

**STUDI KELAYAKAN EKONOMIS PLTS *ROOFTOP* ON GRID DAN
PENENTUAN KAPASITAS PANEL SURYA PLTS SEBAGAI
PEMANFAATAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN
(STUDI KASUS UPTD PUSKESMAS RASUAN)**

(Skripsi)

Oleh:

**M. IRHAMSAH
NPM 2015031063**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

STUDI KELAYAKAN EKONOMIS PLTS *ROOFTOP* ON GRID DAN PENENTUAN KAPASITAS PANEL SURYA PLTS SEBAGAI PEMANFAATAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN (STUDI KASUS UPTD PUSKESMAS RASUAN)

Oleh

M. Irhamsah

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) rooftop merupakan solusi energi terbarukan yang efektif dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil, terutama di sektor kesehatan seperti UPTD Puskesmas Rasuan. Penelitian ini mengkaji kelayakan teknis dan ekonomis sistem PLTS on-grid di Puskesmas Rasuan, serta menentukan kapasitas panel surya yang optimal dengan memanfaatkan Luas atas bangunan UPTD Puskesmas Rasuan. Simulasi menggunakan perangkat lunak PVsyst dengan data iradiasi rata-rata 4,94 kWh/m²/hari dan temperatur rata-rata 27,3°C, dilakukan pada dua konfigurasi kapasitas panel surya: 375 Wp dan 450 Wp. Konfigurasi 375 Wp menghasilkan energi tahunan sebesar 4.520 kWh, sementara konfigurasi 450 Wp menghasilkan 4.747 kWh. Dari analisis ekonomis, konfigurasi 375 Wp memiliki *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 15.228.915, *Profitability Index* (PI) sebesar 1,29, dan *Discounted Payback Period* (DPP) selama 7 tahun 6 bulan, sedangkan konfigurasi 450 Wp memiliki NPV Rp 16.992.664, PI 1,31, dan DPP 7 tahun 5 bulan. Kedua konfigurasi layak secara ekonomi, dengan konfigurasi 450 Wp memberikan pengembalian investasi yang lebih cepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 2 jenis konfigurasi panel ini layak implementasikan di UPTD Puskesmas Rasuan agar dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan, mengurangi konsumsi listrik dari jaringan konvensional, dan meningkatkan efisiensi energi di fasilitas Kesehatan

Kata Kunci: PLTS, PVsyst, Analisis teknis, Analisis Ekonomi, UPTD Puskemas, NPV, PI, DPP

ABSTRACT

ECONOMIC FEASIBILITY STUDY OF ROOFTOP ON GRID PLTS AND DETERMINATION OF PLTS SOLAR PANEL CAPACITY AS A UTILIZATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES (CASE STUDY OF UPTD PUSKESMAS RASUAN)

BY

M. Irhamsah

Rooftop Solar Power Plants (PLTS) are an effective renewable energy solution in reducing dependence on fossil fuels, especially in the health sector such as the UPTD Puskesmas Rasuan. This study examines the technical and economic feasibility of the on-grid PLTS system at the Puskesmas Rasuan, and determines the optimal solar panel capacity by utilizing the area above the UPTD Puskesmas Rasuan building. Simulations using PVsyst software with average irradiation data of 4.94 kWh/m²/day and an average temperature of 27.3°C, were carried out on two solar panel capacity configurations: 375 Wp and 450 Wp. The 375 Wp configuration produces 4,520 kWh of annual energy, while the 450 Wp configuration produces 4,747 kWh. From the economic analysis, the 375 Wp configuration has a Net Present Value (NPV) of Rp 15,228,915, a Profitability Index (PI) of 1.29, and a Discounted Payback Period (DPP) of 7 years and 6 months, while the 450 Wp configuration has an NPV of Rp 16,992,664, a PI of 1.31, and a DPP of 7 years and 5 months. Both configurations are economically feasible, with the 450 Wp configuration providing a faster return on investment. The results of the study indicate that these 2 types of panel configurations are feasible to be implemented in the Rasuan Health Center UPTD in order to optimize the use of renewable energy, reduce electricity consumption from conventional networks, and increase energy efficiency in health facilities.

Keywords: Solar Power Plant, PVsyst, Technical analysis, Economic analysis, UPTD Health Center, NPV, PI, DPP

**STUDI KELAYAKAN EKONOMIS PLTS *ROOFTOP* ON GRID DAN
PENENTUAN KAPASITAS PANEL SURYA PLTS SEBAGAI
PEMANFAATAN SUMBER ENERGI TERBARUKAN
(STUDI KASUS UPTD PUSKESMAS RASUAN)**

Oleh :
M. IRHAMSAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **STUDI KELAYAKAN EKONOMIS PLTS ROOFTOP ON GRID DAN PENENTUAN KAPASITAS PANEL SURYA PLTS SEBAGAI PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN (STUDI KASUS UPTD PUSKESMAS RASUAN)**

Nama Mahasiswa : **M. Irhamsah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2015031063**

Jurusan : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**



1. **Komisi Pembimbing**

Usea
Osea Zebua, S.T., M.T.
NIP. 197006091999031002

Zulmiftah Huda
Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng.
NIP. 198806242019031015

2. **Mengetahui**

Herlinawati
Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 19710314 1999032001

Sumadi
Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 19731104 2000031001

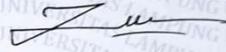
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Osea Zebua, S.T, M.T.



Sekretaris : Zulmiftah Huda, S.T, M.Eng.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T, M.Sc



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T, M.Sc. J
NIP. 19750928 2001121002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Oktober 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi Kelayakan Ekonomis Plts *Rooftop* On Grid Dan Penentuan Kapasitas Panel Surya PLTS Sebagai Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan (Studi Kasus UPTD Puskesmas Rasuan)” merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Oktober 2024



M. Irhamsah

NPM 2015031063

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Palembang pada tanggal 21 September 2001. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Sahwali dan Ibu Supriyati. Penulis menamatkan pendidikan di Sekolah Dasar SD Negeri 87 Palembang tahun 2013, melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 7 Palembang dan lulus tahun 2016, serta menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 2 Palembang dan pada tahun 2016 hingga lulus 2019.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO), menjabat sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada periode 2021 dan Kepala Divisi Pendidikan Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada periode 2022. Penulis juga aktif sebagai asisten Laboratorium konversi Energi Kinetik sejak tahun 2022 - 2024, dan berkesempatan menjadi asisten pada Praktikum Dasar Tenga listrik serta Praktikum Mesin – Mesin Listrik. Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. PLN Nusantara Power UPK Tarahan Lampung dalam divisi Engineering pada tanggal 3 Juli 2023 sampai dengan 31 Juli 2023. Laporan kerja praktik yang disusun berjudul “Analisis Kondisi Transformator Daya Pada PLTU Tarahan Dengan Menggunakan Metode *Dissolved Gas Analysis* (Dga) Online Sebagai *Predictive Maintenance*” tahun 2023, setelah itu, Penulis juga pernah melakukan magang di PT. Prima Layanan Nasional Enjiniring bidang Energi dan Pembangkit tahun 2023.



PERSEMBAHAN



Dengan Ridho Allah SWT

Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW Karya Tulis ini ku
persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Sahwali dan Supriyati

Serta Kakak-Kakak dan Adikku Tersayang

Siti Sarah

A. Bukhori

Terimakasih untuk semua dukungan dan doa selama ini Sehingga aku dapat
menyelesaikan hasil karyaku ini



MOTTO

“Tidak ada yang mustahil bagi mereka yang mau mencoba.”

