

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA ATAP DENGAN SISTEM *ON-GRID* UNTUK MENYUPLAI
BEBAN PADA GEDUNG A JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI**



Oleh :

I Gusti Komang Triadi Kencana

NIM. 2015313124

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA ATAP DENGAN SISTEM *ON-GRID* UNTUK MENYUPLAI
BEBAN PADA GEDUNG A JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Oleh:

I Gusti Komang Triadi Kencana

NIM. 2015313124

Tugas Akhir ini Diajukan untuk Menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma III
di Program Studi DIII Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh:

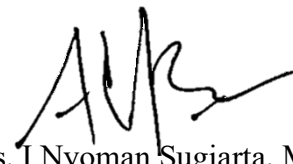
Pembimbing I



Ir. I Ketut Suryawan, MT

NIP. 196705081994031001

Pembimbing II



Drs. I Nyoman Sugiarta, MT

NIP. 196708021993031003

Disahkan Oleh

Jurusan Teknik Elektro

Ketua



Ir. I Wayan Raka Ardana, MT

NIP. 196705021993031005

FORM PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Gusti Komang Triadi Kencana

NIM : 2015313124

Program Studi : DIII Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP DENGAN SISTEM *ON-GRID* UNTUK MENYUPLAI BEBAN PADA GEDUNG A JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI BALI” adalah betul-betul karya sendiri dan bukan menjiplak atau hasil karya orang lain. Hal-hal yang bukan karya saya dalam Tugas Akhir tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan Tugas Akhir dan gelar yang saya peroleh dari Tugas Akhir tersebut.

Bukit Jimbaran, 16 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



I Gusti Komang Triadi Kencana

NIM. 2015313124

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
LAPORAN TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I Gusti Komang Triadi Kencana
NIM : 2015313124
Program Studi : DIII Teknik Listrik
Jurusan : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP DENGAN SISTEM *ON-GRID* UNTUK MENYUPLAI BEBAN PADA GEDUNG A JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI BALI” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalihmedia atau mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bukit Jimbaran, 16 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



I Gusti Komang Triadi Kencana

NIM. 2015313124

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas akhir ini yang berjudul “Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem *On-Grid* Untuk Menyuplai Beban Pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali” ini tepat pada waktunya. Penyusunan Proyek akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Program Pendidikan Diploma III pada Program studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bimbingan dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom. selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. I Gusti Putu Mastawan Eka Putra, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro yang banyak membantu penelitian ini.
4. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, ST.,MT selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Listrik.
5. Bapak Ir. I Ketut Suryawan, MT selaku Dosen Pembimbing I penulis.
6. Bapak Drs. I Nyoman Sugiarta, MT selaku Dosen Pembimbing II penulis.
7. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral serta material.
8. Serta seluruh teman-teman di Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis untuk dapat menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya dan pembaca pada umumnya.

Jimbaran, 16 Agustus 2023

Penulis

ANALISA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP DENGAN SISTEM *ON-GRID* UNTUK MENYUPLAI BEBAN PADA GEDUNG A JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh : I Gusti Komang Triadi Kencana

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap menjadi salah satu solusi untuk mengejar target pemasangan kapasitas PLTS Provinsi Bali sebesar 108 MW pada tahun 2025. PLTS atap dapat dipasang pada atap Gedung suatu Kampus atau Universitas untuk mengurangi kebutuhan energi yang disuplai dari PLN pada saat beban puncak siang hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil beban pada Gedung A serta potensi daya dan energi PLTS pada atap yang tersedia pada atap Gedung di Lingkungan Jurusan Teknik Elektro, sehingga dapat diketahui perencanaan komponen PLTS atap serta kelayakan pemasangan PLTS secara ekonomis. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa Gedung A Jurusan Teknik Elektro memiliki kebutuhan daya listrik sebesar 382,95 kW dan kebutuhan energi sebesar 192,11 kWh dalam sehari dengan total pemakaian energi sebesar 38,132 kWh dalam setahun. PLTS yang direncanakan dipasang pada atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro dengan kapasitas sebesar 31,35 kWp menggunakan modul surya Longi LR5-72HPH-550M sebanyak 57 buah dan Inverter Solis-33K-5G. Biaya investasi PLTS atap sebesar Rp314.275.881,60 dengan biaya siklus hidup PLTS selama umur proyek 25 tahun sebesar Rp368.932.556,66. Berdasarkan analisa *Net Present Value (NPV)*, *Profitability Index (PI)*, dan *Discounted Payback Period (DPP)* investasi PLTS yang direncanakan layak untuk dilaksanakan.

