

**STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)
ON GRID PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNILA**

(Skripsi)

Oleh

Naftali Al Hilaliya



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

ABSTRAK

STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ON GRID PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNILA

Oleh :

NAFTALI AL HILALIYA

Indonesia saat ini sangat bergantung kepada energi fosil yang ketersediaannya terbatas dan memberikan efek emisi terhadap lingkungan hidup, untuk keberlangsungan ketersediaan energi listrik dibutuhkan sumber energi alternatif berupa energi terbarukan salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada penelitian ini membahas tentang perancangan sistem PLTS *On Grid* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila menggunakan perangkat lunak Pvsyst 7.2 dengan memperhitungkan aspek teknis dan aspek ekonomi dalam dua skenario. Pada skenario 1, PLTS *On Grid* yang dirancang menyesuaikan kebutuhan energi pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro unila sedangkan skenario 2 menyesuaikan lahan yang tersedia. Aspek ekonomi dihitung menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) dan *Discounted Payback Period* (DPP). Secara teknis, diperoleh *Performance Ratio* masing-masing sebesar 83,59% dan 83,53% dengan *Solar Fraction* masing-masing 62,64% dan 70,15%. Secara ekonomi, nilai NPV yang diperoleh adalah positif dan jangka waktu pengembalian investasi masing-masing selama 7,78 tahun dan 7,8 tahun. Sehingga, perancangan PLTS *On Grid* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila dinilai layak untuk dilakukan.

Kata kunci— PLTS *On Grid*, Aspek Teknis, NPV, DPP.

ABSTRACT

FEASIBILITY STUDY OF ON GRID SOLAR POWER PLANT AT THE UNILA ELECTRICAL ENGINEERING LABORATORY

By :

NAFTALI AL HILALIYA

Indonesia is currently very dependent on fossil energy, which is limited in availability and has an emission effect on the environment, for the sustainability of the availability of electrical energy, alternative energy sources in the form of renewable energy are needed, one of which is the Solar Power Plant. This study discusses the design of the On Grid Solar Power Plant at the Unila Electrical Engineering Laboratory using Pvsyst 7.2 software by calculate technical and economic aspects in two scenarios. The first scenario, On Grid Solar Power Plant which is designed to adjust the energy needs of the Unila Electrical Engineering Laboratory, while the second scenario adjusts the availability of land. The economic aspect is calculated using the Net Present Value (NPV) and Discounted Payback Period (DPP) methods. Technically, obtained Performance Ratios are 83.59% and 83.53% with the Solar Fraction at 62.64% and 70.15%, respectively. Economically, the NPV value obtained is positive and the payback period for investment is 7.78 years and 7.8 years, respectively. Thus, the design of On Grid Power Plant the Unila Electrical Engineering Laboratory is considered feasible.

Keyword— On Grid Solar Power Plant, technical aspect, NPV, DPP.

**STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)
ON GRID PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNILA**

Oleh

NAFTALI AL HILALIYA

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2022**

Judul Skripsi

**: STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA *ON GRID* PADA GEDUNG
LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO UNILA**

Nama Mahasiswa

: Naftali Al Hilaliya

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815031012

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik



1. Komisi Pembimbing

Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T
NIP. 197108131999031003

Ir. Khairudin, S.T., M. Sc., Ph.D. Eng
NIP. 197007192000121001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan

Ketua Program Studi

Herlinawati, S.T., M.T
NIP. 197103141999032001

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP. 197404222000122001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengujji

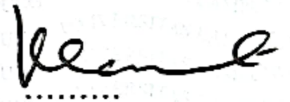
Ketua

: Ir. Herri Gusmedi, S.T.,M.T



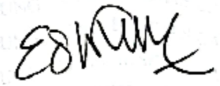
Sekretaris

: Ir. Khairudin, S.T., M. Sc., Ph.D.Eng



Pengujji

: Dr. Endah Komalasari, S.T., M.T



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Tf. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Oktober 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang telah disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 November 2022



Naftali Al Hilaliya

NPM. 1815031012

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Palembang pada tanggal 29 Desember 2000 sebagai anak kedua dari lima bersaudara, putri dari pasangan Bapak Thabrani dan Ibu Elliyati.

Riwayat pendidikan formal yang penulis tempuh dan selesaikan adalah SD N 1 Rawa Laut pada tahun 2006 hingga 2012, SMP N 9 Bandar Lampung pada tahun 2012 hingga 2015 dan SMA N 10 Bandar Lampung pada tahun 2015 hingga 2018.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi pada Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Universitas Lampung sebagai Anggota Departemen Pengembangan Keteknikan Divisi Pengabdian Masyarakat pada Periode 2019 dan Anggota Departemen Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi pada Periode 2020. Kemudian pada tahun 2020 – 2022, penulis berkesempatan menjadi asisten di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik serta menjadi asisten Mata Kuliah Menggambar Teknik dan Praktikum Analisa Sistem Tenaga. Selain proses perkuliahan, penulis juga pernah melaksanakan kerja praktik dan magang di PT. Halyora Power Area Tanjung Karang dengan membahas topik tentang “Identifikasi Penyebab Gangguan Pada Jaringan Tegangan Menengah di PT Halyora Power Region 7 Lampung Area Tanjung Karang”.

PERSEMBAHAN



Alhamdulillahirabbil'alamin, Puji Syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa dan Maha Besar atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta Solawat kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wa Sallam yang selalu menjadi suri tauladan bagi kehidupan

KUPERSEMBAHKAN DENGAN TULUS KARYA INI TERUNTUK:

“Ibunda Elliyati dan Ayahanda Thabrani sebagai wujud cinta, kasih sayang, dan bakti atas segala yang telah diberikan. Juga tidak lupa kepada Kak Jihan, Alda, Dayan dan Ayman atas do'a dan motivasi yang selalu diberikan”

“Dosen Pembimbing dan Penguji serta Civitas Akademik Jurusan Teknik Elektro, terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang sangat banyak selama perkuliahan serta pengerjaan skripsi ini”

“Tak lupa kepada teman-teman ELTICS 2018, terimakasih telah menemani, membantu, dan pembelajaran kepada saya selama duduk dibangku perkuliahan.”

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri”

(QS. Ar Rad:11)

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah:286)

“Raihlah ilmu dan untuk meraih ilmu belajarlah tenang dan sabar”

(Umar bin Khattab)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan Allah Subhanahu Wata'ala atas segala karunia, rahmat, dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Sholawat serta salam tidak lupa juga penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan yang baik seluruh umat manusia dan senantiasa mengharapkan syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Skripsi dengan judul **“Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On Grid* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila”** ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT sebagai Zat yang selalu memberikan rahmat, karunia, serta berbagai nikmat-Nya yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua Orangtuaku Tercinta Ayah Thabrani dan Ibu Elliyati, terimakasih atas segala kasih sayang, perhatian, dukungan, ridho dan doa pada tiap jalan perjuangan selama ini yang tiada hentinya.
3. Saudara-saudariku Tersayang Kak Jihan, Alda, Dayan dan Ayman yang menjadi penyemangat dan memberikan doa untuk penulis, semoga kelak kita bisa menjadi orang yang sukses agar dapat membahagiakan Ayah dan Ibu kelak.
4. Bapak Dr. Sofwan Effendi, M.Ed. Selaku Plt Rektor Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
6. Ibu Herlinawati, S.T., M.T Selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

7. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T. selaku Kepala Prodi Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Bapak Ir. Herri Gusmedi, S.T.,M.T. selaku pembimbing utama dan telah memberikan bimbingan rutin, motivasi, arahan dan pandangan mengenai dunia pekerjaan kepada penulis disetiap kesempatan dengan baik dan ramah.
9. Bapak Ir. Khairudin, S.T., M. Sc., Ph.D.Eng. selaku pembimbing pendamping dan telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis dengan baik
10. Ibu Dr. Endah Komalasari, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritik dan saran yang membangun kepada penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
11. Ibu Yetti Yuniati S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, pengetahuan, arahan dan bimbingan yang membangun saat penulis menempuh perkuliahan mulai dari semester I hingga semester VIII.
12. Segenap Dosen dan staff di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, wawasan dan pengalaman yang sangat bermanfaat bagi penulis kedepannya.
13. Kepada Muhammad Reihan Putra Albatriq yang selalu ada dan meluangkan waktunya untuk mendengar keluh kesahku serta membantu dan mendampingi dalam mengerjakan skripsi ini, juga selalu memberikan dukungan dan motivasi yang luar biasa.
14. Segenap keluarga besar Laboratorium Sistem Tenaga Listrik : Pak Herri dan Pak Rachman atas kerjasamanya dan nasihatnya selama studi. Kepada Rekan Asisten STL 2018 : Reihan, Natasyah, Azis, Abdul, Syamil, Iqbal, Adrian, Ucok, dan Kidan yang telah memberikan semangat, motivasi untuk berjuang dan juga memberikan kebahagiaan setiap harinya di Lab. Dan untuk kakak-kakak asisten Lab. STL 2017 yang memberikan ilmu dan semangat. Untuk adik-adik asisten STL 2019 dan 2020: Fatur, Hadi, Aqil, Adam, Muchlas, Adrian, Rizki, Saka, Aymaul, Ipna dan lainnya yang telah banyak membantu penulis.
15. Angkatan tercinta ELTICS 2018, terimakasih sudah menjadi rumah, saudara dan teman dalam segala kesusahan dan kebaikan yang sudah kalian berikan.

16. Segenap keluarga besar HIMATRO yang telah mengajarkan berorganisasi dan mengajarkan banyak hal dan juga menjadi rumah yang sangat nyaman selama kuliah. Sukses selalu Himpunanku HIMATRO Luar Biasa.
17. Kepada ciwi-ciwi 2018 Luthfi, Natasyah, Eni, Fani dan yang lainnya yang telah menemani dan memberikan dukungan kepada penulis selama proses perkuliahan.
18. Kepada teman-teman sepermbimbingan Abdul, Kidan, dan Bani yang telah memberikan semangat kepada penulis.
19. Kepada Yusman, Sinta, Uwik, Kanin, Danisa, Manda, Sabil, Misel, Chila, Wilza, Pebi dan Via yang telah menghibur dan memberikan semangat serta motivasi kepada penulis.
20. Semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan laporan Skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kemajuan bersama. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandarlampung, 21 November 2022



Naftali Al Hilaliya

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terkait.....	6
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.3 Komponen PLTS	9
2.4 Karakteristik Panel Surya	15
III. METODELOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Tahapan Penelitian.....	22

3.4	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.5	Analisis Teknis	25
3.6	Analisis Ekonomi.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Lokasi Penelitian.....	30
4.2	Data Beban di Gedung Labortorium Teknik Elektro Unila.....	31
4.3	Data Radiasi Matahari	32
4.4	Pemilihan Komponen	33
4.5	Analisis Aspek Teknis	37
4.6	Analisis Ekonomi.....	59
V. PENUTUP		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema PLTS	8
Gambar 2. Skema PLTS <i>on grid</i>	8
Gambar 3. Sel Surya Jenis Monokristal	10
Gambar 4. Sel Surya Jenis Polikristal	10
Gambar 5. Sel Surya Jenis <i>Thin Film</i>	11
Gambar 6. <i>Grid Tie Inverter</i>	12
Gambar 7. Combiner Box.....	13
Gambar 8. <i>Surge Protection Device (SPD)</i>	14
Gambar 9. KWh EXIM	15
Gambar 10. Kurva Hubungan Arus dan Tegangan	16
Gambar 11. Kurva Karakteristik V-I Terhadap Perubahan Radiasi.....	19
Gambar 12. Kurva Karakteristik V-I terhadap Peubahan Temperatur	20
Gambar 13. Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 14. Tampak Atas Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila	30
Gambar 15. Kurva Karakteristik I-V terhadap Iridiasi.....	34
Gambar 16. Kurva Karakteristik I-V terhadap Temperatur	34
Gambar 17. Kurva Karakteristik P-V terhadap Iridiasi.....	35
Gambar 18. Kurva Karakteristik P-V terhadap Temperatur	35
Gambar 19. Konfigurasi Sistem PLTS Skenario 1	41
Gambar 20. Penentuan Orientasi Skenario 1	42
Gambar 21. Penentuan Parameter PLTS Skenario 1	43
Gambar 22. Pemakaian Energi Harian Skenario 1	44
Gambar 23. Grafik Energi Yang Dibangkitkan Array Skenario 1	47
Gambar 24. Besar Energi Yang Digunakan dan Diekspor ke <i>Grid</i>	48

Gambar 25. Konfigurasi Sistem PLTS Skenario 2.....	51
Gambar 26. Penentuan Orientasi Panel Skenario 2.....	52
Gambar 27. Penentuan Parameter PLTS Skenario 2.....	53
Gambar 28. Pemakaian Energi Harian Skenario 2.....	54
Gambar 29. Grafik Energi Yang Dibangkitkan Array Skenario 2.....	57
Gambar 30. Besar Energi Yang Digunakan dan Diekspor ke <i>Grid</i>	58
Gambar 31. Grafik DPP Skenario 1	65
Gambar 32. Grafik DPP Skenario 2	71

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Waktu Penelitian	21
Tabel 2. Besar Beban Listrik Harian Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila	31
Tabel 3. Data Rata-rata Radiasi Matahari dan Temperatur	32
Tabel 4. Data Spesifikasi Panel Surya.....	33
Tabel 5. Data Spesifikasi Inverter	36
Tabel 6. Hasil Simulasi Skenario 1	45
Tabel 7. Hasil Simulasi Skenario 2	55
Tabel 8. Biaya Investasi Awal Skenario 1.....	60
Tabel 9. <i>Net Present Value</i> Skenario 1.....	63
Tabel 10. <i>Discounted Payback Period</i> Skenario 1	64
Tabel 11. Harga Investasi Awal Skenario 2	66
Tabel 12. <i>Net Present Value</i> Skenario 2.....	68
Tabel 13. <i>Discounted Payback Period</i> Skenario 2.....	70
Tabel 14. Perbandingan Skenario 1 dan 2	72

