantikan Permen ESDM Nomor 26 Tahun 2021 tentang PLTS Atap yang Terhubung pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang IUPTL untuk Kepentingan Umum. Bahwasannya dengan Pasal 13 dalam Permen, yang berisikan bahwa kelebihan energi listrik dari sistem PLTS Atap yang masuk ke jaringan pemegang IUPTLU tidak diperhitungkan ke dalam penentuan jumlah tagihan listrik pelanggan PTLS [9].

Salah satu contoh pemanfaatan energi surya dan angin adalah melalui penggunaan sistem *hybrid. Microgrid* adalah suatu model pembangkitan energi terdistribusi yang mencakup beragam sumber energi, baik dari energi fosil maupun energi terbarukan (*renewable energy*), yang memiliki sistem interkoneksi beban dan berbagai sumber yang tersebar. Sistem ini dapat beroperasi secara terhubung dengan jaringan listrik utama yang lebih besar atau dapat berfungsi secara mandiri. Jika terjadi gangguan pada sistem energi *hybrid*, kebutuhan energi listrik masih dapat terpenuhi dengan menghubungkan jaringan ke sistem utama, yang dalam konteks ini adalah PLN [10].

Pembangkit listrik tenaga hibrida merupakan pembangkit energi listrik yang menggunakan dua atau lebih sistem pembangkit dari sumber energi yang berbeda. Penelitian ini mengkaji integrasi antara pembangkit listrik konvensional yang

bersumber dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) dengan pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan (*renewable energy*)[11].

PLTU Palabuhan Ratu adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dibangun di Kota Palabuhanratu, Jawa Barat, Indonesia. Lokasi geografis yang strategis di dekat laut dan potensi yang cukup akan membuat PLTU Palabuhan Ratu menjadi kandidat yang potensial untuk mengintegrasikan energi terbarukan, seperti energi surya, guna meningkatkan efisiensi operasionalnya[12].

PLTU Palabuhan Ratu dengan kapasitas listrik 3 x 350 MW untuk memasok listrik di Jawa Barat bagian selatan meliputi Sukabumi, Bayah, Cibadak, Bogor dan Cibinong. Saat ini PLTU memiliki 5 gedung *area* meliputi *unit*, *maintenance*, *admin*, *safety center*, *water treatment plant*. Setiap Gedung *area* memiliki mesin atau peralatan yang cukup keandalan unit dan di Gedung *admin* memiliki daya tersambung dari PLN sebesar 200 kVA keatas dengan tarif listrik per kWh Rp. 1.699,53. Berdasarkan histori tagihan listrik dari PLN, Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu memiliki tagihan listrik yang cukup besar setiap bulannya, menurut data tagihan yang dihimpun dari perbulan sampai desember 2023, tagihan perbulan yaitu sebesar Rp. 9.689.020,53 dengan total 5701 kWh. Hal ini disebabkan PLTU memiliki beban yang relatif besar sehingga menyerap energi listrik yang besar juga terutama saat diselenggarakannya program pelatihan dan *meeting*.

Penilaian kelayakan pembangkit listrik tenaga surya *hybrid* di Kota Bandung dilakukan berdasarkan temuan penelitian. untuk menggunakan alat HOMER untuk menilai kemungkinan pembangkit listrik hibrida. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem pembangkit listrik hibrida dapat menghasilkan 2.313 kWh listrik setiap tahunnya, dimana 20,8% berasal dari energi surya, 48,7% berasal dari energi angin, dan 9,7% berasal dari sumber PLN. Dengan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 13%, *Net Present Cost* (NPC) sistem mewakili nilai investasi sebesar Rp32.910.770. Temuan analisis menunjukkan bahwa investasi pada sistem hibrida ini tidak akan merugikan dan karenanya bermanfaat [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji unsur teknis dan keekonomian pembangkit listrik tenaga surya PV-biogas di PT. TBS, seperti yang dikemukakan