Kata Kunci : Energi terbarukan, PLTS atap, Beban puncak, Analisa ekonomi

ABSTRACT

Rooftop Solar Power Plant is one of the solutions to pursue the target of installing a solar power plant capacity of Bali Province of 108 MW in 2025. Rooftop solar power plant can be installed on the roof of a Campus or University building to reduce the need for energy supplied from PLN during peak load times midday. This study aims to determine the load profile in Building A as well as the power and energy potential of PV on the roof that is available on the roofs of buildings in the Electrical Engineering Department, so that the planning of rooftop PV components and the economic feasibility of installing PV can be known. The results of this study found that Building A of Department of Electrical Engineering has a power requirement of 382,95 kW and an energy requirement of 192,11 kWh in a day with a total energy consumption of 38,132 kWh in a year. The PV which is planned to be installed on the roof of the Electrical Engineering Department Workshop Building with a capacity of 31.35 kWp uses 57 Longi LR5-72HPH-550M solar modules and Solis-33K-5G inverters. The investment cost of a rooftop PLTS is IDR 314,275,881.60 with a PV life cycle cost for a 25-year project life of IDR 368,932,556.66. Based on analysis Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Discounted Payback Period (DPP) The planned PV investment is feasible to implement.

Keywords : Renewable energy, rooftop PV, peak load, economic analysis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-4
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
1.6 Sistematika Penelitian.....	I-5
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1 Penelitian yang pernah dilaksanakan	II-1
2.2 Energi Surya.....	II-3
2.3 Potensi Energi Surya di Indonesia	II-3
2.4 Profil Beban	II-4
2.4.1 Pengertian Profil Beban	II-4
2.4.2 Klasifikasi Beban.....	II-5
2.4.3 Kurva Beban	II-5
2.4.4 Beban Puncak	II-5
2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	II-6
2.5.1 Pengertian PLTS	II-6
2.5.2 Prinsip Kerja PLTS	II-6
2.5.3 Jenis-Jenis PLTS	II-8
2.6 Komponen PLTS.....	II-11
2.6.1 Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>).....	II-11

2.6.2 Inverter.....	II-18
2.6.2.1 Data Teknis Inverter.....	II-19
2.6.2.2 Jenis – Jenis Inverter.....	II-21
2.6.3 PV <i>Mounting</i>	II-26
2.6.3.1 Komponen <i>Bracket</i>	II-26
2.6.3.2 Komponen <i>Mounting</i>	II-28
2.6.4 Pengabelan.....	II-29
2.6.4.1 Kabel DC	II-29
2.6.4.2 Kabel AC.....	II-30
2.6.4.3 Kabel <i>Grounding</i>	II-31
2.6.4.4 MC4 <i>Connector</i>	II-31
2.6.5 Proteksi	II-32
2.6.5.1 Proteksi DC.....	II-32
2.6.5.2 Proteksi AC	II-33
2.6.5.3 <i>Grounding</i>	II-34
2.6.5.4 Proteksi Petir.....	II-34
2.6.6 PV <i>Combiner Box</i>	II-35
2.6.7 Panel Distribusi AC	II-37
2.6.8 <i>Net Metering</i>	II-38
2.7 Perencanaan PLTS	II-38
2.7.1 Potensi <i>Losses</i> pada Sistem PLTS.....	II-38
2.7.2 Temperatur PV <i>Module</i>	II-39
2.7.3 Menghitung Luas <i>Array</i>	II-40
2.7.4 Menghitung Daya PLTS.....	II-40
2.7.5 Menghitung Jumlah Modul.....	II-40
2.7.6 Konfigurasi Seri Paralel.....	II-41
2.7.7 Menghitung Energi PLTS	II-41
2.8 Aspek Ekonomi.....	II-42
2.8.1 Biaya Investasi (<i>Investment Cost</i>).....	II-42
2.8.2 Biaya <i>Operational & Maintenance</i> (O&M)	II-42
2.8.3 Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>).....	II-43
2.8.4 Faktor Pemulihan Modal (<i>Capital Recovery Factor</i>)	II-43
2.8.5 Biaya Energi PLTS (<i>Cost of Energy</i>).....	II-43