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan adanya pertumbuhan penduduk dan aktifitas kegiatan manusia, untuk keberlangsungan ketersediaan energi listrik dibutuhkan sumber energi alternatif berupa energi terbarukan. Indonesia saat ini sangat bergantung kepada energi fosil yang ketersediaannya terbatas dan memberikan efek emisi terhadap lingkungan hidup. Pemerintah Indonesia mengeluarkan rencana usaha penyediaan tenaga listrik (RUPTL) untuk periode 2021-2030 sebagai panduan manajemen energi nasional. Peraturan ini ditetapkan untuk menyelesaikan tantangan dan masalah kebutuhan energi dengan memanfaatkan sumber energi baru dan upaya terkait target bauran energi dari EBT sebesar 23% dari total bauran energi pada tahun 2025. Total kapasitas yang terpasang di Indonesia berdasarkan data PLN tahun 2021 adalah PLTU 45,80%, PLTA 7,88%, PLTM 0,08%, PLTMH 0,10% PLTG 6,60%, PLTGU 25,65%, PLTP 1,30%, PLTD 1,30%, PLTMG 4,57%, PLTS 0,04%, PLTB 0,001% dan PLTBM hanya 0,001% [13]. Provinsi Lampung memiliki potensi sebesar 2.238 MW untuk dibangun PLTS berdasarkan IESR tahun 2019. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa pembangkit energi terbarukan relatif sedikit daripada pembangkit energi tak terbarukan sehingga perlu adanya pembangunan pembangkit dengan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .

Energi surya merupakan salah satu sumber energi yang cukup menjanjikan serta memiliki potensi yang cukup tinggi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Indonesia adalah negara tropis yang letak geografisnya dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi radiasi matahari yang cukup besar. Intensitas radiasi matahari yang dimiliki oleh Indonesia rata-rata sebesar $4,8 \text{ kWh/m}^2$ atau setara dengan 112.000 GWp perhari dengan variasi rata-rata 9% tiap bulannya [5]. Khususnya pada Provinsi Lampung memiliki intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar $4,43 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ dengan rata-rata variasi perbulan 7% [8]. Hal tersebut memperlihatkan potensi yang besar dalam melakukan pengembangan dan pemanfaatan PLTS di kemudian hari.

Perancangan sistem PLTS pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila merupakan salah satu strategi untuk mengurangi pemakaian listrik dari pembangkit listrik tak terbarukan (energi fosil) serta mendukung pemerintah dalam meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan. Dalam perancangan sistem PLTS, aspek yang akan diperhitungkan pada penelitian ini adalah aspek teknis dan aspek ekonomi. Metode perhitungan aspek ekonomi yang digunakan adalah *Net Present Value* (NPV) dan *Discounted Payback Periode* (DPP). Dengan NPV akan diketahui kelayakan investasi pembangunan PLTS pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila, sedangkan dengan DPP akan diketahui periode pengembalian investasi PLTS yang dirancang. Studi kelayakan ini dapat dijadikan rujukan dalam pengambilan keputusan serta memberikan rekomendasi biaya untuk perencanaan PLTS pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem PLTS *on grid* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila.

2. Menganalisis aspek teknis dan aspek ekonomi PLTS *on grid* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila.

1.3 Rumusan Masalah

Penggunaan energi listrik Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila berasal dari energi fosil. Potensi energi surya pada Provinsi Lampung cukup besar serta pemerintah memiliki target penggunaan EBT pada tahun 2025 sebesar 23%. Dengan adanya potensi energi surya dan lahan yang ada dapat dilakukan perancangan sistem PLTS *on grid* pada atap Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila. Dalam perancangan sistem PLTS perlu memperhitungkan aspek teknis dan ekonomi untuk menentukan kelayakan perancangan sistem PLTS tersebut.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Intensitas cahaya matahari yang diambil berdasarkan *database* Meteonorm.
2. PLTS yang dirancang menyesuaikan kondisi atap Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila.
3. Usia pakai komponen diasumsikan tanpa pergantian selama 25 tahun.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjadi referensi dan memberikan alternatif dalam penggunaan energi terbarukan dalam membuat kebijakan pembangunan PLTS *on grid* di Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila.
2. Menjadi bahan kajian untuk penelitian yang berkaitan dengan studi kelayakan PLTS.

1.6 Hipotesis

Perancangan PLTS *on grid* pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila memperhitungkan aspek teknis dan aspek ekonomi. Hasil dari perhitungan aspek teknis dan aspek ekonomi akan menentukan kelayakan sistem PLTS pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila. Pada penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu rancangan sistem PLTS *on grid* yang dimana dapat mengurangi pemakaian listrik dari pembangkit listrik tak terbarukan pada Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

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

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memaparkan beberapa teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memaparkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menganalisa dan menjelaskan hasil data dari perhitungan dan analisis sebagai pembahasan dari penelitian ini.

BAB 5. PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang didasarkan pada hasil data dan pembahasan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

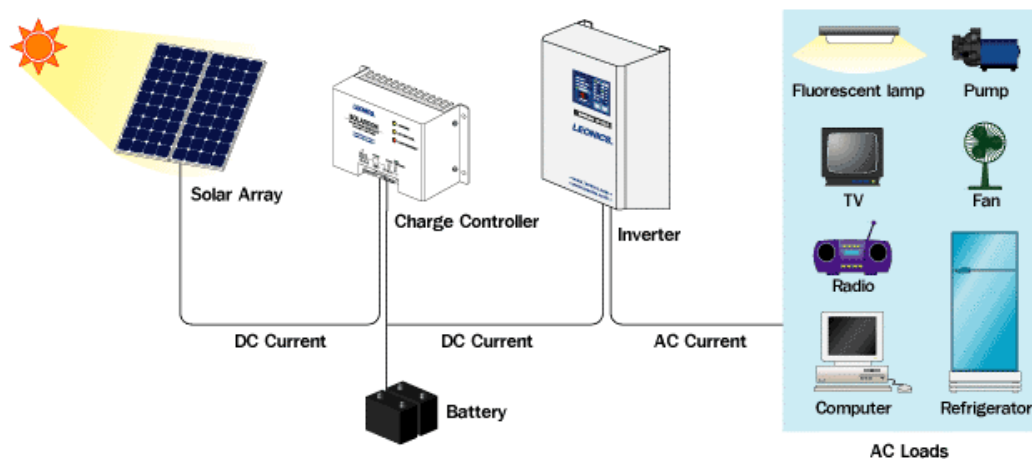
2.1 Penelitian Terkait

Berdasarkan topik penelitian yang diambil terdapat beberapa sumber dan referensi yang terkait. Referensi yang dimaksud ialah yang berasal dari jurnal atau penelitian sebelumnya yang berkaitan. Adapun beberapa sumber dan referensi yang menjadi tumpuan dalam penelitian ini diantaranya adalah Penelitian oleh Erick Radwiya dan Yudi Chandra [5] dengan judul “Perencanaan PLTS *On Grid* Dilengkapi Panel ATS di Gedung Laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ketapang”. Penelitian ini melakukan perancangan sistem PLTS untuk memenuhi kekurangan energi listrik di Laboratorium Teknik Elektro dengan memperhitungkan peralatan yang dibutuhkan oleh sistem, tetapi tidak melakukan perhitungan kelayakan investasi. Selanjutnya Penelitian oleh Jaka Windarta, Enda Wista Sinurya, dkk [15] dengan judul “Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid untuk Supply Listrik pada Lingkungan Bank Perkreditan Rakyat Pedesaan di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara ditinjau dari Teknis dan Ekonomi Teknik”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis potensi PLTS dengan sistem on grid skala perkantoran ditinjau dari sisi Teknik dan ekonomi menggunakan software PVsyst 7.0. Studi ini membandingkan empat kondisi dengan dua jenis komponen yang berbeda dan area yang digunakan tidak diperhitungkan. Jenis modul surya yang digunakan adalah polikristalin dengan kapasitas 450 Wp permodul. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Ali Saleh Aziz [2] dengan judul “*Feasibility Analysis of Grid-Connected and Islanded*