oleh penelitian sebelumnya. Pendekatan hibrida paralel menggunakan teknologi jaringan *off-grid* digunakan. Berdasarkan perhitungan manual, pengaturan pembangkit yang ideal terdiri dari reaktor anaerobik tipe laguna penutup seluas 28.934,81 m³, generator biogas 1.560 kW, rangkaian fotovoltaiik 4.040,22 kWp, inverter dua arah 2000 kW, dan 10.125 unit baterai dengan kapasitas 1.547 Ah. Sebuah proyek berusia 20 tahun digunakan untuk mengevaluasi sistem menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Temuan menunjukkan bahwa selama proyek berlangsung, total energi listrik yang dihasilkan mampu menyuplai beban secara kontinyu, dengan rata-rata kelebihan energi listrik tahunan mencapai 25,23% dari total produksi. Berdasarkan studi ekonomi, diperlukan pengeluaran satu kali sebesar Rp 233.553.169.589,30, dan total emisi CO₂ POME sebesar 44.073,75 ton per tahun, yang menghasilkan biaya *Certified Emission Reduction* sebesar Rp 6.611.062.500 per tahun. Perhitungan kelayakan ekonomi menghasilkan nilai Net Present Value sebesar Rp 136.266.578.753, *Payback period* selama 13,8 tahun, dan Internal Rate of Return sebesar 9,41% [14].

Berdasarkan latar belakang tersebut, Penggunaan system *hybrid* menjadi relevan karena dapat meningkatkan efisiensi energi dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti matahari dan angin secara optimal. Pendekatan simulasi menggunakan HOMER Pro menjadi penting untuk memodelkan penerapan sistem energi *Hybrid* berbasis Solar PV dan tenaga angin. Dengan memanfaatkan teknologi ini, gedung tersebut dapat menjadi lebih mandiri dalam hal kebutuhan energi, mengurangi biaya operasional, serta memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan.

Dengan menggabungkan teknologi energi terbarukan dan pendekatan simulasi yang canggih, skripsi ini bertujuan untuk memodelkan dan menganalisis sistem energi *Hybrid* Solar PV dan tenaga angin di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang ada, maka dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi, yaitu:

1. Bagaimana mensimulasikan sistem energi *hybrid solar PV* dan angin di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu dengan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro?
2. Bagaimana menentukan kapasitas optimal dari modul PV, inverter, baterai, *Solar Charge Controller* (SCC), potensi tenaga angin dan torsi turbin angin yang dibutuhkan?
3. Bagaimana biaya *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) serta *Net Present Cost* (NPC) dari sistem energi *hybrid* ini?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mensimulasikan sistem *hybrid* di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu menggunakan HOMER Pro.
2. Mengetahui kapasitas optimal dari komponen-komponen utama sistem *hybrid* (modul PV, inverter, baterai, SCC, potensi tenaga angin dan torsi turbin angin).
3. Mengetahui hasil biaya *Levelized Cost of Electricity*, *Net Present Cost*, total produksi dan estimasi biaya proyek *system hybrid*.

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah

1. Memberikan panduan praktis untuk implementasi energi terbarukan di sektor industri dan komersial.
2. Meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu.
3. Mendapatkan pemahaman lebih baik mengenai integrasi dan manfaat dari sistem energi *Hybrid*.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, diberikan ruang lingkup yang jelas agar pembahasan lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Beberapa ruang lingkup penelitian tersebut diantaranya:

1. Penelitian ini hanya fokus pada Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu dan tidak mencakup gedung atau area lain di sekitar PLTU.
2. Data radiasi matahari, kecepatan angin dan konsumsi energi listrik yang digunakan dalam simulasi adalah data yang tersedia dalam format harian, bulanan, atau tahunan.
3. Dalam penelitian ini, perkiraan nilai biaya *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) serta *Net Present Cost* (NPC) dari *system hybrid* akan dihitung.
4. Modul PV, Turbin angin, inverter, baterai, *Solar Charge Controller* (SCC) potensi tenaga angin dan torsi turbin angin.
5. Studi literatur, pengumpulan data primer dan sekunder, simulasi menggunakan HOMER Pro, dan analisis hasil simulasi.
6. Kapasitas optimal dari komponen sistem, efisiensi energi, biaya operasional.