(Alexander the great)

**“Aku memang berjalan lambat, tapi aku tidak pernah berjalan
mundur**

(Abraham Lincoln)

**"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum
sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka
sendiri."**

(Q.S Ar-Ra'd: 11)

SANWACANA

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Studi Kelayakan Ekonomis PLTS *Rooftop* On Grid dan Penentuan Kapasitas Panel Surya PLTS Sebagai Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan (Studi Kasus UPTD Puskesmas Rasuan).”** Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tuaku tercinta Bapak Sahwali dan ibu Supriyati, terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan, ridho dan doa pada setiap jalan perjuangan selama ini yang tiada hentinya.
2. Saudaraku-saudaraku tersayang, Sarah dan Bukhori yang menjadi penyemangat dan memberikan doa untuk penulis, semoga kelak kita menjadi orang yang sukses agar dapat membahagiakan dan membanggakan Orang tua kita.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., ASEAN.Eng., selaku Rektor Universitas Lampung
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung
6. Bapak Sumadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung
7. Bapak Osea Zebua, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan pandangan hidup kepada

penulis dalam penyusunan Skripsi ini.

8. Bapak Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan Skripsi ini.
9. Dr. Eng. Lukmanul Hakim, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji yang memberikan kritik, masukan, saran serta motivasi dalam penyusunan Skripsi ini.
10. Ibu Dr. Eng. Endah Komalasari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, bimbingan dengan baik dan tulus kepada penulis selama perkuliahan.
11. Dr. Eng. Endah Komalasari, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Laboratorium Konversi Energi Kinetik, atas ilmu dan pengalaman yang telah penulis peroleh selama menjadi asisten di laboratorium tersebut. Bimbingan dan kesempatan yang diberikan sangat berharga dalam proses belajar penulis.
12. Ibu Aniizar, S.T. selaku PLP Laboratorium Konversi Energi Kinetik, atas ilmu dan pengalaman yang telah penulis peroleh selama menjadi asisten di laboratorium tersebut. Bimbingan dan kesempatan yang diberikan sangat berharga dalam proses belajar penulis.
13. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran dan pandangan hidup selama perkuliahan.
14. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
15. Sahabat-sahabat tercinta: Sidik, Sandro, Dian, Gusti, Affan, Fadhil, Frans, Rahmat, Iqbal, Agung, Hafis, Zein, Rey, Naufal Terima kasih atas segala pengalaman yang telah kita lalui bersama dan dukungan yang tak pernah putus. Keberadaan kalian selalu menjadi sumber inspirasi dan semangat bagi penulis.
16. Rekan-rekan Asisten Laboratorium, Konversi Energi Elektrik Zein, Agung, Rahmat, Rey, Reza, Saka, Reyzal, Adam, Alfin, kenya, altika serta adik-adik asisten angkatan 21 telah membantu penulis dan terima kasih atas pengalaman dan cerita menariknya semasa perkuliahan
17. Kepala dan kakak-kakak UPTD Puskesmas Rasuan yang telah membimbing serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

18. Rekan – rekan adik 21, Faidz syabi, Rassel, Wayan, Reihan telah membantu dan memberikan dukungan pada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
19. Segenap Keluarga Besar Angkatan HELLIOS 2020, dan teman-teman yang telah menjadi rekan skripsi selama di lab.
20. Rekan-rekan HIMATRO UNILA serta kakak-kakak dan adik-adik tingkat di Jurusan Teknik Elektro.
21. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi perbaikan dan kemajuan bersama. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Oktober 2024
Penulis,

M. Irhamsah

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Rumusan masalah.....	3
1.4 Batasan masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian terdahulu.....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	6
2.2.1 Sistem PLTS On grid	7
2.2.2 Sistem PLTS Off Grid.....	7
2.2.3 Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	8
2.3 Komponen Pembangkit listrik Tenaga Surya	8
2.3.1 Modul PV.....	8
2.3.2 Inverter.....	9
2.3.3 KWh Exim	10
2.4 Software PVSystem.....	10
2.5. Net Present Value	11
2.6 <i>Discounted Payback Period</i>	11

2.7. <i>Profitability Index</i>	11
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan tahap penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Tahap penelitian.....	13
3.4 Diagram Penelitian	15
3.5 Lokasi Penelitian	16
3.6 Mengukur Potensi Energi Surya Dan Data Beban	16
3.7 Analisis Teknis.....	16
3.7.1 Menghitung Rata-Rata Waktu Penyinaran Matahari	16
3.7.2 Menghitung Area Array (PV Area)	17
3.7.3 Menghitung Daya yang Dapat Dibangkitkan PLTS (<i>Watt peak</i>)	17
3.7.4 Menghitung Jumlah Panel Surya	18
3.7.5 Menghitung Kapasitas <i>Inverter</i>	18
3.7.6 Menentukan Konfigurasi PV	18
3.7.7 Simulasi dan Desain PLTS <i>On-Grid</i>	19
3.8 Analisis Ekonomi.....	19
3.8.1 Menghitung Investasi Awal	19
3.8.2 Menghitung Biaya Operasional dan Pemeliharaan	19
3.8.3 Menghitung <i>Net Present Value</i> (NPV).....	20
3.8.4 Menghitung <i>Profitability Index</i> (PI)	20
3.8.5 Menghitung <i>Discounted Payback Period</i> (DPP).....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Profil lokasi Penelitian	22
4.2. Profil Beban Harian di UPTD Puskesmas Rasuan	23
4.3 Energi surya.....	23
4.3.1 Iradiasi matahari	23
4.3.2 Temperature	25
4.4 Pemilihan Komponen	26
4.5.1 Analisis Teknis konfigurasi Skenario Sistem 375 Wp.....	28
4.5.1.1 Menghitung rata rata iradiasi matahari	28
4.5.1.2 Menghitung luas Pv area skenario sistem 1	28
4.5.1.3 Menghitung Daya PLTS skenario sistem 1	30
4.5.1.4 Menghitung jumlah panel surya untuk skenario sistem 1	30