Operation of Solar PV Microgrid System : A Case Study of Iraq". Melakukan penelitian untuk menganalisis tekno-ekonomi dan kelayakan dari aspek lingkungan pada sistem pv terhubung jaringan. Pada penelitiannya dilakukan konfigurasi jaringan untuk mengisi baterai pada sistem pv dan pv terhubung jaringan serta diesel. Hasil yang didapatkan adalah konfigurasi sistem yang telah dibuat dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 64,9% pertahun, sedangkan jika dihubungkan ke diesel akan mengurangi biaya Net Present Cost (NPC) dan meningkatkan emisi CO₂ sebesar 32,7%.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

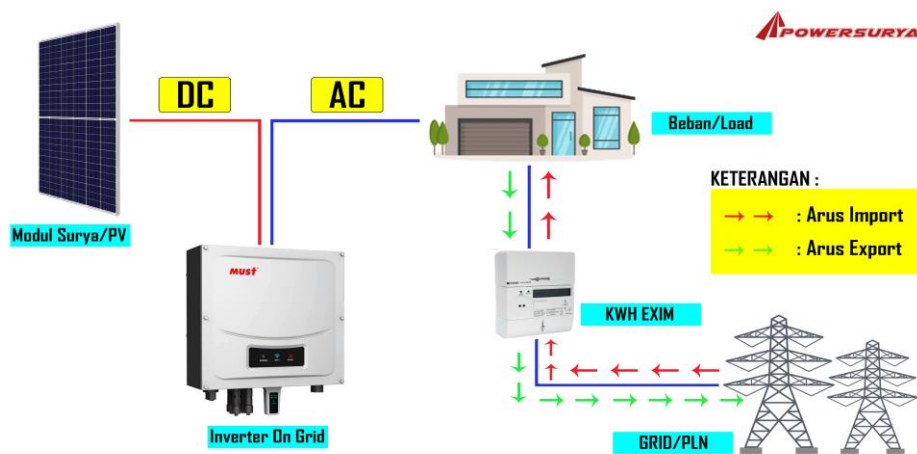
PLTS merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan limbah yang merugikan lingkungan disekitarnya. PLTS memanfaatkan sumber energi matahari [4]. Pada dasarnya matahari menghasilkan energi panas dan cahaya. PLTS mampu secara efektif mengurangi ketergantungan pada energi fosil, menaikkan produksi energi baru terbarukan, dan meningkatkan kualitas lingkungan. Energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS bergantung pada beberapa faktor, yaitu besar iradiasi matahari yang diterima oleh modul fotovoltaik, suhu sekitar modul, dan ada tidaknya *shading* atau bayangan yang mengenai modul. Panel surya menghasilkan output daya listrik berupa listrik DC (*Direct Current*), selanjutnya listrik DC akan dikonversi menjadi listrik AC (*Alternating Current*) oleh inverter dan kemudian listrik akan disalurkan ke beban. Pada dasarnya PLTS merupakan sumber energi alternatif yang dibuat agar bisa membantu memenuhi kebutuhan listrik dari skala kecil hingga skala besar. PLTS juga dapat bekerja secara hibrid atau digabungkan dengan sumber energi alternatif yang lain, dapat bekerja secara mandiri dan juga dapat bekerja secara terkoneksi dengan jaringan kabel (PLN). Berikut adalah skema PLTS secara umum :



Gambar 1. Skema PLTS

2.2.1 Sistem PLTS On Grid

Pada sistem PLTS *on grid* jaringan PLTS akan terhubung dengan jaringan PLN. Sistem PLTS *on grid* terhubung dengan jaringan PLN pada sisi tegangan rendah yaitu 220V menggunakan *grid tie* inverter yang berfungsi mengubah tegangan DC yang dihasilkan panel surya menjadi tegangan AC. Pada sistem ini penggunaan listrik oleh beban berasal dari dua sumber yaitu panel surya dan PLN, ketika siang hari energi listrik yang digunakan oleh beban berasal dari PLTS sedangkan ketika malam hari penggunaan energi listrik oleh beban berasal dari PLN [4][10]. Skema PLTS *on grid* dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.

Gambar 2. Skema PLTS *on grid*

2.3 Komponen PLTS

Secara umum komponen pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah modul surya inverter dan baterai. Dalam menentukan komponen yang digunakan, bergantung pada sistem PLTS yang digunakan. Pada sistem PLTS *On Grid* biasanya hanya menggunakan komponen berupa modul surya, inverter serta komponen pendukung lainnya.

2.3.1 Panel Surya

Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang disusun sedemikian rupa dengan memanfaatkan efek fotovoltaiik untuk menghasilkan energi listrik. Modul surya adalah kumpulan beberapa sel surya, dan panel surya adalah kumpulan beberapa modul surya. Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaiik. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih besar, modul disusun secara seri dan untuk mendapatkan arus yang besar, modul disusun secara paralel [10]. Tegangan dan arus yang dihasilkan sel surya dipengaruhi oleh dua variabel fisis yaitu intensitas penyinaran matahari dan suhu lingkungan. Intensitas penyinaran matahari yang diterima solar cell sebanding dengan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh solar cell. Jika suhu lingkungan tinggi dan intensitas penyinaran matahari konstan maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus yang dihasilkan akan meningkat. Perubahan suhu pada sel surya ini disebabkan oleh suhu, kondisi awan dan kecepatan angin di lingkungan sekitar tempat panel surya ditempatkan [3].

Ada beberapa macam jenis panel surya, yaitu :

1. Monokristal

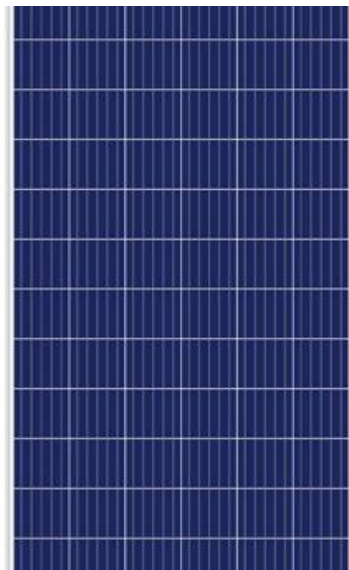
Ciri-ciri fisik dari jenis solar cell monokristal ini adalah bentuknya yang segidelapan dan berwarna lebih gelap. Jenis panel surya ini terbuat dari batangan kristal silicon murni yang diiris tipis-tipis. Monokristal merupakan panel yang paling efisien yaitu mencapai angka sebesar 16-25% [11]. Sel surya jenis monokristal dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Panel Surya Jenis Monokristal