1.5. Sistematika Penulisan

Penelitian ini terbagi kedalam 5 bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan membahas tentang beberapa dasar teori Pembangkit listrik, energi terbarukan, PLTB, potensi tenaga angin, torsi turbin angin, PLTS, panel surya, jenis-jenis sel surya, konfigurasi modul surya, solar *charger controller*, inverter, baterai, *RETScreen Expert*, Homer Pro dan kajian pustaka berdasarkan penelitian terdahulu.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi Pembahasan analisis kebutuhan dari perancangan dan model proses perangkat lunak sistem, sebagai pedoman dalam membangun sistem.

BAB IV: JADWAL PELAKSANAAN

Bab ini berisi tentang rencana jadwal pengerjaan penelitian ini agar dalam proses pengerjaannya dapat diselesaikan dengan efektif dan efisien.

BAB V: KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil literatur yang telah dipelajari, untuk memodelkan berbagai skenario dan memprediksi kinerja sistem *hybrid* dengan akurat menggunakan homer pro.





BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Analisis Sistem Energi *Hybrid* Solar PV dan Angin di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu Menggunakan Aplikasi HomerPro telah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak (*software*) HomerPro. Berdasarkan simulasi optimasi yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu terletak di Pesisir Pantai Palabuhan Ratu memiliki potensi sumber daya energi terbarukan yang signifikan, termasuk matahari dan angin. Rata-rata radiasi matahari mencapai 3,98 kWh/m²/hari dan kecepatan angin 3,3 m/s. Berdasarkan simulasi HOMER, radiasi matahari terendah terjadi pada bulan Juni sebesar 3,61 kWh/m²/hari, dan tertinggi pada bulan Agustus mencapai 4,33 kWh/m²/hari. Kecepatan angin terendah pada bulan Oktober, November sebesar 2,61 m/s, sementara tertinggi pada bulan Juli, Agustus, September mencapai 3,6 m/s.
2. *Net Present Cost* (NPC) mencakup seluruh biaya sistem selama periode tertentu, dengan konfigurasi optimal ditentukan oleh NPC terendah. Hasil simulasi HOMER menunjukkan bahwa konfigurasi sistem optimal dengan NPC terendah terdiri dari jaringan PLN yang terhubung dengan komponen energi terbarukan, yaitu panel surya 58,6 kW, turbin angin 0,32 kW, baterai 1600 Ah 2V, dan konverter 30 kW. NPC untuk konfigurasi ini mencapai Rp 974.444.600 juta, dengan *initial capital cost* sebesar Rp 506.298.273 juta, dan *cost of energy* sebesar Rp 477,81/kWh, serta *renewable fraction* sebesar 96,2%. Sementara itu, konfigurasi dengan NPC tertinggi melibatkan sistem yang terhubung ke jaringan PLN dan komponen energi terbarukan serupa, namun dengan NPC

sebesar Rp 2.036.327.000 miliar, *initial capital cost* Rp 0,00 , dan *cost of energy* Rp 1.669/kWh, serta *renewable fraction* sebesar 0%.