2.9 Analisa Ekonomi.....	II-44
2.9.1 Faktor Diskonto	II-44
2.9.2 <i>Cash Flow</i>	II-44
2.9.3 Analisa <i>Net Present Value</i> (NPV)	II-44
2.9.4 Analisa <i>Profitability Index</i> (PI).....	II-45
2.9.5 Analisa <i>Discounted Payback Period</i> (DPP).....	II-46
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 III-1
3.1 Jenis Penelitian	III-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	III-1
3.3 Tahapan Penelitian	III-1
3.4 Pengumpulan Data.....	III-2
3.4.1 Data Primer.....	III-3
3.4.2 Data Sekunder.....	III-3
3.5 Pengolahan Data	III-4
3.5.1 Perhitungan Matematis Daya PLTS.....	III-4
3.5.2 Simulasi Menggunakan <i>Software</i> Helioscope.....	III-4
3.6 Analisa Data.....	III-4
3.6.1 Analisa Teknis.....	III-5
3.6.2 Analisa Ekonomi.....	III-5
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	 IV-1
4.1 Gambaran Umum Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.....	IV-1
4.2 Profil dan Pola Beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali	IV-1
4.3 Iradiasi Matahari di Politeknik Negeri Bali	IV-5
4.4 Temperatur Udara di Politeknik Negeri Bali	IV-6
4.5 Potensi Daya dan Energi PLTS pada Atap Gedung A Jurusan Teknik Elektro.....	IV-6
4.6 Potensi Daya dan Energi PLTS pada Atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro	IV-9
4.7 Perencanaan pada Aspek Teknis PLTS	IV-11
4.7.1 Pemilihan Lokasi Pemasangan PLTS	IV-11
4.7.2 Penentuan Kapasitas PLTS yang akan direncanakan.....	IV-12
4.7.3 Pemilihan Modul Surya	IV-13
4.7.4 Menghitung Jumlah Modul Surya	IV-15

4.7.5 Pemilihan Inverter.....	IV-15
4.7.6 Konfigurasi Seri-Paralel Modul Surya	IV-16
4.7.7 Pemilihan Sistem Proteksi	IV-18
4.7.7.1 Pemilihan Rating <i>Over Current Protection Device</i> (OCPD).....	IV-18
4.7.7.2 Pemilihan Rating <i>Surge Protection Device</i>	IV-19
4.7.8 Pemilihan Kabel.....	IV-19
4.7.9 Perhitungan Komponen <i>Mounting System</i>	IV-21
4.7.10 Komponen Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap yang direncanakan	IV-23
4.7.11 Estimasi Perhitungan Energi PLTS	IV-23
4.8 Perencanaan pada Aspek Ekonomi PLTS	IV-25
4.8.1 Perhitungan Biaya Investasi (<i>Investment Cost</i>) PLTS	IV-25
4.8.2 Biaya Operational & Maintenance (O&M)	IV-27
4.8.3 Biaya Siklus Hidup (<i>Life Cycle Cost</i>).....	IV-28
4.8.4 Faktor Pemulihan Modal (<i>Capital Recovery Factor</i>)	IV-28
4.8.5 Biaya Energi PLTS (<i>Cost of Energy</i>).....	IV-28
4.9 Analisa Kelayakan Investasi PLTS	IV-29
4.9.1 Faktor Diskonto	IV-29
4.9.2 Aliran Kas (<i>Cash Flow</i>).....	IV-29
4.9.3 Analisa <i>Net Present Value</i> (NPV)	IV-31
4.9.4 Analisa <i>Profitability Index</i> (PI).....	IV-31
4.9.5 Analisa <i>Discounted Payback Period</i> (DPP).....	IV-31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-3