4.5.1.5 Menghitung kapasitas Inverter skenario sistem 1	30
4.5.1.6 Menghitung Konfigurasi Pv skenario sistem 1	30
4.5.2 Analisis Teknis konfigurasi Skenario Sistem 450 Wp	32
4.5.2.1 Menghitung luas Pv area skenario sistem 2	32
4.5.2.2 Menghitung Daya PLTS skenario sistem 2	33
4.5.2.3 Menghitung Jumlah Panel yang dibutuhkan skenario sistem 2	33
4.5.2.4 Menghitung kapasitas Inverter skenario sistem 2	34
4.5.2.5 Menghitung Konfigurasi Pv skenario sistem 2	34
4.6 Perancangan sistem pada software PVsyst	36
4.6.1 Orientasi Panel Surya	37
4.6.2 Perancangan Konfigurasi 1 dengan PVsyst	37
4.6.3 Perancangan Konfigurasi 2 dengan PVsyst	38
4.6.4 Penentuan Konsumsi Energi	39
4.7 Analisis potensi energi surya	40
4.7.1 Analisa potensi energi sistem 1	40
4.7.2 Analisis potensi energi sistem 2	42
4.8 Analisis Ekonomis	44
4.8.1 Analisis Ekonomis konfigurasi sistem 1 kapasitas 375 Wp	44
4.8.1.1 Menghitung biaya investasi awal	44
4.8.1.2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan	46
4.8.1.3 Menghitung Net Present Value (NPV)	46
4.8.1.4 Menghitung <i>Profitability Index</i> (PI)	49
4.8.1.5. Menghitung Discounted payback Period (DPP)	50
4.8.2 Analisis ekonomis konfigurasi sistem 2 Kapasitas 450	51
4.8.2.2 Menghitung <i>Net Present Value</i> NPV	52
4.8.2.3 Menghitung <i>Profitability Index</i> (PI)	55
4.8.2.4 Menghitung <i>Discounted payback Period</i> (DPP)	56
4.9. Hasil Analisa ekonomi perencanaan plts On Grid Puskesmas Rasuan	57
4.9.1 Hasil analisa ekonomi konfigurasi sistem 1 kapasitas panel 375 Wp ...	57
4.9.2 Hasil analisa ekonomi konfigurasi sistem 2 kapasitas panel 450 Wp ...	58
KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik tenaga surya	6
Gambar 2. 2 PLTS On-grid	7
Gambar 2. 3 PLTS off grid.....	7
Gambar 2. 4 PLTS <i>Hybrid</i>	8
Gambar 2. 5 <i>PV-Module</i>	9
Gambar 2. 6 Inverter	9
Gambar 2. 7 Kwh Exim	10
Gambar 2. 8 Software PVsyst.....	11
Gambar 3. 1 Diagram alir Penelitian.....	15
Gambar 3.2 Lokasi penelitian	16
Gambar 4. 1 Profil Lokasi penelitian	22
Gambar 4. 2 Grafik <i>Global Horizontal Irradiance (GHI)</i>	24
Gambar 4. 3 Grafik Temperature	25
Gambar 4. 4 Desain Konfigurasi <i>scenario 1</i> Sitem panel 375 Wp.....	32
Gambar 4. 5 Desain Konfigurasi <i>scenario 2</i> Sitem panel 450 Wp.....	35
Gambar 4. 6 Tampilan utama software PVsyst 7.2	36
Gambar 4. 7 Orientasi Panel Surya 7°	37
Gambar 4. 8 Konfigurasi sistem 1 pada PVsyst.....	38
Gambar 4. 9 Konfigurasi sistem 2 pada PVsyst.....	38
Gambar 4. 10 Profil konsumsi energi UPTD Puskesmas	39
Gambar 4. 11 Potensi energi perencanaan PVSyst Sistem 1	40
Gambar 4. 12 Potensi energi perencanaan PVSyst Sistem 2.....	42
Gambar 4. 13 Grafik DPP Skenario sistem 1	50
Gambar 4. 14 Grafik DPP Skenario sistem 2.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	12
Tabel 4. 1 Profil beban harian Gedung puskesmas rasuan.....	23
Tabel 4. 2 <i>Data Global Horizontal Irradiance</i> (GHI).....	24
Tabel 4. 3 Data Temperatur Lokasi Penelitian	25
Tabel 4. 4 Spesifikasi panel surya Longi solar 375 Wp	26
Tabel 4. 5 Spesifikasi panel surya Longi solar 450 wp.....	26
Tabel 4.6 Spesifikasi Inverter <i>Sunways / STS-3KTL-S</i>	27
Tabel 4. 7 Hasil Potensi Energi Surya sistem panel 375 Wp pada Simulasi Pvsyst	41
Tabel 4. 8 Hasil Potensi Energi Surya sistem panel 450 Wp pada Simulasi Pvsyst	43
Tabel 4. 9 Biaya komponen Investasi Awal sistem 1	44
Tabel 4. 10 Perhitungan arus kas keluar dan masuk sistem 1	47
Tabel 4. 11 Biaya komponen Investasi Awal sistem 2	51
Tabel 4. 12 Perhitungan arus kas keluar dan masuk sistem 2	53
Tabel 4. 13 Asumsi Finansial 1	57
Tabel 4. 14 Hasil analisa ekonomi PLTS On grid sistem 1	57
Tabel 4. 15 Asumsi Finansial 2	58
Tabel 4. 16 Hasil analisa ekonomi PLTS On grid sistem 2.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik telah menjadi kebutuhan pokok global, termasuk di Indonesia, dengan perannya yang vital dalam berbagai aspek kehidupan. Konsumsi energi listrik terus meningkat, sehingga diperlukan penyeimbangan antara pembangkit dan konsumsi melalui pengembangan infrastruktur listrik. Energi terbarukan, seperti PLTS, menjadi alternatif penting untuk menggantikan bahan bakar fosil dengan manfaat lingkungan yang cepat diperbaharui dan ketersediaan melimpah. di Indonesia, PLTS telah diadopsi untuk mengurangi ketergantungan pada listrik dari PLN dan mengurangi dampak lingkungan negatif.

Menurut data statistik PLN, Indonesia memiliki total kapasitas terpasang pembangkit sebesar 62,8 GW. dengan perincian untuk jenis pembangkit adalah PLTU 20.750,50 MW (47,31%), PLTGU 10.708,76 MW (24,42%), PLTD 3.692,38 MW (8,42%), PLTMG 1.336,93 MW (3,05%), PLTA 3.583,98 MW (8,17%), PLTG 3.188,90 MW (7,27%), PLTP 579,50 MW (1,32%), PLT Surya dan PLT Bayu 15,62 MW (0,04%).[7] Pembangkit dengan bahan bakar fosil gabungan masih mendominasi dengan porsi kapasitas terpasang sebesar 90,5%, dan sisanya sebesar 9,5 % berasal dari energi baru dan terbarukan (EBT). Pemanfaatan energi terbarukan, terutama energi surya, semakin diperhatikan dalam mengatasi tantangan global terkait krisis energi dan perubahan iklim. Indonesia telah menunjukkan komitmennya dalam mengadopsi energi bersih dengan mencatat pencapaian signifikan dalam pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) melalui EBT, melebihi target sebesar 104% pada tahun 2021. Kementerian ESDM menetapkan target yang lebih ambisius dengan meningkatkan porsi bauran EBT hingga 23% pada tahun 2025. [3]

Indonesia merupakan Negara yang terletak di garis khatulistiwa yang memiliki potensi energi matahari yang besar. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan energi terbarukan yang berpotensi diterapkan di Indonesia yang memiliki potensi radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m²/hari. [7] Penggunaan energi surya melalui pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap pada bangunan-bangunan seperti Lembaga Kesehatan adalah tindakan cerdas dalam mengoptimalkan potensi energi surya yang tersedia khususnya puskesmas.

Puskesmas (Pusat Kesehatan Masyarakat) adalah fasilitas kesehatan yang memiliki peran penting dalam menyediakan layanan kesehatan di tingkat lokal. UPTD Puskesmas Rasuan, yang berlokasi di suatu wilayah OKU, merupakan Unit Pelaksana Teknis Daerah Puskesmas yang bertanggung jawab khusus dalam pemeliharaan fasilitas kesehatan, pengelolaan persediaan obat dan alat medis, serta manajemen sistem infrastruktur yang mendukung operasional sehari-hari dan di wilayah tersebut. Kegiatan operasional Puskesmas Rasuan mencakup kebutuhan listrik untuk peralatan medis, pencahayaan, sistem pendingin, dan berbagai fasilitas lain yang mendukung layanan kesehatan yang optimal bagi masyarakat setempat. Namun meski mendukung layanan kesehatan, penggunaan listrik saat ini masih mengandalkan sumber konvensional jaringan PLN di Oku masih tergolong kurang stabil dan sering mengalami pemadaman tiba-tiba.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh perancangan sistem dan kapasitas panel surya PLTS rooftop di UPTD Puskesmas Rasuan yang optimal dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis sehingga menjadi relevan untuk dieksplorasi dengan memanfaatkan potensi energi matahari yang tersedia di daerah tersebut. Penggunaan panel surya dapat menjadi langkah strategis dalam upaya memperluas penggunaan energi terbarukan yang dapat mengurangi pemakaian listrik dari pembangkit energi fosil dan ketergantungan pada penggunaan sumber energi konvensional dalam sektor kesehatan.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi konsumsi energi dan mengukur potensi PLTS atap di UPTD Puskesmas Rasuan

2. Menentukan kapasitas panel surya PLTS rooftop yang optimal untuk memenuhi kebutuhan energi UPTD Puskesmas Rasuan.
3. Menganalisis aspek teknis dan aspek ekonomis dari implementasi PLTS atap di UPTD Puskesmas Rasuan

1.3 Rumusan masalah

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi penggunaan energi terbarukan melalui panel surya di lingkungan UPTD Puskesmas Rasuan.
2. Bagaimana menentukan kapasitas panel surya yang optimal untuk memenuhi kebutuhan beban di UPTD Puskesmas Rasuan?
3. Bagaimana evaluasi kelayakan teknis dan ekonomis dari penerapan PLTS atap di Lingkungan UPTD Puskesmas Rasuan?