3. Berdasarkan hasil simulasi menggunakan HOMER, perencanaan sistem pembangkit listrik *system hybrid* di Pesisir Pantai Palabuhan Ratu menunjukkan bahwa sumber energi dari panel surya dan turbin angin yang terhubung dengan jaringan PLN memiliki potensi besar. Sistem ini menghasilkan total produksi energi sebesar 142.973 kWh/tahun. Jika dibandingkan dengan sistem pembangkit listrik yang hanya menggunakan jaringan PLN dengan produksi total 69.365 kWh/tahun, *system hybrid* memiliki keunggulan berupa *net present cost* yang lebih rendah, yaitu sebesar Rp 974.444.600 juta, sedangkan pada jaringan PLN mencapai Rp 2.036.327.000 miliar dalam periode 25 tahun. Selain itu, kelebihan energi dari *system hybrid* dapat dijual kembali ke PLN dengan referensi [9]. Dalam rancangan anggaran biaya investasi awal *system hybrid* ini, total biaya yang mencakup komponen utama dan pendukung mencapai Rp. 536.0170.000. Berdasarkan perhitungan, biaya operasional dan pemeliharaan (*O&M Cost*) diperkirakan sebesar Rp 5.360.170 per tahun.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, perlu dilakukan studi lanjutan mengenai Analisis Sistem Energi *Hybrid* Solar PV dan Angin di Gedung Admin PLTU Palabuhan Ratu dengan menggunakan Aplikasi HomerPro. Penelitian lebih lanjut juga dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak (*software*) lain selain HOMER, serta dapat diterapkan pada daerah lain di Pesisir Pantai Palabuhan Ratu dengan tingkat konsumsi daya yang lebih besar atau lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] khoerul ummah, "No Titleהעינים לנגד שבאמת את מה קשה לראות את מה קשה לראות," *האלג*, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [2] A. Muhammad and H. Mattuppuang, "Microgrid Berbasis Solar Photovoltaic Dengan Software Homer Pro Di Pelabuhan Bajoe Design Studies of a Solar Photovoltaic-Based Microgrid Using Homer Pro Software At the Bajoe Port , Bone District , South Sulawesi Faculty of Industrial Technology," 2023.
- [3] F. D. Romadhon and R. Subekti, "Analisis Pengaturan Energi Terbarukan Dalam Kendaraan Berbasis Elektrik Untuk Mendukung Perlindungan Lingkungan (Analisis Komparatif Antara Indonesia, Brazil, Dan Pakistan)," *Jurnal Pacta Sunt Servanda*, vol. 4, no. 1, pp. 177–190, 2023.
- [4] N. Helmi, "Kementerian Pertahanan Republik Indonesia," <https://www.kemhan.go.id/>, no. 8, pp. 1–3, 2019, [Online]. Available: <https://www.kemhan.go.id/pusbm/2019/04/30/revolusi-industri-4-0-dan-pengaruhnya-bagi-industri-di-indonesia.html>
- [5] D. Syahni, "Catatan Akhir Tahun: Jalan Terjal Transisi ke Energi Terbarukan," no. December 2020, p. 2024, 2020.
- [6] N. Bloom and J. Van Reenen, "Menteri Arifin: Transisi Energi Mutlak Diperlukan," *NBER Working Papers*, no. 1, p. 89, 2013, [Online]. Available: <http://www.nber.org/papers/w16019>
- [7] "Perpres Resmi Diteken , Era Baru Pembangkit Listrik Rendah Emisi Dimulai," no. 1, p. 39830077, 2024.
- [8] M. Rivki, A. M. Bachtiar, T. Informatika, F. Teknik, and U. K. Indonesia, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," no. 112.
- [9] Menteri ESDM, "Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineralrepublik Indonesianomor 2 Tahun 2024 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum," *Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral*, vol. 2024, pp. 1–35, 2024, [Online]. Available: <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen ESDM Nomor 2 Tahun 2024.pdf>
- [10] T. C. Trisnasari, A. Soeprijanto, and R. S. Wibowo, "Pemodelan dan Simulasi Sistem Proteksi Microgrid," *Jurnal Teknik*, vol. 5, no. 2, pp. 2–6, 2016, [Online]. Available: <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/download/16013/2645>