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Beban Puncak.....	II-6
Gambar 2.2 Sistem Kerja PLTS.....	II-7
Gambar 2.3 Skema PLTS <i>Off-Grid PV System with storage</i>	II-9
Gambar 2.4 Sistem PLTS <i>Grid-Connected</i> dengan penyimpanan.....	II-10
Gambar 2.5 Skema <i>Hybrid Photovoltaic Power System</i>	II-11
Gambar 2.6 Kurva Hubungan I-V pada Modul PV	II-14
Gambar 2.7 Panel Surya Monokristal.....	II-14
Gambar 2.8 Panel Surya Polikristal.....	II-15
Gambar 2.9 Panel Surya <i>Thin-Film</i>	II-16
Gambar 2.10 Pengaruh Temperatur terhadap Panel Surya	II-17
Gambar 2.11 Pengaruh Intensitas Radiasi terhadap Panel Surya	II-17
Gambar 2.12 Panel Surya dengan Sudut Kemiringan	II-18
Gambar 2.13 <i>Micro-Inverter</i>	II-21
Gambar 2.14 <i>String Inverter</i> dan pemasangannya.....	II-23
Gambar 2.15 <i>Inverter On-Grid String SMA</i>	II-24
Gambar 2.16 <i>Inverter Off-Grid String SMA</i>	II-25
Gambar 2.17 <i>Inverter Hybrid SMA</i>	II-26
Gambar 2.18 MC4 dan <i>Spanner</i>	II-32
Gambar 2.19 Area proteksi air terminal penangkal petir.....	II-35
Gambar 2.20 PV Combiner Box.....	II-36
Gambar 2.21 Net Metering	II-38
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian.....	III-2
Gambar 4.1 Kurva Beban Gedung A dalam 1 Hari	IV-5
Gambar 4.2 Grafik Konsumsi Energi pada tahun 2022	IV-5
Gambar 4.3 Atap Gedung A Jurusan Teknik Elektro	IV-7
Gambar 4.4 Atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro	IV-9
Gambar 4.5 Modul Surya Longi LR5-72HPH 550M.....	IV-14
Gambar 4.6 Inverter Solis-33K-5G	IV-15
Gambar 4.7 Rangkaian Seri-Paralel PLTS.....	IV-17
Gambar 4.8 Rancangan Penempatan Modul Surya pada Atap Gedung Workshop ...	IV-22

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Intensitas radiasi matahari di Indonesia	II-4
Tabel 2.2. Data Teknis Panel Surya	II-12
Tabel 2.3. Data Teknis Inverter	II-20
Tabel 2.4. Keunggulan dan Kelemahan String Inverter.....	II-24
Tabel 2.5 Komponen <i>Bracket</i>	II-27
Tabel 2.6 Komponen <i>Mounting</i>	II-28
Tabel 2.7 Kapasitas Hantar Arus kabel DC berdasarkan luas penampang kabel.....	II-30
Tabel 2.8 Besaran KHA Kabel NYY, NYFGBY, NYRGBY yang diatur dalam SNI 0255 berdasarkan luas penampang kabel.....	II-31
Tabel 2.9 Luas penampang kabel grounding dalam SNI 0225	II-31
Tabel 2.10 Ketersediaan MCB/MCCB di Pasaran.....	II-33
Tabel 3.1 Data primer yang dibutuhkan dan sumber data	III-3
Tabel 3.2 Data sekunder yang dibutuhkan dan sumber data.....	III-3
Tabel 4.1 Data Pengukuran Kebutuhan Daya dan Energi Listrik Gedung A Jurusan Teknik Elektro.....	IV-2
Tabel 4.2 Data Pemakaian kWh Gedung A Jurusan Teknik Elektro tahun 2022.....	IV-4
Tabel 4.3 Data Iradiasi Matahari di Politeknik Negeri Bali Tahun 2021	IV-5
Tabel 4.4 Data Temperatur Udara Tahun 2021	IV-6
Tabel 4.5 Perbandingan Simulasi Helioscope pada Gedung A dan Gedung Workshop	IV-11
Tabel 4.6 Spesifikasi Modul Surya Longi LR5-72HPH 525-550M	IV-14
Tabel 4.7 Spesifikasi Inverter Solis-33K-5G	IV-16
Tabel 4.8 Spesifikasi Kabel H1Z2Z2.....	IV-20
Tabel 4.9 Perhitungan Komponen <i>Mounting System</i>	IV-22
Tabel 4.10 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap.....	IV-23
Tabel 4.11 Energi Output PLTS	IV-24
Tabel 4.12 Perbandingan Konsumsi Energi dan Produksi Energi PLTS dalam Setahun	IV-24
Tabel 4.13 Biaya Investasi (<i>Investment Cost</i>) PLTS.....	IV-26
Tabel 4.14 <i>Cash Flow</i>	IV-30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengukuran Beban Pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro.....	L-1
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Panjang dan Kemiringan Atap.....	L-26
Lampiran 3. <i>Datasheet</i> Panel Surya Longi LR-72HPH-525-550M.....	L-28
Lampiran 4. <i>Datasheet</i> Inverter Solis-33K-5G	L-29
Lampiran 5. Simulasi Helioscope pada Atap Gedung A	L-30
Lampiran 6. Simulasi Helioscope pada Atap Gedung Workshop	L-33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini Indonesia masih dihadapkan pada persoalan dalam mencapai target pembangunan di bidang energi. Ketergantungan terhadap sumber energi fosil dalam pemenuhan kebutuhan energi di dalam negeri masih sangat tinggi yaitu 96%, dimana 48% adalah minyak bumi, 18% gas, dan 30% batu bara [1]. Sementara itu, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) memproyeksikan rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional sekitar 6,9% per tahun [2]. Untuk mengimbangi pertumbuhan kebutuhan listrik tersebut, maka salah satu upaya paling efektif yang perlu dilakukan ialah penambahan kapasitas pembangkit tenaga listrik, khususnya yang bersumber dari energi baru dan terbarukan. Menurut RUPTL PT. PLN (Persero) periode 2018 s/d 2027, pemerintah berencana menambah kapasitas pembangkit sebesar 56,395 GW. Dari jumlah tersebut, pembangkit yang bersumber dari energi baru dan terbarukan akan dibangun sebesar 16 GW atau sekitar 26,7% [3]. Pada Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional mempunyai sasaran yaitu pada tahun 2025 peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31% [4].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap (PLTS *rooftop*) adalah proses pembangkitan energi listrik menggunakan modul fotovoltaik yang dipasang dan diletakkan pada atap, dinding atau bangunan lain bangunan milik konsumen PT. PLN (Persero) serta menyalurkan energi listrik melalui sistem sambungan listrik konsumen PT. PLN (Persero) [3]. PLTS yang terpasang di Indonesia masih sangat kecil khususnya di Provinsi Bali. Provinsi Bali sebagai wilayah beriklim tropis yang memiliki potensi energi terbarukan khususnya di energi surya. Energi surya di Provinsi Bali memiliki potensi yang tinggi, yaitu 98% dari total potensi energi terbarukan yang terdapat di Bali. Provinsi Bali menargetkan untuk pemasangan kapasitas PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025, tetapi kemajuan PLTS di Bali masih rendah sekitar 1% dari total kapasitas PLTS Bali sebesar 108 MW [5]. Kapasitas PLTS terpasang yang masih rendah dapat diatasi dengan pemasangan PLTS di atap suatu gedung, salah satunya atap gedung suatu Kampus atau