1.4 Batasan masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian hanya berfokus pada Lingkungan Kasus di UPTD Puskesmas Rasuan.
2. Penelitian akan mengevaluasi aspek teknis perencanaan PLTS atap dengan mempertimbangkan ketersediaan atap dan potensi energi matahari di lokasi penelitian
3. Analisis ekonomis hanya mencakup biaya investasi awal, *Net Present Value*, *Payback Periode*, dan *Profitability Index*
4. Penelitian ini hanya membandingkan dua skenario kapasitas panel yang dipakai pada perancangan

1.5 Manfaat Penelitian.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai potensi energi terbarukan di lingkungan puskesmas. Selain itu, perancangan desain PLTS atap yang optimal di UPTD Puskesmas Rasuan diharapkan dapat menghasilkan sistem energi yang efisien dan ramah lingkungan, dengan potensi pengurangan ketergantungan terhadap sumber energi konvensional fosil dan penghematan biaya operasional.

1.6 Hipotesis

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap di UPTD Puskesmas Rasuan memiliki potensi besar untuk menghasilkan energi surya yang cukup untuk memenuhi sebagian besar kebutuhan konsumsi energi pada gedung puskesmas Rasuan. Peneliti mengasumsikan bahwa dengan memanfaatkan cahaya matahari dan pemakaian kapasitas panel yang optimal, dapat memberikan kontribusi signifikan dalam penghematan biaya pada UPTD Puskesmas Rasuan.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan terkait latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan beberapa teori pendukung dan referensi teori yang didapatkan dari berbagai sumber seperti jurnal, penelitian ilmiah, dan buku yang digunakan oleh penulis untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan terkait waktu dan tempat, metode penelitian, dan pelaksanaan dalam mengerjakan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan dan menganalisis hasil dari data yang diperoleh yaitu perhitungan dan analisis sebagai pembahasan dari penelitian ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu

Berdasarkan topik penelitian yang dipilih, terdapat beberapa referensi penelitian yang terkait. Referensi ini berasal dari jurnal atau penelitian terdahulu yang relevan. Beberapa sumber dan referensi yang menjadi fokus dalam penelitian ini antara lain adalah penelitian dari Karuniawan dan E. A., Sugiono dengan judul Analisis Potensi Daya Listrik Plts Atap Di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang Dengan Perangkat Lunak Pvsyst. Penelitian ini melakukan perancangan sistem PLTS On grid melalui simulasi menggunakan Perangkat Lunak PVsyst untuk memprediksi potensi energi listrik di lingkungan Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang. Hasil dari simulasi PVSyst menunjukkan bahwa potensi energi listrik di Gedung Direktorat Polines adalah sebesar 9321 kWh/tahun atau setara dengan 25,56 kWh/hari, dengan kapasitas PLTS sebesar 6,08 kWp.[3]

Selanjutnya Berdasarkan topik penelitian oleh Hendro Widiarto dan Asep Samanhudi yang berjudul “Rancangan Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi di Gedung Power House Bandara Banyuwangi” penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber energi yang akan membackup tenaga listrik terpakai, perancangan sistem PLTS yang mampu mendukung 60% dari total daya yang digunakan oleh gedung power house Bandara Banyuwangi. PLTS ini memiliki kapasitas untuk menghasilkan daya sebesar 15,3 kW per jam, yang secara kebutuhan telah memenuhi standar yang diinginkan. Berdasarkan perhitungan dengan performance ratio, sistem ini menghasilkan efisiensi sebesar 84%, yang menandakan bahwa proyek ini dapat direalisasikan dengan baik. [13]

Berdasarkan penelitian oleh Syamsudin Zalmandi yang berjudul "Perencanaan Penggunaan PLTS di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan penggunaan PLTS untuk menyuplai daya

listrik di stasiun. Penelitian ini menggunakan observasi dan analisis data. Penelitian menunjukkan bahwa dengan memasang 330 panel surya dapat menghasilkan listrik sebesar 100 kWp, instalasi PLTS di Stasiun Kereta Api Cirebon dapat menghasilkan energi yang bersih dan ramah lingkungan, serta mengurangi biaya operasional. Untuk sistem PLTS yang diperlukan untuk daya listrik kegiatan utama, Pada aspek ekonomisnya Perencanaan ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 1.278.710.000. Perencanaan ini menguntungkan untuk dikembangkan, dengan modal yang kembali pada tahun ke-22 dari total usia proyek selama 25 tahun. Setiap tahun, keuntungan diperoleh dari bunga sebesar 11%. [15]

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

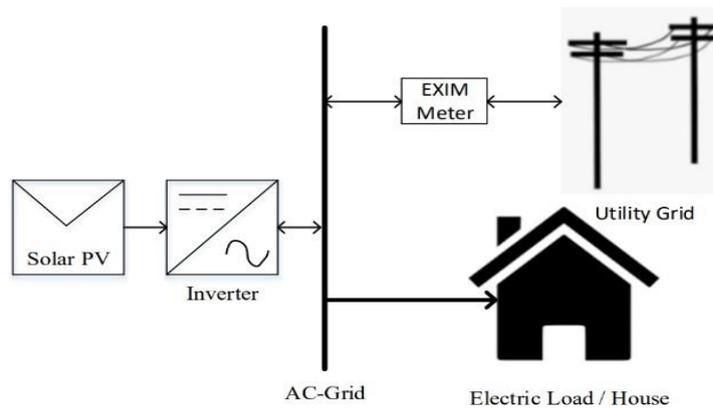


Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik tenaga surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber energinya melalui sel surya untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. [2] PLTS juga merupakan solusi ramah lingkungan di perkotaan dan pemukiman perdesaan. Pada perkotaan, PLTS mengurangi beban listrik dari jaringan utama, sementara di permukiman pedesaan, PLTS memberikan akses listrik mudah dan hemat biaya. Integrasi PLTS di atap gedung kota atau area terbuka mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional, menciptakan sistem energi berkelanjutan, mendukung otonomi energi, dan mengurangi risiko pemadaman dengan penerapan PLTS di Indonesia, dapat secara efektif mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan meningkatkan produksi energi baru terbarukan. Energi listrik yang dihasilkan dari PLTS bergantung pada beberapa faktor, seperti intensitas sinar matahari yang diterima oleh modul fotovoltaik, suhu sekitar modul, dan bayangan atau shading yang memengaruhi modul tersebut.

2.2.1 Sistem PLTS On grid

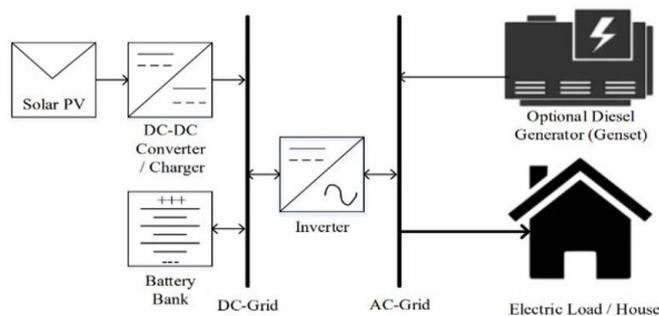
PLTS on-grid adalah jenis sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung secara langsung dengan jaringan listrik utama, seperti PLN (Perusahaan Listrik Negara) dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari oleh panel surya untuk menghasilkan energi Listrik semaksimal mungkin. [7] PLTS on-grid, tidak ada memakai penggunaan baterai untuk menyimpan energi, sehingga penggunaan energi hanya tergantung pada ketersediaan sinar matahari dan kebutuhan langsung pengguna,