2. Polikristal

Panel jenis polikristal memiliki perbedaan warna biru yang mencolok dibandingkan dengan jenis monokristal yang berwarna hitam. Panel surya jenis ini terbuat dari bahan semikonduktor yang dilebur atau dicairkan dan memiliki susunan kristal acak. Efisiensi dari polikristal adalah 14-16% [11]. Sel surya jenis polikristal dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Panel Surya Jenis Polikristal

3. *Thin Film*

Panel surya ini banyak digunakan pada peralatan elektronik seperti kalkulator, jam tangan dan lain sebagainya. Bentuk panel surya ini relatif tipis dan memiliki efisiensi 6% - 8%. *Thin film* solar cell memiliki bentuk fisik yang tipis dan fleksibel dibandingkan dari panel yang lainnya. Sel surya jenis *thin film* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Sel Surya Jenis *Thin Film*

2.3.2 Inverter

Inverter adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam PLTS, dikarenakan beban listrik yang digunakan oleh masyarakat adalah tegangan AC sedangkan output yang dihasilkan oleh panel surya berupa tegangan DC [10]. Inverter memiliki prinsip kerja seperti switch otomatis yang saling membuka dan menutup secara bergiliran untuk mengubah tegangan searah menjadi arus bolak-balik. Pada sistem *on grid* inverter yang digunakan adalah *grid tie* inverter. *Grid tie* inverter dapat digunakan secara bersama dengan PLN. Tegangan dan fasa inverter *on grid* harus sama dengan yang dimiliki oleh jaringan PLN, begitu pula frekuensinya juga harus sama dengan frekuensi jaringan listrik PLN sebesar 50 Hz. *Grid Tie* Inverter dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. *Grid Tie Inverter*

2.3.3 Combiner Box

Combiner box terdapat dua macam yaitu PV String Combiner Box dan AC Combiner Box. PV String Combiner Box merupakan beberapa rangkaian modul surya kemudian digabungkan secara paralel untuk melipatgandakan arus keluaran string ke level yang lebih tinggi untuk input ke inverter. PV String Combiner box harus berada diantara modul surya dan inverter. Sehingga ketika berada dikondisi optimal array, agar dapat membatasi kehilangan daya. Sedangkan AC Combiner box merupakan inter-connection box yang memiliki fungsi sebagai penghubung antara output inverter, jaringan/grid dan beban (*load*). Terdapat 2 jenis panel distribusi yaitu jenis panel yang indoor atau outdoor dan jenis freestanding atau wallmounted. Panel ini berisikan alat pengaman dan proteksi sistem PLTS. Terbuat dari bahan stainless steel atau dengan metal with powder coating. Combiner Box dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Combiner Box

2.3.4 Alat Proteksi

Ada banyak jenis alat proteksi (pengaman) dengan memiliki fungsi yang berbeda. Berbagai masalah dapat terjadi pada setiap sistem kelistrikan, yang dapat mengganggu atau bahkan merusak berbagai komponen dan peralatan listrik. Oleh karena itu untuk mengantisipasi terjadinya gangguan atau untuk mencegah terjadinya kerusakan yang akan terjadi terhadap peralatan listrik yang ada, maka diperlukan alat proteksi dalam sistem PLTS. Alat proteksi yang umumnya digunakan pada sistem PLTS yaitu *Mini Circuit Breaker* (MCB), *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB) dan *Surge Protection Device* (SPD) cakupannya pada tegangan DC dan tegangan AC. Pada array panel surya menggunakan SPD DC dan MCB DC yang digabungkan dalam PV string combiner sedangkan pada bagian output inverter disebut sebagai panel distribusi atau AC Combiner Box yang terdiri dari MCB AC, SPD AC.



Gambar 8. *Surge Protection Device (SPD)*

2.3.5 kWh EXIM (Expor-Import)

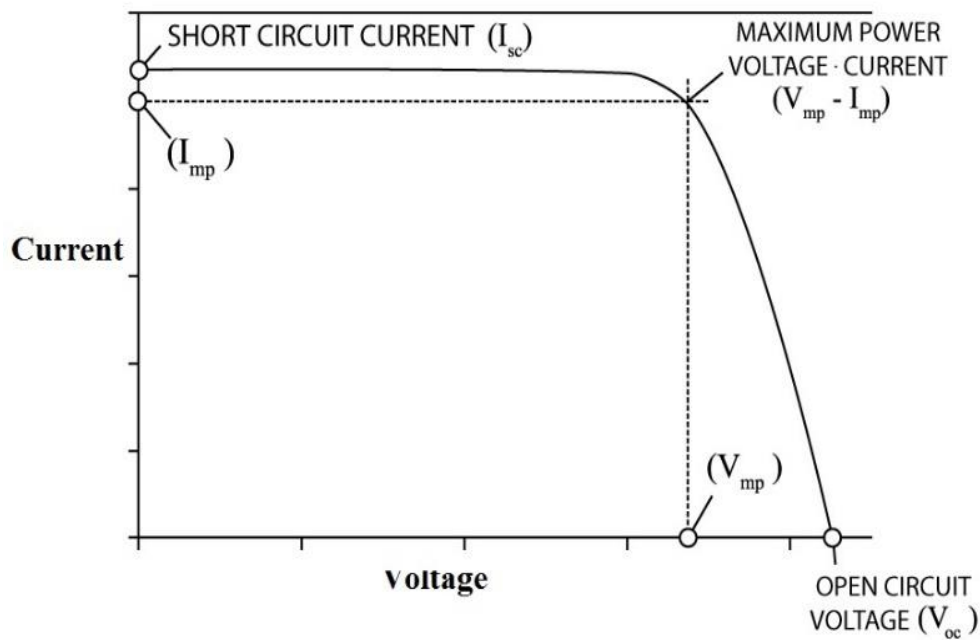
KWh EXIM adalah sistem layanan yang diberikan PLN untuk pelanggan PLN yang memasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di properti mereka. KWh Meter EXIM sebenarnya sama dengan kWh meter biasa, namun melalui sistem Net Metering, pelanggan PLN yang telah memasang PLTS di propertinya dapat mengekspor kelebihan listrik yang dihasilkan oleh PLTS ke jaringan PLN. Jika PLTS tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik pelanggan, maka memperoleh atau mengimpor listrik dari jaringan PLN. Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 pada Bab III Pasal 6 Ayat 1, mengatakan bahwa untuk energi listrik pada pelanggan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat diekspor dan dihitung berdasarkan nilai kWh ekspor yang tercatat pada kWh-Exim dikali dengan 100%. KWh EXIM dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. KWh EXIM

2.4 Karakteristik Panel Surya

Panel surya terdiri dari perangkat-perangkat semikonduktor memiliki daya keluaran yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Intensitas radiasi matahari tergantung pada posisi geografis, waktu, hari, tahun, kondisi iklim, komposisi atmosfer, ketinggian, dan berbagai faktor lainnya. Pada umumnya data informasi tentang karakteristik dan kinerja perangkat panel surya sehubungan dengan apa yang disebut *Standard Test Condition* (STC), yang berarti intensitas radiasi matahari 1000 W / m^2 dengan kondisi suhu pada $25 \text{ }^\circ\text{C}$ [9]. Posisi panel surya tidak boleh dihalangi oleh objek lain (*shadow*) yang dapat menurunkan intensitas cahaya matahari ke panel surya. Kurva hubungan arus dan tegangan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Kurva Hubungan Arus dan Tegangan

Pada gambar 10 kurva V-I menggambarkan keadaan sebuah sel surya yang beroperasi secara normal. Sel surya akan menghasilkan energi maksimum jika nilai V_{mp} dan I_{mp} juga maksimum. Sedangkan I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada nilai tegangan nol. I_{sc} berbanding langsung dengan tersedianya sinar matahari. V_{oc} adalah tegangan maksimum pada saat nilai arus nol.

Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi kurva karakteristik V-I antara lain yaitu temperatur pada arus fotolistrik, tegangan rangkaian terbuka, dan arus saturasi [6]. Menurut E. Lorenzo parameter tersebut dapat dijabarkan melalui persamaan matematis berikut.

$$I_L(T) = I_L(T_{ref}) + \alpha(T - T_{ref})$$

$$I_L(T) = I_{sc}(T_{ref}) \frac{G}{G_{Ref}}$$

$$I_0(T_{ref}) = \frac{I_{sc}(T_{ref})}{e^{nkT_{ref}} - 1}$$

Dimana,

I_L = arus akibat sel surya disinari (A)

I_0 = arus saturasi dioda (A)

G = radiasi matahari (kW/m^2)

q = muatan elektron $1,6 \times 10^{-19}$ C

V = tegangan terminal sel surya (V)

n = faktor ideal dioda (1-2)

k = konstanta Boltzman $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

T = temperatur ambien (K)

I_{SC} merupakan arus yang mengalir saat tegangan sel surya sama dengan nol, pada kondisi ideal tanpa rugi daya nilai $I_{SC} = I_L$. Besar nilai I_{SC} bergantung linear terhadap radiasi matahari. Tegangan hubung terbuka (V_{OC}) merupakan tegangan maksimum dari sel surya dan hal ini akan terjadi ketika arus sel sama dengan nol [14]. Untuk menentukan besarnya nilai V_{OC} didapat dari persamaan berikut.

$$V_{OC} = \frac{nkT}{q} \ln \frac{I_L}{I_0} + 1$$

Sedangkan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$P_{PV} = P_{PV\ STC} \times f_{PV} \times f_{temp} \times \frac{I_T}{I_{T\ STC}}$$

Dimana,

$P_{PV\ STC}$ = Kapasitas Daya Panel Surya Kondisi Uji Baku (kW)

$f_{PV\ STC}$ = faktor susut (%)

I_T = Radiasi Matahari Global (kW/m^2)

I_T = Radiasi Matahari Dalam Uji Baku (1 kW/m^2)

f_{temp} = faktor susut akibat perubahan temperatur

Faktor susut adalah pengurangan daya luaran panel surya akibat debu/kotoran pada permukaan panel, rugi-rugi pengawatan, dampak bayangan yang menutupi panel, usia pakai, serta hal lain yang dapat menyebabkan daya luaran panel surya menyimpang dari kondisi ideal. Faktor susut akibat perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut :

$$f_{temp} = [1 + \delta_p (T_c - T_{c\text{STC}})]$$

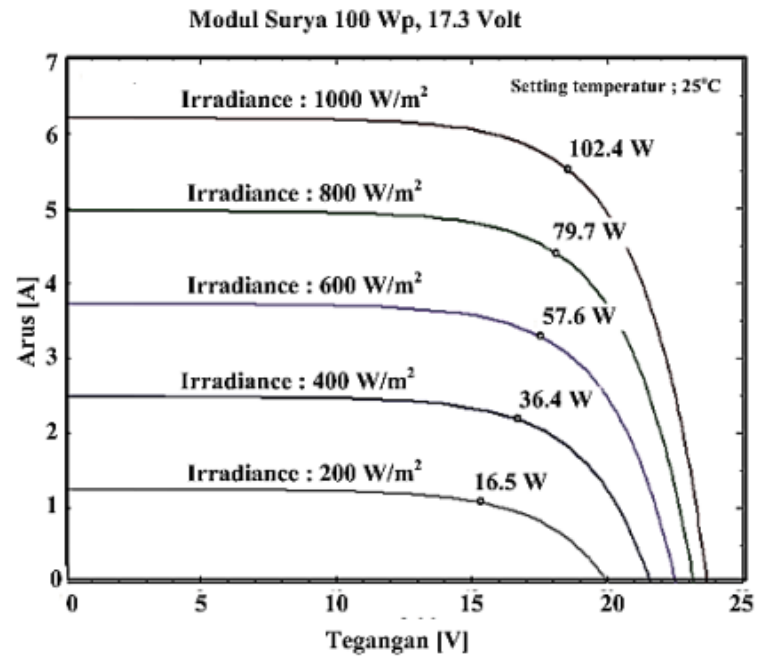
Dimana,

δ_p = Koefisien temperatur daya ($\%/^{\circ}\text{C}$)

T_c = Temperatur Panel ($^{\circ}\text{C}$)

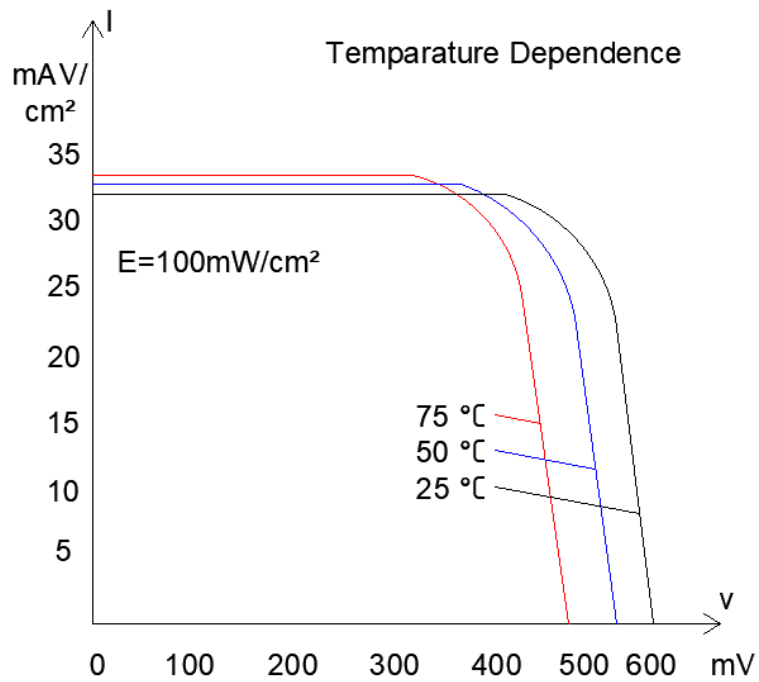
T_{STC} = Temperatur Sel Surya Pada Kondisi Uji Baku (25°C)

Radiasi matahari merupakan sumber energi bagi sel surya, sehingga daya keluaran sangat bergantung terhadap radiasi yang ada. Nilai radiasi yang ada berbanding lurus terhadap daya keluaran [6]. Berikut ini merupakan kurva karakteristik V-I terhadap perubahan radiasi.



Gambar 11. Kurva Karakteristik V-I Terhadap Perubahan Radiasi

Selain radiasi matahari, temperatur merupakan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi kurva V-I dikarenakan sel surya sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Modul sel surya akan beroperasi secara maksimal jika temperatur yang diterima tetap normal pada temperatur 25°C [14]. Berikut kurva karakteristik V-I terhadap perubahan temperatur.