Universitas. PLTS *rooftop* apabila dipasang di gedung yang berada di wilayah Kampus atau Universitas memiliki keunggulan yaitu tidak memerlukan lahan tambahan dalam pembangunan PLTS dan energi listrik yang dibangkitkan digunakan di tempat yang sama, sehingga investasi untuk transmisi dan distribusi tenaga listrik bisa dikurangi [6]. Sistem PLTS *rooftop* secara konfigurasi sistemnya termasuk sistem *on-grid*, karena terhubung dengan jaringan listrik PLN. Artinya daya yang diproduksi oleh PLTS tidak hanya untuk penggunaan sendiri, melainkan bisa disalurkan ke sistem yang terhubung dengannya. Gedung Kampus yang beroperasi dari pagi hari hingga sore hari dan memiliki kebutuhan beban paling tinggi pada siang hari, sangat baik dipasang PLTS *rooftop* karena dapat memanfaatkan energi matahari pada siang hari. Dengan melakukan hal tersebut, diharapkan gedung kampus yang terpasang PLTS atap mampu mengurangi penggunaan energi listrik dari PLN. Di samping itu juga mampu mengurangi gas emisi CO₂ dari hasil pembangkit listrik PLN yang menggunakan bahan bakar fosil serta ramah lingkungan.

Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali sebagai salah satu tempat kegiatan pembelajaran di lingkungan Politeknik Negeri Bali memiliki konsumsi energi listrik yang cukup besar. Adapun penggunaan energi listrik yang ada berasal dari berbagai macam beban, seperti lampu, *air conditioner* (AC), komputer, printer, dan lain sebagainya. Aktivitas pembelajaran yang berlangsung dari pagi hingga sore hari mengakibatkan rata-rata penggunaan beban tertinggi berada pada siang hari. Sedangkan pada malam hari, tidak terjadi aktivitas pembelajaran yang berpengaruh kepada lebih sedikitnya penggunaan energi listrik dibandingkan dengan saat siang hari. Oleh karena itu, Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali direncanakan untuk pemasangan PLTS atap untuk membantu menyuplai energi listrik sendiri.