Gambar 2. 2 PLTS On-grid [3]

2.2.2 Sistem PLTS Off Grid

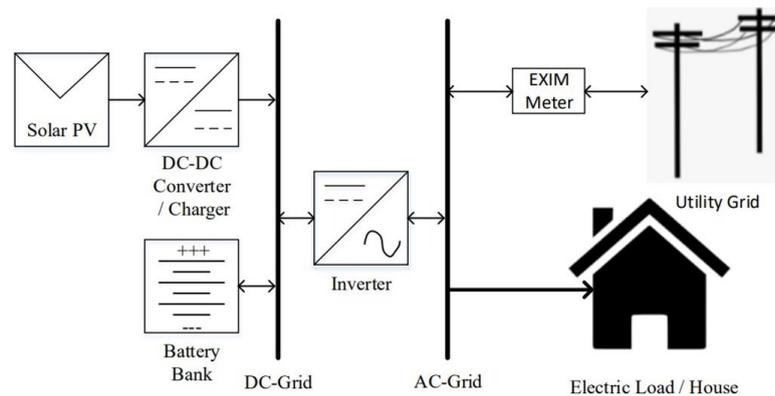
Sistem Off Grid merupakan Sistem ini berdiri sendiri (*stand_alone*), yang tidak terhubung dengan jaringan PLN, merupakan solusi pembangkit listrik alternatif yang cocok untuk menyuplai listrik di daerah-daerah terpencil yang tidak dilalui oleh jaringan PLN. [7] Sistem ini, terdapat baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Energi yang tersimpan akan digunakan ketika panel surya tidak menerima radiasi cahaya matahari.



Gambar 2. 3 PLTS off grid [3]

2.2.3 Sistem PLTS *Hybrid*

Sistem jaringan Hybrid adalah salah satu sistem yang digunakan pada jaringan listrik dengan beberapa sumber pembangkit yang terhubung ke jaringan yang sama. Jaringan ini menggunakan kWh Ex-Im, dimana fungsinya adalah untuk meneruskan arus dari sumber pembangkit listrik ke jaringan dan dapat menghitung berapa daya yang dialirkan, sehingga dapat dikonversikan ke dalam nominal uang.[7].



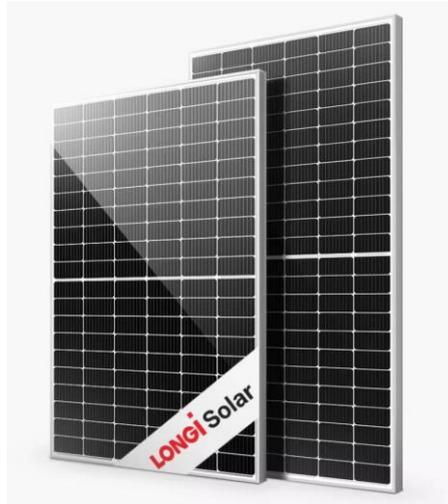
Gambar 2. 4 PLTS *Hybrid* [3]

2.3 Komponen Pembangkit listrik Tenaga Surya

Suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) didirikan dengan mengintegrasikan beberapa komponen utama yang memegang peran kunci dalam operasionalnya. Komponen-komponen ini meliputi modul PV (Panel Surya), inverter, dan kWh meter exim.

2.3.1 Modul PV

Modul fotovoltaik merupakan komponen krusial dalam sistem PLTS karena mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. Modul ini terdiri dari sejumlah sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri untuk membentuk unit yang berfungsi. Setiap sel, bersama dengan kawat busbar penghubungnya, dilindungi oleh bahan pelapis atau enkapsulasi untuk menjaga agar tidak terpapar langsung dengan lingkungan dan agar tetap kokoh terhadap tekanan mekanik yang mungkin merusak sel-sel tipis tersebut [10] Susunan beberapa modul surya yang terpasang pada penyangga disebut array.



Gambar 2. 5 *PV-Module*

2.3.2 Inverter

Inverter merupakan alat yang berperan krusial dalam sistem PLTS dengan mengubah arus dan tegangan listrik DC (direct current) yang dihasilkan oleh array PV menjadi arus dan tegangan listrik AC (alternating current) yang dapat digunakan untuk memasok listrik ke rumah atau grid listrik. Inverter memainkan peran vital dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan mengubah energi listrik dari arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) yang sesuai dengan standar frekuensi dan tegangan perangkat listrik. Inverter memastikan bahwa listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan secara efisien dan sesuai dengan kebutuhan penggunaan di rumah atau jaringan listrik yang terhubung. [8]



Gambar 2. 6 Inverter

2.3.3 KWh Exim

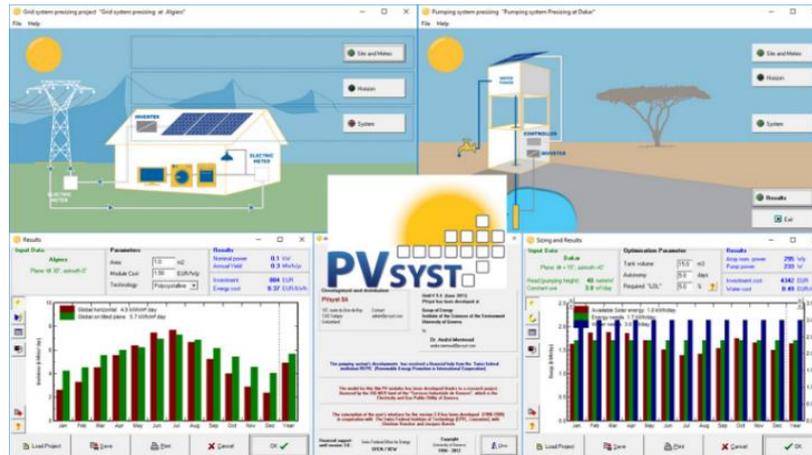
KWh Exim atau "Export Import Meter" adalah komponen penting dalam sistem PLTS atap on-grid. Fungsinya adalah sebagai alat pengukur aliran listrik dari sistem PLTS atap ke jaringan distribusi PT. PLN dalam bentuk energi (kWh). Setiap akhir bulan, perhitungan dilakukan oleh PT PLN dengan menggunakan angka yang tertera pada kWh meter exim untuk menghitung tagihan listrik pelanggan. Selain itu, kWh Exim memiliki fungsi tambahan yaitu kemampuannya untuk membaca kWh Impor dari PLTS ke jaringan listrik PLN. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menghitung pengurangan tagihan dari beban pelanggan yang menggunakan PLTS. [10]



Gambar 2. 7 Kwh Exim

2.4 Software PVSyst

PVSyst adalah platform software yang digunakan untuk desain dan evaluasi sistem PLTS. Software ini telah diakui secara internasional karena kemampuannya dalam studi perencanaan dan kinerja sistem Photovoltaic. Metode simulasi yang digunakan memperhitungkan realisasi perjam sepanjang tahun untuk mengoptimalkan kombinasi antara radiasi global, suhu dari berbagai parameter database, dan data radiasi dalam periode waktu tertentu. PVSyst menjadi alat paling canggih untuk pemodelan dan analisis sistem PV surya dalam berbagai aplikasi. Pengguna dapat mengoptimalkan parameter-parameter penting untuk pembangkit listrik tenaga surya PV dan menggunakan efek bayangan. Platform ini juga dilengkapi dengan database besar yang terintegrasi dengan komponen sistem PV yang tersedia di pasaran saat ini. [1]



Gambar 2. 8 Software PVsyst

2.5. Net Present Value

NPV (*Net Present Value*) adalah metode analisis keuangan yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan proyek atau investasi dengan membandingkan nilai semua arus kas masuk dan keluar dari proyek tersebut, yang diestimasi pada nilai waktu uang yang saat ini, NPV mengukur selisih antara nilai sekarang dari arus kas masuk (*cash inflows*) dengan nilai sekarang dari arus kas keluar (*cash outflows*) dari suatu proyek. [9]