- [11] R. SW, "Analisis Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Dengan Homer Pro Di Pantai Liang Ambon Maluku," *Majalah Ilmiah Swara Patra*, vol. 13, no. 2, pp. 15–32, 2023, doi: 10.37525/sp/2023-2/453.
- [12] "PLTU Palabuhanratu," p. 2024, 2024.
- [13] F. HADIATNA, D. FAUZIAH, and E. SYAHIRAH, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Surya Bayu di Kota Bandung," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 11, no. 3, p. 811, 2023, doi: 10.26760/elkomika.v11i3.811.
- [14] R. R. Eka Putra, S. Afriani, N. P. Miefthawati, and M. Jelita, "Analisis Teknis-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Solar PV/Biogas off Grid System," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 18, no. 1, p. 17, 2020, doi: 10.24014/sitekin.v18i1.11695.
- [15] J. Pradipta *et al.*, "Peningkatan Kinerja Microgrid Bangunan Kampus dengan Simulasi Multi Skenario dan Analisis Sensitivitas," *Journal of Science and Applicative Technology*, vol. 5, no. 2, p. 332, 2021, doi: 10.35472/jsat.v5i2.458.
- [16] E. Widiyanto, D. B. Santoso, K. Kardiman, and N. Fauji, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Photovoltaic-Wind Turbines Di Pantai Sedari Karawang," *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 3, no. 1, p. 41, 2019, doi: 10.30595/jrst.v3i1.3653.
- [17] Y. K. I. Taha, "Optimasi Dan Simulasi Sistem Energi Hybrid Pada Pembangkit Listrik Kota Gaza Dengan Menggunakan Homer Pro Software," 2023, [Online]. Available: http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/69967%0Ahttp://digilib.unila.ac.id/69967/3/SKRIPSI_TANPA_BAB_PEMBAHASAN.pdf
- [18] "IoT Klasifikasi b," 2023.
- [19] A. Pratama, K. B. Adam, and J. Raharjo, "Simulasi Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Di Pulau Nusa Penida Menggunakan Aplikasi Homer," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 5, pp. 2429–2435, 2022.
- [20] B. Haryanto, "Optimasi Pembangkit Hybrid PLN - Solar Cell Pada Aplikasi Home Industry," *Jurnal teknik elektro*, pp. 11–13, 2018.
- [21] P. Surya and M. Junus, "Kajian PLTS on-grid pada gedung X Politeknik Negeri Malang untuk melayani beban perkantoran menggunakan perangkat HOMER PRO," *Jurnal Eltek*, vol. 19, no. 2, p. 96, 2021, doi: 10.33795/eltek.v19i2.320.
- [22] A. W. Akbar, N. Hiron, and N. Nadrotan, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan (Homer) Di Daerah Pesisir Pantai Pangandaran," *Journal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2019, doi: 10.37058/jee.v1i1.1191.

- [23] M. F. Prabowo, "Optimasi Pengembangan Penyedia Daya Cadangan Hybrid di Daerah Muntok Pulau Bangka," vol. 2018, pp. 124–130, 2018, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/11180>
- [24] A. Rajani, K. Kusnadi, and R. Darussalam, "Simulasi Integrasi Pv-Biogas Menggunakan Homer Pada Pembangkit Listrik Hybrid on - Grid: Studi Kasus Ponpes Baiturrahman Ciparay Bandung," vol. V, pp. SNF2016-ERE-55-SNF2016-ERE-60, 2016, doi: 10.21009/0305020611.
- [25] Dr. Ramadoni Syahputra, "Teknologi Pembangkit Tenaga Listrik," no. September, pp. 9–11; 14–15, 2020.
- [26] "Latar Serupa," p. 2024, 2024.
- [27] T. Rianna, "Apa itu Energi Terbarukan?," *Microsoft Bing*, 2024, [Online]. Available: <https://renewableenergy.id/energi-terbarukan/>
- [28] "Potensi Energi Terbarukan di Indonesia dan Pengembangannya Bidan Desa Pemberdaya Difabel di Pelosok Petani Difabel di Poso Berdaya Lewat Program dan PT SEI Berikan Makanan Tambahan dan Tual dan Kepulauan Aru Jadi Permodelan," p. 2024, 2024.
- [29] "Sudah punya akun? Masuk," p. 5.
- [30] M. Sukmawidjaja and I. Akbar, "Simulasi Optimasi Sistem Plth Menggunakan Software Homer Untuk Menghemat Pemakaian Bbm Di Pulau Penyengat Tanjung Pinang Kepulauan Riau," *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 11, pp. 17–42, 2017, doi: 10.25105/jetri.v11i1.1626.
- [31] D. KAJIAN, "BAB_4.pdf," 2006.
- [32] I. K. A. Setiawan, I. N. S. Kumara, and I. W. Sukerayasa, "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWp Terinterkoneksi Jaringan di Kayubihi, Bangli," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 27–33, 2014.
- [33] P. P. Surya, "Masalah Tarif Dasar Listrik Apa Itu Panel Surya ? Sejarah Panel Surya Matahari Sebagai Energi Alternatif dan Hemat Energi Jenis Jenis Panel Surya Perbedaan dan Cara Kerja Panel Surya Perbedaan Panel Surya dan Sel surya Manfaat Panel Surya Contoh Penggunaa," no. January, p. 6489, 2024.
- [34] galih raditya, "Perbedaan Panel Surya," no. 88, p. 12730, 2018, [Online]. Available: <https://janaloka.com/apa-perbedaan-panel-surya-monocrystalline-dan-polycrystalline/>
- [35] sanspower, "Penuhi Kebutuhan Listrik Dengan Panel Surya Dan Dapatkan Segudang Manfaatnya," *Sanspower.Com*, 2020.