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, dalam penelitian ini direncanakan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali. Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali bertujuan untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang berasal dari jaringan PLN pada beban puncak (siang hari) dan dapat menjadi acuan dalam pemasangan pembangkit listrik tenaga surya atap untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali di masa yang mendatang.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Bagaimana profil dan pola beban yang terpasang pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali?
2. Berapa potensi daya dan energi yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya atap jika dipasang pada atap Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali?
3. Berapa potensi daya dan energi yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya atap jika dipasang pada atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali?
4. Dimana lokasi pemasangan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro yang layak?
5. Apa saja komponen sistem pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali?
6. Apakah pemasangan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali layak secara ekonomis?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini bertujuan agar penelitian menjadi lebih terarah pada judul dan bidang yang telah ditentukan, sehingga penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut.

1. Tinjauan lokasi yang dipilih adalah Gedung A dan Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
2. Sistem PLTS yang digunakan adalah PLTS Atap yang terhubung dengan jaringan PLN (*On-Grid*).
3. Penentuan kapasitas PLTS yang direncanakan menggunakan rata-rata beban puncak pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro.
4. Pemasangan modul surya mengikuti orientasi dan sudut kemiringan atap.
5. Instalasi dipertimbangkan menggunakan *string* inverter.
6. Harga-harga dari komponen PLTS menggunakan referensi dari *e-commerce*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai pada penulisan tugas akhir ini sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui profil dan pola beban yang terpasang pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
2. Untuk mengetahui potensi daya dan energi yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya atap jika dipasang pada atap Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Untuk mengetahui potensi daya dan energi yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya atap jika dipasang pada atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
4. Untuk mengetahui lokasi pemasangan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro yang layak.
5. Untuk mengetahui komponen sistem pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
6. Untuk mengetahui apakah pemasangan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali layak secara ekonomis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dalam tugas akhir ini yang ingin penulis jabarkan sebagai berikut.

1. Manfaat Teoritis

Adapun manfaat teoritis dalam penelitian tugas akhir ini yaitu dapat menambah wawasan serta sebagai acuan untuk memperkaya teori terkait dengan pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

2. Manfaat Praktis

Adapun manfaat praktis yang diperoleh yakni melalui penelitian ini akan mendapatkan sebuah solusi dan rekomendasi pemanfaatan pembangkit listrik

tenaga surya atap dengan sistem *on-grid* untuk menyuplai beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali, sehingga dapat dijadikan sebagai sebuah acuan jika ingin direalisasikan kedepannya.

1.6 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penelitian dalam tugas akhir ini sebagai upaya untuk penyeragaman standar penelitian sebagai berikut.

1. BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penelitian dari tugas akhir.

2. BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bagian ini berisikan tentang teori-teori yang dapat mendukung dan menunjang penelitian tugas akhir.

3. BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini berisikan tentang deskripsi penelitian yang mencakup jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, tahapan penelitian, cara pengolahan data dan metode pengambilan data yang digunakan.

4. BAB IV : PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Pada bagian ini berisikan tentang data-data dan pembahasan dari permasalahan yang diangkat dan juga berisikan uraian tentang analisis dari pembahasan.

5. BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini berisikan tentang kesimpulan serta saran berdasarkan hasil dari pembahasan dan analisis penelitian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Gedung A Jurusan Teknik Elektro sebagai tempat pusat kegiatan akademik dan administrasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali yang memiliki jam operasional mulai pukul 08:00 WITA hingga 16:00 WITA pada hari kerja (*weekdays*) memiliki kebutuhan daya listrik sebesar 382,95 kW dan penggunaan energi sebesar 192,11 kWh dalam sehari. Kebutuhan daya dan penggunaan energi terbesar dalam sehari terjadi pada pukul 10:00 hingga 10:30 WITA yakni sebesar 27,02 kW dan 13,219 kWh. Rata-rata beban puncak yang dihitung dari jam 8:30 WITA hingga pukul 14:00 WITA sebesar 24,63 kW. Pemakaian kWh listrik dalam satu tahun selama periode tahun 2022 sebesar 38.132 kWh dengan pemakaian kWh listrik tertinggi terjadi pada bulan November 2022 sebesar 5.084 kWh.
2. Atap Gedung A Jurusan Teknik Elektro berbentuk perisai dengan luas 963,50 m² memiliki kemiringan atap sebesar 19° menghadap timur/barat. Potensi daya PLTS yang dapat dipasang pada atap Gedung A Jurusan Teknik Elektro sebesar 163,8 kWp dengan potensi energi yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 843,24 kWh/hari.
3. Atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro berbentuk perisai dengan luas 1.042,32 m² memiliki kemiringan atap sebesar 11,6° menghadap utara/selatan. Potensi daya PLTS yang dapat dipasang pada atap Gedung Workshop Jurusan Teknik Elektro sebesar 177,19 kWp dengan potensi energi yang dihasilkan oleh PLTS sebesar 912,23 kWh/hari.
4. Atap Gedung A dan Workshop Jurusan Teknik Elektro mampu memenuhi kebutuhan daya dan energi yang dibutuhkan oleh beban pada Gedung A Jurusan Teknik Elektro. Pemilihan lokasi pemasangan PLTS selanjutnya didasarkan pada orientasi atap dengan melakukan simulasi pada *software* Helioscope. Berdasarkan hasil simulasi pada *software* Helioscope posisi penempatan PLTS pada atap

Gedung A memiliki *performance ratio* sebesar 70,3% dengan *losses* pada sistem sebesar 34% dan menghasilkan energi sebanyak 36,98 MWh. Sedangkan penempatan PLTS pada atap Gedung Workshop memiliki *performance ratio* yang lebih besar yakni 81,7% dengan *losses* pada sistem yang lebih kecil yaitu 19,9% dan produksi energi yang lebih besar yaitu 42,18 MWh. Sehingga, PLTS yang direncanakan dipasang pada atap Gedung Workshop.

5. Pembangkit listrik tenaga surya *on-grid* dengan kapasitas yang direncanakan sebesar 31,35 kWp menggunakan modul surya Longi LR5-72HPH-550M sebanyak 57 buah dan inverter Solis-33K-5G. Sistem proteksi terhadap arus lebih yang digunakan adalah MCB DC dengan *rating* pengaman 25 A dan MCCB AC dengan *rating* pengaman 63 A. Sistem proteksi terhadap tegangan lebih yang digunakan adalah SPD DC dengan *rating* pengaman 1.200 V dan SPD AC dengan *rating* pengaman 440 V. Kabel penghantar yang digunakan adalah kabel DC H1Z2Z2 dengan ukuran 1x6 mm², kabel AC NYY dengan ukuran 4x16 mm², dan kabel *grounding* NYAF dengan ukuran 1x6 mm².
6. Pembangkit listrik tenaga surya *on-grid* dengan kapasitas yang direncanakan sebesar 31,35kWp dapat memproduksi energi sebesar 60,17MWh dalam setahun. Biaya investasi awal pada perencanaan PLTS sebesar Rp314.275.881,60 dengan biaya siklus hidup PLTS selama umur proyek 25 tahun sebesar Rp368.932.556,66. Biaya energi PLTS sebesar Rp468,33/kWh. Berdasarkan analisa *Net Present Value*, nilai NPV didapatkan bernilai positif (>0) sebesar Rp13.509.329,90, sehingga investasi PLTS yang direncanakan layak untuk dilaksanakan. Berdasarkan analisa *Profitability Index*, nilai PI didapatkan sebesar 1,04 dan lebih besar dari 1 (>1), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang direncanakan layak untuk dilaksanakan. Berdasarkan analisa *Discounted Payback Period*, nilai DPP didapatkan lebih kecil daripada umur proyek sekitar 22 tahun 11 bulan, sehingga investasi PLTS yang direncanakan layak untuk dilaksanakan.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang diberikan agar penelitian berikutnya menjadi lebih baik yaitu sebagai berikut.