2.6 Discounted Payback Period

Discounted Payback Period (DPP) adalah metode evaluasi investasi yang mengukur waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal dari arus kas yang dihasilkan oleh proyek, DPP menunjukkan seberapa cepat investasi awal dapat diperoleh kembali, yang dinyatakan dalam tahun, bulan, atau hari. Kriteria penilaiannya adalah jika suatu proyek memiliki DPP yang lebih cepat daripada masa periode proyek, maka proyek tersebut dianggap layak [4]

2.7. Profitability Index

PI (*Profitability Index*) adalah alat evaluasi investasi yang menilai kemampuan suatu proyek dalam menghasilkan keuntungan (profit) dengan membandingkan present value dari penerimaan kas bersih dengan *Present Value Investment*. PI mengevaluasi nilai sekarang dari arus kas masa depan proyek, di mana nilai PI lebih dari 1 menunjukkan proyek layak diterima, sementara nilai PI kurang dari 1 menandakan proyek tidak menguntungkan secara finansial dan ditolak.[14]

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tahap penelitian

Adapun waktu dan tempat penelitian dilakukan di :

Tempat : Gedung UPTD Puskesmas Rasuan
 Alamat : Jl. Jln Raya Rasuan, Kec. Madang Suku I, Kabupaten
 Ogan Komering Ulu Timur, Sumatera Selatan
 Waktu : Mei 2023

Adapun tepat pengerjaan penulisan laporan dilakukan di :

Tempat : Laboratorium Konversi Energi Elektrik
 Alamat : Jalan Prof Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung
 Waktu : Mei 2024 – Oktober 2024

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Mei	Juni	Juli	Ag	Sep	Okt
1.	Studi Literatur						
2.	Seminar Proposal						
3.	Pengambilan Data dan Simulasi						
4.	Analisis dan Pembahasan						
5.	Penulisan Laporan						
6.	Seminar Hasil						
7.	Perbaikan Laporan						
8.	Ujian Komprehensif						

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop Lenovo Ideapad Gaming 3, Ryzen 5, RTX 3050.
2. Perangkat lunak PVSyst 7.2.
3. Data beban atau tagihan listrik UPTD Puskesmas
4. Data Temperature
5. Data *Global Horizontal Irradiance*

3.3 Tahap penelitian

1. Studi Literatur:

Pada tahapan ini, penulis mempelajari teori serta mengumpulkan literatur mengenai Perancangan PLTS *Roftoop On Grid*. Sumber yang menjadi referensi antara lain dari buku, penelitian terdahulu, dan jurnal ilmiah.

2. Lokasi penelitian

Penulis melakukan penelitian di Gedung UPTD Puskesmas Rasuan yang berada Jl. Jln Raya Rasuan, Kec. Madang Suku I, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur, Sumatera Selatan. Pada tahapan ini bertujuan mengumpulkan informasi dan data untuk perancangan PLTS

3. Pengumpulan Data

Penulis melakukan pengumpulan data berdasarkan lokasi yang telah ditentukan yaitu UPTD Puskesmas Rasuan, pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data beban harian atau tagihan listrik, serta penulis mengumpulkan data GHI dan Temperature didapatkan dari data meteonorm

4. Analisis Teknis dan biaya

Pada tahap ini, penulis melakukan analisis teknis untuk melakukan perancangan PLTS *Rooftop On Grid* dan menentukan spesifikasinya. Analisis ini mencakup menentukan spesifikasi sistem jenis komponen yang akan digunakan, seperti kapasitas, jumlah PV dan jenis inverter yang akan dimasukkan ke dalam aplikasi yang akan digunakan untuk mengetahui jumlah daya yang dapat dihasilkan serta menghitung biaya komponen yang akan digunakan, biaya operasional, dan biaya perawatan dari perencanaan PLTS pada UPTD Puskesmas rasuan.

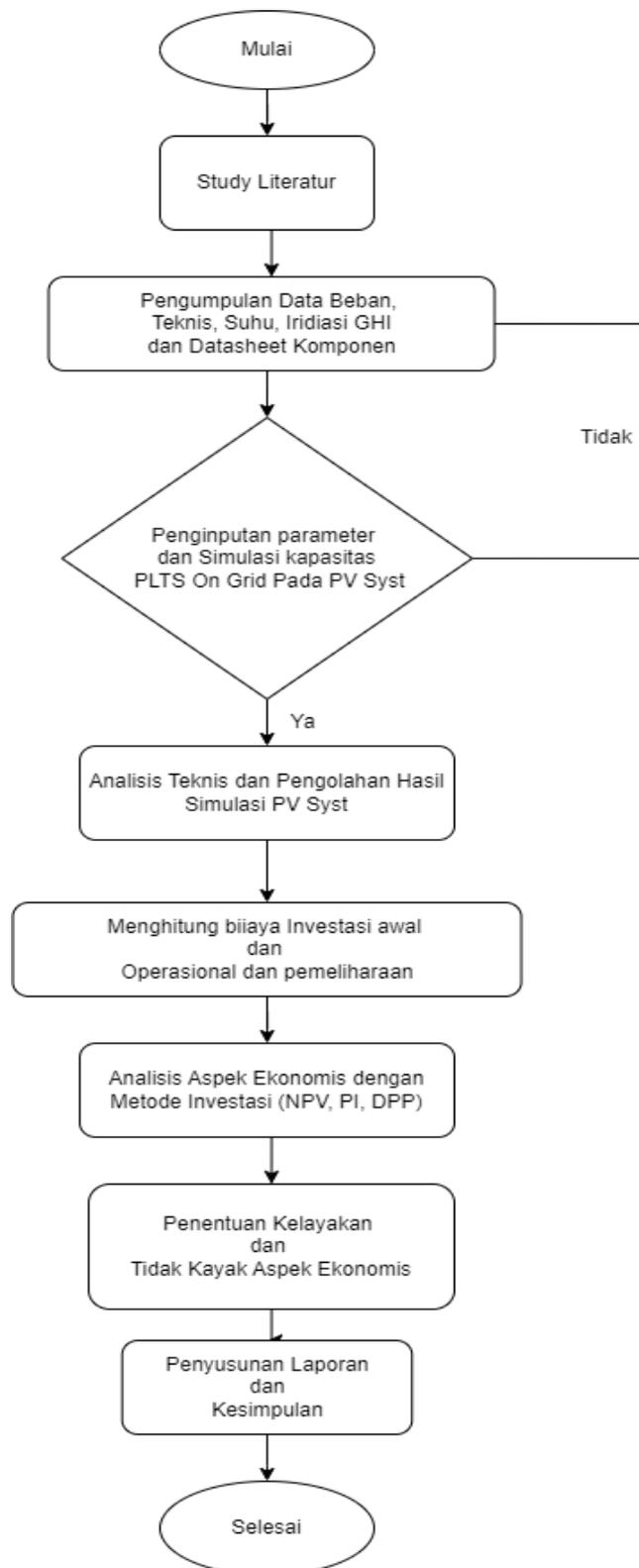
5. Analisis Ekonomi

Biaya yang diinvestasikan dalam pembangunan PLTS ini dianalisis untuk menentukan apakah investasinya merugikan atau menguntungkan serta menentukan periode pengembalian investasi. Metode analisis yang digunakan adalah NPV (*Net Present Value*), DPP (*Discounted PayBack Periode*) dan PI (*Profitability Index*)

6. Penulisan Laporan

Penulis membuat laporan terkait hasil yang telah didapatkan dan sebagai sarana pertanggungjawaban terhadap penelitian yang telah dikerjakan. Laporan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu laporan awal yang digunakan untuk seminar proposal dan laporan akhir yang digunakan untuk seminar hasil.