Gambar 12. Kurva Karakteristik V-I terhadap Perubahan Temperatur

Pada gambar di atas dapat dilihat temperatur akan mempengaruhi nilai tegangan, hal ini terjadi disebabkan peningkatan suhu merupakan *band gap* semikonduktor. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$E_0 = E_R - 0,0021 (T - 25)$$

$$I_0 = I_R - 0,025A (T - 25)$$

Dimana,

$$E_0 = \text{Tegangan sel ketika suhu } T \text{ (V)}$$

$$I_0 = \text{Arus sel ketika suhu } T \text{ (A)}$$

$$E_R = \text{Tegangan sel ketika suhu } 25^\circ\text{C (V)}$$

$$I_R = \text{Arus sel ketika suhu } 25^\circ\text{C (A)}$$

$$A = \text{Luas sel (cm}^2\text{)}$$

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat penelitian dilaksanakan sejak bulan April 2022 hingga September 2022 bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Tabel 1. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		Apr	Mei	Juni	Juli	Agu	Sep	Okt
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■
2	Seminar Proposal	■						
3	Perancangan Sistem PLTS		■	■				
4	Penulisan Laporan, Analisis, dan Pembahasan			■	■	■	■	
5	Seminar Hasil						■	
6	Perbaikan Laporan						■	■
7	Komprehensif							■

3.2 Alat dan Bahan

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

1. Laptop Asus
2. Perangkat lunak PVSyst 7.2
3. Data spesifikasi komponen
4. Data beban
5. Data intensitas cahaya matahari dan temperatur

3.3 Tahapan Penelitian

1. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis mempelajari dan mengumpulkan literatur mengenai PLTS *On Grid*. Sumber yang menjadi referensi diantaranya buku, jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu.

2. Lokasi Penelitian

Penulis melakukan penelitian di Gedung Laboratorium Teknik Elektro Unila, Kota Bandar Lampung. Pada tahapan ini bertujuan untuk mencari data yang diperlukan untuk pembahasan perancangan PLTS.

3. Analisis Teknis

Pada tahapan ini, penulis melakukan perancangan sistem PLTS *on grid*, menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan, menghitung kapasitas daya yang dapat dibangkitkan serta energi yang dapat dihasilkan PLTS tersebut menggunakan *software* PVsyst 7.2

4. Analisis Ekonomi

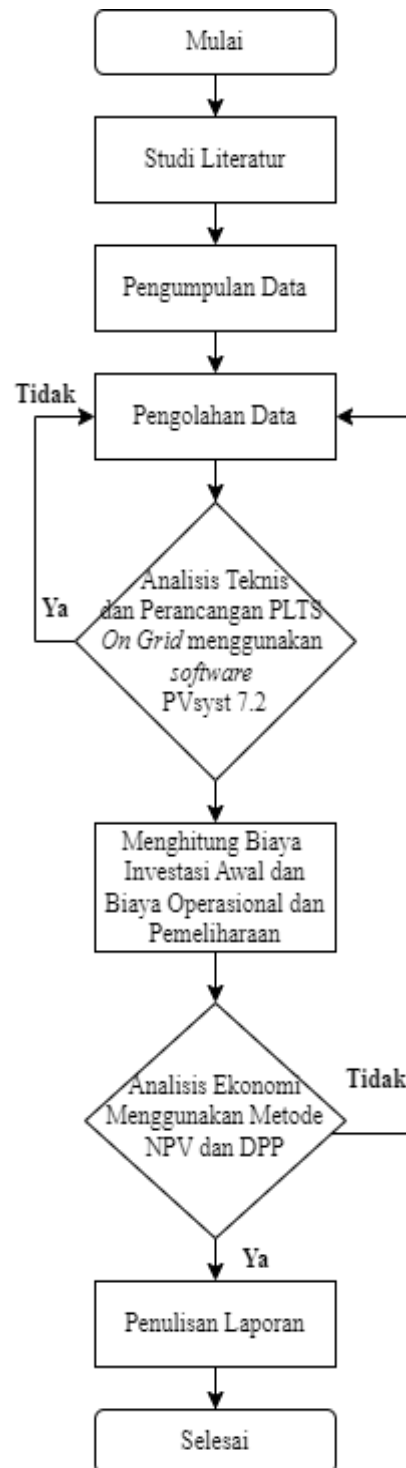
Biaya yang diinvestasikan dalam pembangunan PLTS ini dianalisis untuk menentukan apakah investasinya merugikan atau menguntungkan serta

menentukan periode pengembalian investasi. Metode analisis yang digunakan adalah NPV (*Net Present Value*) dan *Discounted Payback Period* (DPP).

5. Penulisan Laporan

Pada tahap ini, penulis menyajikan hasil penelitian dalam bentuk laporan akhir. Hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi apakah investasi pembangunan PLTS di Gedung Laboratorium Teknik Elektro layak dilakukan atau tidak. Laporan ini digunakan sebagai bentuk tanggungjawab penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk melakukan seminar akhir.

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

3.5 Analisis Teknis

3.5.1 Rata-rata Waktu Penyinaran Matahari

Menghitung rata-rata waktu penyinaran matahari dengan rumus :

$$PSH = \frac{GHI}{GSTC}$$

Dimana,

PSH = *Peak Sun Hour* (Jam)

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

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

3.5.2 Menghitung PV Area

Menghitung luas area array yang akan digunakan dengan rumus :

$$PV\ Area = \frac{E_L}{PSH \times \mu_{pv} \times TCF \times \mu_{pout}}$$

Dimana,

E_L = Pemakaian Energi (KWh)

μ_{pv} = Efisiensi panel surya (%)

μ_{out} = Efisiensi inverter (%)

TCF = Temperatur modul STC (25°C)

3.5.3 Menghitung Daya yang Dibangkitkan PLTS (*Watt peak*)

Menghitung besar daya yang akan dibangkitkan dengan rumus :

$$P_{Watt\ peak} = PV\ Area \times GSTC \times \mu_{pv}$$

Dimana,

$PV\ Area$ = Luas area array (m^2)

$GSTC$ = *Global Horizontal Irradiance* dalam STC ($1000\ W/m^2$)

μ_{pv} = Efisiensi panel surya (%)

3.5.4 Menghitung Jumlah Panel Surya

Menghitung jumlah panel surya yang akan digunakan dengan rumus :

$$Jumlah\ Panel\ Surya = \frac{P_{Watt\ peak}}{P_{MPP}}$$

Dimana,

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

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

3.5.5 Menentukan Kapasitas Inverter

Dalam menentukan kapasitas inverter, perlu dipertimbangkan besar energi DC yang dihasilkan oleh array dan juga berapa besar daya yang akan dihasilkan oleh inverter. Perbandingan kapasitas input DC dan kapasitas output AC disebut dengan DC/AC ratio.