1. Untuk melengkapi data penelitian, sebaiknya melakukan pengukuran secara langsung iradiasi matahari dan temperatur pada lokasi penelitian menggunakan alat yang tepat.
2. Data pengukuran beban yang digunakan sebaiknya data yang didapat dengan pengukuran beban dengan interval waktu tertentu (misalnya satu bulan).
3. Pada penelitian selanjutnya, dapat dibuatkan perencanaan dengan sistem *off-grid* ataupun *hybrid* untuk mengetahui perbandingan antara sistem PLTS tersebut sehingga dapat memperkaya pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. A. Nugroho, “Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di PT Pertamina (Persero) Unit Pengolahan IV Cilacap,” *IEA Clean Coal Centre*, vol. 11, no. 9, hlm. Issue 18-4, 2016, [Daring]. Tersedia pada: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12820-Presentation.pdf>
- [2] R. Rafli, J. Ilham, dan S. Salim, “Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, hlm. 8–15, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10790.
- [3] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (RUPTL PT PLN) Tahun 2018 s.d. 2027*. Jakarta: KESDM, 2018.
- [4] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 49 Tahun 2018 Tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)*. Jakarta: KESDM BN RI, 2018.
- [5] I. N. S. Kumara, W. G. Ariastina, I. W. Sukerayasa, dan I. A. D. Giriantari, “On the potential and progress of renewable electricity generation in Bali,” *Proceedings - 2014 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering: Leveraging Research and Technology Through University-Industry Collaboration, ICITEE 2014*, 2014, doi: 10.1109/ICITEED.2014.7007944.
- [6] B. Maruli Pangaribuan, I. A. Dwi Giriantari, dan I. W. Sukerayasa, “Desain Plts Atap Kampus Universitas Udayana: Gedung Rektorat,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, hlm. 90, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i02.p12.
- [7] S. Nafis, M. Aman, dan A. Hadiyono, “Analisis Keekonomian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Sistem Ketenagalistrikan Nias,” *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 14, no. 2, hlm. 83–94, 2015.
- [8] I. Putu Dedi Wiriastika, I. Nyoman Setiawan, dan I. Wayan Sukerayasa, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 9, no. 1, hlm. 44–53, 2022.

- [9] T. Engelbertus, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak,” *Universitas Tanjungpura*, hlm. 1–8, 2015.
- [10] D. Suswanto, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik Untuk Mahasiswa Teknik Elektro*. Padang: Universitas Negeri Padang, 2019.
- [11] Y. and S. Rahmawati, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Malang: Universitas Negeri Malang, 2019.
- [12] D. S. Sukadri, “Buku Panduan Perencanaan, Pembangunan, Operasional dan Pemeliharaan PLTS Atap,” hlm. 1–56, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://mitrahijau.or.id/wp-content/uploads/2022/07/Buku-Panduan-1.pdf>
- [13] ABB, *Technical Application Papers No.10 Photovoltaic Plants*. Bergamo, Italia: ABB Sace, 2014. [Daring]. Tersedia pada: www.abb.com/solar
- [14] R. Foster, M. Ghassemi, dan A. Cota, *Solar Energy : Renewable Energy and The Environment*. CRC Press, 2010.
- [15] A. Khan, “Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angles,” *Iseco Journal of Science and Technology*, vol. 8, no. November, hlm. 9–12, 2012, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/259842084%0AStudying>
- [16] I. Permana, *Memasang Instalasi Kelistrikan PLTS Tipe Terpusat (Komunal) On-Grid*. Jakarta: GIZ Gmbh, 2022.
- [17] S. Ekici dan A. Kopru, “Investigation of PV System Cable Losses,” 2017. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/317701311>
- [18] I. W. Gatot, A, “Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1920 Watt di Universitas Udayana Bukit Jimbaran, Denpasar,” *SPEKTRUM*, vol. 1, no. 1, hlm. 118–122, 2014.
- [19] G. Pradika, I. A. D. Giriantari, dan I. N. Setiawan, “Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, hlm. 225, 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p15.
- [20] A. K. Al Bahar dan A. T. Maulana, “Perencanaan dan Simulasi Sistem PLTS Off-Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS,” *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, vol. 6, no. 3, hlm. 97–107, 2018.

- [21] I. D. Santiari, “Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan di Nusa Lembongan Bali,” *SPEKTRUM*, 2011.
- [22] H. S. Syahrial Yudistira, Syarifuddin Kasim, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpusat Di Pulau Liukang Loe Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba Syahrial,” *J Chem Inf Model*, vol. 53, no. 9, hlm. 1689–1699, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/19441>
- [23] Dr. Prof. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, 4 ed. Bandung: Alfabeta, 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://cvalfabeta.com/product/metode-penelitian-kuantitatif-kualitatif-dan-rd-mpkk/>
- [24] GSES India Team, *Solar PV Minigrid Systems Design, Installation, Operation and Maintenance Guidelines*, 1 ed. 2021.
- [25] B. Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, vol. 1. GIZ GmbH, 2018.