3.4 Diagram Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir Penelitian

3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bangunan Gedung UPTD Puskesmas Rasuan yang berada Jl. Jln Raya Rasuan, Kec. Madang Suku I, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur, Sumatera Selatan 32362, dengan letak letak geografi - 3.9767709,104.577209'



Gambar 3.2 Lokasi penelitian

3.6 Mengukur Potensi Energi Surya Dan Data Beban

Pada penelitian ini, potensi energi surya diukur menggunakan data Meteonorm dan data beban harian gedung yang diperoleh melalui pengukuran langsung serta atau tagihan listrik. Metode pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan data akurat mengenai potensi energi surya yang dapat dihasilkan oleh instalasi PLTS rooftop guna memenuhi kebutuhan beban di UPTD Puskesmas Rasuan.

3.7 Analisis Teknis

Analisis teknis merupakan suatu analisis teknis yang bertujuan untuk menghitung jumlah bagian komponen dan data yang dibutuhkan secara matematis berdasarkan rumus yang sudah tersedia.

3.7.1 Menghitung Rata-Rata Waktu Penyinaran Matahari

Dalam menghitung rata-rata waktu penyinaran sinar matahari dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PSH = \frac{GHI}{GSTC} \quad (3.1)$$

Dimana

PSH = *Peak Sun Hour* (Jam)

GHI = *Global Horizontal Irradiance* (KWh/m²)

GSTC = *Global Horizontal Irradiance* dalam STC (1000 W/m²)

3.7.2 Menghitung Area Array (PV Area)

Setelah mengetahui rata-rata waktu penyinaran matahari di daerah penelitian, langkah selanjutnya adalah menghitung kapasitas panel surya yang dapat dipasang di atap gedung UPTD Puskesmas. Penyesuaian lebar atap yang tersedia dengan panel yang akan dipasang menjadi kunci dalam menghitung luas panel surya. Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung luas panel surya adalah:

$$PV\ Area = \frac{E_L}{G_{av} \times \mu_{pv} \times TCF \times \mu_{out}} \quad (3.2)$$

Dimana,

E_L = Pemakaian energi (kWh/hari)

G_{av} = Isolasi harian matahari rata-rata (kWh/m²/hari)

μ_{pv} = Efisiensi panel surya (%)

TCF = Temperatur modul STC (25C)

μ_{out} = Efisiensi inverter (%)

3.7.3 Menghitung Daya yang Dapat Dibangkitkan PLTS (*Watt peak*)

Berdasarkan nilai dari data *area array* (PV area) yang dibutuhkan, sehingga besar daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTS dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P_{Watt\ peak} = PV\ Area \times GSTC \times \mu_{pv} \quad (3.3)$$

Dimana,

$PV\ Area$ = Luas area array (m²)

$GSTC$ = *Global Horizontal Irradiance* dalam STC (1000 W/m²)

μ_{pv} = Efisiensi panel surya (%)

3.7.4 Menghitung Jumlah Panel Surya

Menghitung jumlah panel surya yang diperlukan dalam perencanaan sistem PLTS, untuk mencari jumlah panel surya yang akan digunakan sesuai dengan daya yang dibutuhkan pada gedung puskesmas. Untuk menghitung banyaknya jumlah panel surya yang digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{P_{\text{watt peak}}}{P_{MPP}} \quad (3.4)$$

Dimana,

$P_{\text{Watt peak}}$ = Daya maksimum PLTS (Wp)

P_{MPP} = Daya maksimum per modul panel surya (Wp)

3.7.5 Menghitung Kapasitas *Inverter*

Penentuan kapasitas inverter dalam sistem PLTS harus disesuaikan dengan kebutuhan daya beban dan kapasitas panel surya untuk mencapai efisiensi optimal. Inverter yang terlalu besar cenderung beroperasi pada beban rendah, sehingga menurunkan efisiensi. Sebaliknya, inverter yang terlalu kecil mungkin tidak mampu menangani beban puncak, berisiko menyebabkan kerusakan atau kegagalan sistem. Oleh karena itu, rasio daya panel surya terhadap inverter perlu dipertimbangkan dengan baik agar sistem dapat beroperasi optimal.

3.7.6 Menentukan Konfigurasi PV

Untuk menentukan konfigurasi dari sebuah PV modul surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Minimal modul seri per string} = \frac{V_{\text{min Inverter}}}{V_{\text{oc panel}}} \quad (3.5)$$

$$\text{Maksimal modul seri per string} = \frac{V_{\text{max Inverter}}}{V_{\text{mp panel}}} \quad (3.6)$$

$$\text{Maksimal modul paraller per string} = \frac{I_{\text{max Inverter}}}{I_{\text{mp panel}}} \quad (3.7)$$

$$\text{Jumlah String} = \frac{\text{Jumlah panel}}{\text{Jumlah panel seri per string}} \quad (3.8)$$

Dimana,

$V_{\text{min Inverter}}$ = Tegangan minimum DC Inverter (V)

$V_{\text{max Inverter}}$ = Tegangan maksimum DC Inverter (V)

$I_{\text{max Inverter}}$ = Arus maksimum DC Inverter (A)

V_{oc} = Tegangan *open circuit panel* (V)

V_{mp} = Tegangan mp panel (V)

I_{mp} = Arus mp panel (A)

3.7.7 Simulasi dan Desain PLTS *On-Grid*

Setelah mengidentifikasi kapasitas komponen yang dibutuhkan dan mengumpulkan data relevan seperti data beban, iradiasi matahari, serta spesifikasi teknis dari panel surya dan inverter, langkah berikutnya adalah melakukan desain dan simulasi PLTS on-grid menggunakan perangkat lunak PVsyst. Hasil dari simulasi ini akan dievaluasi kembali untuk menentukan kelayakan teknis dari PLTS on-grid yang akan dirancang di gedung kesehatan UPTD Puskesmas Rasuan

3.8 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui kelayakan dari suatu proyek yang sedang direncanakan. Pada penelitian ini menggunakan beberapa metode untuk menentukan kelayakan berdasarkan aspek ekonomi yaitu sebagai berikut.

3.8.1 Menghitung Investasi Awal

Pada investasi awal perlu dilakukannya penentuan komponen-komponen PLTS yang akan digunakan untuk membangun PLTS *Rooftop* UPTD Puskesmas seperti banyaknya jumlah komponen dan harga persatuan komponen, serta menghitung kapasitas sesuai dengan yang akan digunakan. Selanjutnya menghitung total biaya yang digunakan untuk membeli komponen yang akan digunakan. Total biaya pembangunan utama untuk membeli komponen merupakan investasi awal yang dibutuhkan.

3.8.2 Menghitung Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya yang digunakan untuk operasional dan pemeliharaan pada sistem PLTS umumnya sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal. Pada penelitian ini diasumsikan sebesar 1% Biaya pemeliharaan dan operasional tahunan untuk PLTS biasanya sebesar 1%-2% dari total investasi, termasuk pembersihan panel surya, pemeliharaan, serta pemeriksaan peralatan dan instalasi. Berikut ini persamaan untuk menghitung biaya operasional dan pemeliharaan.[14]

$$\text{Biaya O\&M pertahun} = 1\% \times \text{Biaya Investasi} \quad (3.9)$$

3.8.3 Menghitung *Net Present Value* (NPV)

Parameter NPV merupakan sebuah indikator yang menggunakan tingkat bunga yang relevan untuk menghitung selisih antara nilai sekarang dari investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan kas bersih, dengan memperhitungkan operasional cash flow jika nilai NPV positif atau lebih dari 0, maka proyek dianggap layak. Dalam pengambilan keputusan, metode ini memiliki dua kriteria utama. Pertama jika nilai $NPV > 0$ maka proyek layak dilakukan kedua jika nilai $NPV < 0$ maka proyek tidak layak untuk dilakukan. [8]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - IA \quad (3.10)$$

Dimana:

NCF_t = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n

IA = Investasi awal

$\frac{1}{(1+i)^t}$ = Faktor Diskonto

t = Waktu atau periode,

n = Periode dalam tahun (umur proyek)

i = Tingkat diskonto atau tingkat bunga yang relevan.