3.5.6 Menentukan Konfigurasi

Dalam menentukan konfigurasi dapat digunakan rumus berikut:

$$Minimal\ modul\ seri\ per\ string = \frac{V_{min\ Inverter}}{V_{oc\ panel}}$$

$$Maksimal\ modul\ seri\ per\ string = \frac{V_{max\ Inverter}}{V_{mp\ panel}}$$

$$\text{Maksimal modul parallel per string} = \frac{I_{max} \text{ Inverter}}{I_{mp} \text{ panel}}$$

$$\text{Jumlah String} = \frac{\text{Jumlah Panel}}{\text{Jumlah panel seri per string}}$$

Dimana,

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

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

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

V_{oc} = Tegangan Open Circuit panel (V)

V_{mp} = Tegangan mp panel (V)

I_{mp} = Arus mp panel (A)

3.6 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dipengaruhi oleh biaya total investasi yang harus dikeluarkan, biaya operasional dan pemeliharaan, biaya yang dihasilkan PLTS serta penjualan energi listrik, discount rate, dan nilai inflasi.

3.6.1 Menghitung Biaya Investasi Awal

Biaya investasi adalah biaya komponen-komponen yang akan digunakan dalam pemasangan PLTS. Harga tersebut diperoleh dari internet dengan melihat website yang menjual komponen yang dibutuhkan.

3.6.2 Menghitung Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan pada PLTS umumnya sebesar 1-2% dari total biaya investasi [15]. Biaya operasional dan pemeliharaan pada penelitian ini diasumsikan sebesar 2% dikarenakan sistem PLTS untuk Gedung Laboratorium

Teknik Elektro Unila yang memanfaatkan atap gedung yang cukup tinggi sebagai tempat untuk meletakkan panel surya. Hal lain yang menjadi pertimbangan juga adalah Kota Bandar Lampung khususnya Unila tidak mengalami banyak musim dan bencana seperti abu vulkanik misalnya ditempat yang mempunyai gunung berapi, serta salju pada tempat yang mengalami banyak musim.

$$OP = 2\% \times \text{Investasi Awal}$$

3.6.3 NPV (*Net Present Value*)

Net Present Value adalah metode perhitungan selisih antara nilai sekarang dari arus kas yang masuk dengan nilai sekarang dari arus kas yang keluar pada periode waktu tertentu. Setiap aliran kas yang masuk pertahun dihitung secara satu-persatu lalu kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan nilai NPV. Setelah itu dikurangi oleh biaya investasi, jika hasilnya positif maka merupakan investasi yang bagus dan jika negatif berarti investasi tidak menguntungkan. Secara umum kriteria NPV ini mengatakan bahwa proyek akan layak dipilih apabila nilai $NPV > 0$. Sebaliknya bila suatu proyek memiliki $NPV < 0$ maka tidak akan dipilih karena proyek tidak layak untuk dilakukan.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct}{(1 + r)^t} - Co$$

Dimana,

Bt = Penerimaan proyek pada tahun ke-t

Ct = Biaya proyek pada tahun ke-t

Co = Total investasi Awal

n = Umur ekonomi proyek

r = *Discount Rate*

Faktor diskonto dengan tingkat diskonto (i) sebesar 8,04% dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$DF = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Dimana,

DF = Faktor Diskonto

i = Tingkat diskonto (8,04%)

n = Periode dalam tahun

3.6.4 DPP (*Discounted Payback Period*)

Analisis *Payback Period* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung lama periode yang diperlukan untuk mengembalikan uang yang telah diinvestasikan dari aliran kas masuk (*proceeds*) tahunan yang dihasilkan oleh proyek investasi tersebut [1]. Analisis *Discounted Payback Period* dilakukan dengan memperhitungkan *time value of money*. Dengan memperhitungkan *time value of money*, lamanya periode pengembalian investasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$DPP = \sum_{t=1}^n NCF_t \times DF$$

Dimana,

NCF_t = aliran kas pada tahun ke-t

DF = Faktor Diskonto

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pada skenario 1 secara teknis diperoleh nilai *Performance Ratio* sebesar 83,59% dan *Solar Fraction* 62,64 % dan secara ekonomi diperoleh NPV positif dengan jangka waktu pengembalian investasi selama 7,78 tahun. Sedangkan pada skenario 2 secara teknis diperoleh *Performance Ratio* sebesar 83,53% dan *Solar Fraction* 70,15% dan secara ekonomi diperoleh nilai NPV positif dengan jangka waktu pengembalian investasi selama 7,8 tahun. Dari dua skenario tersebut, Perancangan PLTS *On Grid* Pada Gedung Laboratorium Teknik Unila dinilai layak untuk dilakukan, baik ditinjau dari aspek teknis maupun aspek ekonomi.

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat membahas lebih lanjut pada aspek-aspek lainnya seperti aspek lingkungan yang bisa dijadikan acuan dalam menentukan kelayakan sistem PLTS yang dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abuk, Getrudis M dan Yusuf Rumbino. 2020. “Analisis Kelayakan Ekonomi Menggunakan Metode *Net Present Value* (NPV), Metode *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP) Pada Unit *Stone Crusher* di CV. X Kab. Kupang Prov. NTT”. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana* Vol. 14, No. 2. PT.
- [2] Ali, dkk. 2019. “*Feasibility analysis of grid-connected and islanded operation of a solar PV microgrid system: A case study of Iraq*”. Malaysia. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116591>
- [3] Deny Suyana dan M Marhaendra Ali. 2016. “Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin” *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri* Vol. 2 No.1.
- [4] EMA. 2019. “*Handbook for Solar Photovoltaic (PV) System*”. Singapura. Energy Market Authority.
- [5] Erick Radwitya dan Yudi Chandra. 2020. “Perencanaan PLTS *On Grid* Dilengkapi Panel ATS di Laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Ketapang”. Banten. EPIC Vol.3 No.1 Hal 52-58.
- [6] Handoko R, dkk. 2017. “Studi Karakteristik Kurva V-I dan P-V pada Sitem PLTS Terhubung Jaringan PLN Satu Fasa 220 VAC 50 Hz menggunakan *Tracking DC Logger* dan *Low Cost Monitoring System*”. Padang. PIMIMD.
- [7] Huwae, R. C. 2019. “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya On- Grid 12 kWp di Gedung BPSKL Wilayah Maluku Papua”. Jakarta: STT PLN.
- [8] Kiki Kananda. 2017. “Studi Kasus Kampus Institut Teknologi Sumatera Menuju *Smart Campus*”. Lampung. *Journal of Science and Applicative Technology* Vol.1 No.2.
- [9] Marcelo G.V., 2009. “*Comprehensive Approach to Modelling and Simulation of Photovoltaic Arrays*”. *IEEE Transaction on power Electronics* Vol. 24 No. 5, pp : 1198-1208.
- [10] Michael B. 2017. “*Solar Electricity Handbook*”. UK. Greenstream Publishing.

- [11] Narayana, I.B.K. 2010. “Incentive Instruments for PV Development”. International Workshop On PV Feed In Tariff. Jakarta 1 Desember.
- [12] Kementrian ESDM. 2021. “Peraturan Menteri ESDM tentang PLTS Atap Terhubung Jaringan”. Jakarta. Kementrian ESDM.
- [13] PLN (Persero). 2021. “Kapasitas Terpasang (MW),” *Statistik PLN 2021*.
- [14] Wibeng D. 2008. “Lontar UI-Simulator Algoritma”. Jakarta. Universitas Indonesia.
- [15] Windarta, Jaka., Enda Wista dkk. 2020. “Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid untuk Supply Listrik pada Lingkungan Bank Perkreditan Rakyat Pedesaan di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara ditinjau dari Teknis dan Ekonomi Teknik.” Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat UNDIP.