- [36] "Cara Kerja Mengapa Energi Surya Bisa Berubah Menjadi Listrik Alur Cara Kerja Fotovoltaik & Pemusatan Energi Gunakan PLTS Terbaik dari SUN Energy Produk Yang Ditawarkan SUN Energy Penutup," vol. 2022, no. April 2022, p. 6489, 2024.
- [37] M. Silicon, "Jenis-Jenis Panel Surya dan Penjelasannya," no. 88, p. 1, 2023.
- [38] E. Roza and M. Mujirudin, "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA," *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 16–30, 2019, [Online]. Available: <http://download.garuda.ristekdikti.go.id/article.php?article=984946&val=11994&title=PERANCANGAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA FAKULTAS TEKNIK UHAMKA>
- [39] N. Carolina and S. Carolina, "Peak Sun Hours & Solar Energy Peak Sunlight Hours : An Easy Definition Why Peak Sun Hours Are Important for Solar Energy What Regions of the U . S . Have the Most Peak Sun What Regions of the U . S . Have the Fewest Peak Sun How to Calculate Peak Sun Hour," no. 866, p. 2024, 2024.
- [40] J. Oliver Ken, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, "Desain Plts Off-Grid Berdasarkan Analisis Otonomi Baterai Lead Acid Opzv Di Adidaya Workshop, Jakarta Barat," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 10, no. 3, p. 12, 2023, doi: 10.24843/spektrum.2023.v10.i03.p2.
- [41] M. Junaldy, S. R. U. A. Sompie, and S. Patras, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 9–14, 2019.
- [42] Delta Eu, "Solar Charge Controller SCC-20A-PWM-LCD," *Shopdelta.Eu*, p. 120, [Online]. Available: https://shopdelta.eu/solar-charge-controller-scc-20a-pwm-lcd_l2_p17413.html
- [43] Sun Tera, "Apa itu Inverter Panel Surya?," <https://www.sunterra.id/Apa-Itu-Inverter-Panel-Surya/>, 2022.
- [44] "apa fungsi inverter ? Instagram Tangerang Balikpapan," no. 5, p. 76114, 2024.
- [45] "Informasi Terkini Energi Terbarukan Tentang Pompa Air Tenaga Surya dan," p. 2024, 2024.
- [46] "Cara Kerja Baterai Dalam Sistem Panel Surya Atap," p. 2024, 2024.
- [47] SolarKita, "5 Hal yang Perlu Anda Ketahui tentang Baterai Panel Surya," *Kumparan*, p. 6, 2022, [Online]. Available: <https://kumparan.com/solar-kita/5-hal-yang-perlu-anda-ketahui-tentang-baterai-panel-surya-1xY2Vlw6IIS/full>
- [48] L. Langganan and G. Pabrik, "Ringkasan Ringkasan Referensi dan Sumber Daya," 2022.
- [49] S. Rouse, "RETScreen Version 8 . 1 now available – host of new features ! Editor ' s Picks," p. 2024, 2024.

- [50] "Mulai percobaan gratismu sekarang," p. 100.
- [51] "Homer Software Full Version Free Download," p. 2021, 2021.
- [52] S. Karim, "856-1686-1-Sm," vol. 02, no. 02, pp. 81–91, 2016.
- [53] R. Syahputra, F. Noor, and F. Mujaahid, "Analisis Indeks Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Angin-Surya Menggunakan Metode EENS," *Semesta Teknika*, vol. 23, no. 1, pp. 92–105, 2020, doi: 10.18196/st.231259.