3.8.4 Menghitung *Profitability Index* (PI)

Metode ini digunakan untuk mengukur kemampuan suatu investasi dalam menghasilkan keuntungan (profit). Secara prinsip, *Profitability Index* (PI) adalah perbandingan antara nilai sekarang dari penerimaan kas bersih (*Present Value Benefit*) dengan nilai sekarang dari investasi (*Present Value Investment*). Metode ini dapat digunakan untuk menentukan apakah investasi yang akan dilakukan menguntungkan atau tidak. Persamaan ini menghitung nilai perbandingan antara aliran kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Jika hasil nilai *profitability index* < 1 maka proyek merugikan sedangkan jika nilai *profitability index* > 1 maka proyek investasi menguntungkan. Berikut ini persamaan dari metode *profitability index*. [9]

Menghitung nilai PI (*Profitable index*)

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^{-t}}{IA} \quad (3.11)$$

$$PI = \frac{NPV}{IA}$$

Dimana:

NPV = Net Present value (Rp)

IA = Investasi awal (Rp)

3.8.5 Menghitung *Discounted Payback Period* (DPP)

Discounted Payback Period (DPP) adalah suatu parameter keuangan yang mengukur kecepatan pengembalian investasi dengan menghitung waktu uang, yang diperlukan untuk mengembalikan modal awal yang diinvestasikan sehingga satuan yang dipergunakan adalah tahun, bulan dan hari. Jika suatu proyek memiliki PP yang lebih pendek dari periode yang telah ditetapkan, maka proyek tersebut dianggap layak. Metode ini fokus pada seberapa cepat modal atau investasi yang telah dikeluarkan dapat dikembalikan. Kriteria penilaian Payback Period adalah semakin singkat pengembalian investasi akan semakin baik. Berikut inirumus untuk mencari nilai *PayBack Period* [9]

Menghitung Payback Periode dirumuskan pada persamaan

$$DPP = n + \frac{-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun} \quad (3.12)$$

Dimana:

n : tahun terakhir dimana arus kas bernilai negatif. (Rp)

b : jumlah kumulatif arus pada tahun ke n. (Rp)

c : jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke n+1

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengukuran, konsumsi energi harian UPTD Puskesmas Rasuan mencapai 14,05 kWh. Potensi energi surya di lokasi penelitian ditunjukkan melalui data *Global Horizontal Irradiance* (GHI) rata-rata sebesar 4,94 kWh/m²/ kapasitas optimal panel surya yang dipilih adalah 450 Wp dalam Sistem 2. Sistem ini mampu menghasilkan daya sebesar 3150 Wp , yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi Puskesmas. Pemilihan kapasitas panel 450 Wp terbukti lebih efisien dibandingkan panel 375 Wp, karena mampu menghasilkan output energi yang lebih besar dengan pemanfaatan luas atap yang efisien.
2. Berdasarkan indikator kelayakan ekonomi seperti NPV, PI, dan DPP, serta pertimbangan teknis dari 2 jenis kapasitas panel surya, penerapan PLTS rooftop di UPTD Puskesmas Rasuan dinilai layak untuk diterapkan. Namun, Sistem konfigurasi panel ke 2 450 Wp menawarkan efisiensi yang lebih baik karena menghasilkan *Net Present Value (NPV)* yang lebih tinggi, sebesar 16.992.664, *Profitability Index (PI)* yang lebih besar 1,31, dan waktu pengembalian modal (*Discounted Payback Period/DPP*) yang lebih singkat yaitu 7,46 tahun, sistem 2 menawarkan efisiensi dan keuntungan finansial yang sedikit lebih baik dibandingkan sistem ke 1.
3. Penerapan PLTS rooftop On Grid di UPTD Puskesmas Rasuan secara umum layak dari sisi teknis dan ekonomis. Proyek ini diperkirakan memberikan dampak finansial yang positif dengan pengembalian modal yang cepat dan hasil yang menguntungkan. Oleh karena itu, implementasi sistem ini layak diimplementasikan pada lingkungan UPTD Puskesmas Rasuan untuk mendukung penggunaan energi terbarukan dan mengurangi konsumsi listrik dari jaringan konvensional.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membandingkan konfigurasi kapasitas panel pada sistem yang berbeda, seperti PLTS Off-Grid dan PLTS Hybrid, sebagai pembandingan dari segi teknis dan ekonomis, untuk menemukan konfigurasi panel optimal yang dapat memenuhi kebutuhan energi secara lebih efisien.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan teknologi panel surya yang lebih efisien dan mengkaji kapasitas panel yang lebih besar guna meningkatkan hasil energi, untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitas sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arifin, Nur. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid dengan Sistem DC Coupling Berkapasitas 17 kWP pada Gedung Dunia Graha Cendekia Yogyakarta Menggunakan Pvsyst 6.8. 4," *Teknoka: Jurnal Teknologi, Informasi, dan Komputer*, vol. 5, 2020.
- [2]. A. Gifson, M. R. Siregar, and M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid di Ecopark Ancol," *Jurnal Teknik Elektro Tesla Untar*, vol. 22, no. 1, Mar. 2020.
- [3]. E. A. Karuniawan, F. A. F. Sugiono, P. D. Larasati, and A. R. Pramurti, "Analisis potensi daya listrik PLTS atap di gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang dengan perangkat lunak PVSyst," *Journal of Energy and Electrical Engineering*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [4]. F. Hidayat, B. Winardi, and A. Nugroho, "Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro.", 2019
- [5]. F. Husnayain and D. Luthfy, "Analisis rancang bangun PLTS ON-Grid hibrid baterai dengan PVSYST pada kantin teknik FTUI," *Electrices*, vol. 2, no. 1, pp. 21-29, 2020.
- [6]. F. Jauhar, J. Windarta, and A. Y. Wardaya, "Studi awal penerapan distributed generation untuk optimalisasi PLTS atap on grid pada pelanggan PLN sistem jawa bali untuk memenuhi target EBT nasional," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 1, pp. 1-13, 2021.
- [7]. G. Pradika, I. A. D. Giriantari, and I. N. Setiawan, "Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, p. 225, Jul. 2020.

- [8]. I. W. S. Putra, I. N. S. Kumara, and R. S. Hartati, "Analisis Tekno Ekonomi Implementasi Sistem PLTS Atap Pada Gedung Kantor Walikota Denpasar," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 21, no. 2, pp. 185-194, Jul.-Dec. 2022
- [9]. O. Zebua, N. Wijayawardhana, and Z. Huda, "Analisis Kelayakan Ekonomi dan Self-Consumption dari PLTS On-Grid dan Hibrid Kapasitas 1328 kWp," *Electrician - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 18, no. 01, pp. 41-49, Jany 2024.
- [10]. Ramadhani, Bagus, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, 1st ed., Jakarta: GIZ, 2018.
- [11]. Sartika, Nike, Anisa Nur Rahmah Fajri, and Lia Kamelia. "Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Atap Pada Masjid Jami'Al-Muhajirin Bekasi." *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 25, no. 1, pp. 1, Jan. 2023
- [12]. Sihotang, G. H., *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Kini Pontianak*. Journal Untan. 2019
- [13]. Widiarto, H., & Samanhudi, A. "Rancangan Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Sumber Energi Di Gedung Power House Bandara Banyuwangi." *Knowledge: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan* vol. 3 no. 3 September 2023
- [14]. Y. Kariongan and J. Joni, "Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 6, no. 1, pp. 3763-3773, April 2022.
- [15]. Z. Syamsudin, S. Hidayat, M. N. Effendi, "Perencanaan Penggunaan Plts Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 1 Jan. 2017"