

SKRIPSI

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PERENCANAAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) *ROOFTOP*
RUMAH TINGGAL DI HAYAM WURUK *RESIDENCE* –
DENPASAR MENGGUNAKAN HOMER PRO**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Fajar Alam Priambudy
NIM. 2215374032

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PERENCANAAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) *ROOFTOP*
RUMAH TINGGAL DI HAYAM WURUK *RESIDENCE* –
DENPASAR MENGGUNAKAN HOMER PRO**

Oleh:

Fajar Alam Priambudy

NIM. 2215374032

Skripsi ini telah melalui Bimbingan dan Pengujian Hasil, disetujui untuk
diujikan pada Ujian Skripsi

di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 01 September 2023

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing 1:



Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, MT.

NIP. 196606161993031003

Dosen Pembimbing 2:



Gede Yasada, ST. M.Si.

NIP. 197012211998021001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PERENCANAAN
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ROOFTOP
RUMAH TINGGAL DI HAYAM WURUK RESIDENCE –
DENPASAR MENGGUNAKAN HOMER PRO**

Oleh:

Fajar Alam Priambudy

NIM. 2215374032

Skripsi ini sudah melalui Ujian Skripsi pada tanggal 22 Agustus 2023,
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi
di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 01 September 2023

Disetujui Oleh

Tim Penguji:

1. Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si.
NIP. 196807061994031003

2. I Nyoman Sedana Triadi, ST, MT.
NIP. 197305142002121001

Dosen Pembimbing:

1. Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, MT.
NIP. 196606161993031003

2. Gede Yasada, ST, M.Si.
NIP. 197012211998021001

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. I Wayan Raka Ardana, MT.
NIP. 196705021993031005

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul: **“ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ROOFTOP RUMAH TINGGAL DI HAYAM WURUK RESIDENCE – DENPASAR MENGGUNAKAN HOMER PRO”** adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, 01 September 2023

Yang menyatakan



Fajar Alam Priambudy

NIM. 2215374032

ABSTRAK

Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menetapkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi terbarukan yang vital untuk pembangunan energi Indonesia. Indonesia memiliki target kapasitas PLTS nasional 6,5 GW pada 2025 dan 45 GW pada 2050, dengan Provinsi Bali menargetkan 108 MW pada 2025. Namun, peran energi terbarukan di Bali masih terbatas, hanya menyumbang 1% dari total kapasitas listrik, dengan berbagai komposisi, termasuk tenaga surya, tenaga angin, mikrohidro, dan tenaga limbah. Meskipun terdapat beberapa PLTS di Bali, seperti PLTS Kayubih dan PLTS Yeh Mampeh, masih terdapat tantangan dalam mendiversifikasi energi terbarukan. Salah satu solusi yang menonjol adalah PLTS *rooftop*, yang memiliki keuntungan termasuk minim lahan dan terintegrasi dengan atap bangunan. Analisis teknis dan ekonomis perencanaan PLTS *rooftop* sangat penting, terutama dalam skenario *on-grid* dan *off-grid*, untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumah tinggal di Hayam Wuruk Residence memiliki potensi matahari yang baik, dengan produksi energi listrik sekitar 9027 kWh/year melalui simulasi HOMER Pro dan 10.371,161 kWh/year dengan perhitungan manual, serta *Performance Ratio* sebesar 99%. Dua konfigurasi PLTS dijelaskan, yaitu sistem *on-grid* dan *off-grid*. Namun, sistem *off-grid* tidak layak dilaksanakan karena keterbatasan luas area atap, sehingga analisis hanya dilakukan untuk sistem *on-grid*.

Analisis ekonomi dari kedua konfigurasi dilakukan menggunakan metode manual dan HOMER Pro. Sistem PLTS *on-grid* memiliki biaya investasi awal dan biaya operasi yang menghasilkan *Life Cycle Cost* sekitar Rp. 91.474.002, serta *Net Present Value* sekitar Rp. 17.338.451, *Internal Rate of Return* 65,76%, *Profitability Index* 1,90, dan *Gross B/C* 1,90. Simulasi HOMER Pro menghasilkan biaya total keseluruhan sistem PLTS *on-grid* sekitar Rp. 165.939.224,36 dengan *Return on Investment* sekitar 14,3% dan *Internal Rate of Return* sekitar 18,4%.

Kesimpulannya, perancangan PLTS *rooftop* pada rumah tinggal di Hayam Wuruk Residence, Denpasar, berdasarkan analisis teknis dan ekonomis, terutama dalam konfigurasi *on-grid*, dianggap layak dan berpotensi memberikan keuntungan ekonomi serta sumbangsih untuk keberlanjutan energi dan lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi pengambil keputusan, pengembang perumahan, dan masyarakat dalam menerapkan teknologi energi surya di tingkat rumah tangga.

Kata Kunci: PLTS, Energi Terbarukan, Analisis Teknis dan Ekonomis, Sistem *On-grid* dan *Off-grid* HOMER Pro

ABSTRACT

The National Energy General Plan (RUEN) designates solar power plants as a vital renewable energy source for Indonesia's energy development. Indonesia has a national solar PV capacity target of 6.5 GW by 2025 and 45 GW by 2050, with Bali Province targeting 108 MW by 2025. However, the role of renewable energy in Bali is still limited, accounting for only 1% of total electricity capacity, with a variety of compositions, including solar power, wind power, microhydro, and waste power. Although there are several solar power plants in Bali, such as Kayubihi solar power plant and Yeh Mampeh solar power plant, there are still challenges in diversifying renewable energy. One prominent solution is rooftop solar power, which has advantages including minimal land area and integration with building roofs. Technical and economic analysis of rooftop solar PV planning is essential, especially in on-grid and off-grid scenarios, to optimize the use of renewable energy.

The results show that the residential house in Hayam Wuruk Residence has good solar potential, with electrical energy production of about 9027 kWh/year through HOMER Pro simulation and 10,371.161 kWh/year by manual calculation, and a Performance Ratio of 99%. Two PLTS configurations are described, namely on-grid and off-grid systems. However, the off-grid system is not feasible due to the limited roof area, so the analysis is only conducted for the on-grid system.

The economic analysis of both configurations was conducted using manual methods and HOMER Pro. The on-grid solar PV system has initial investment costs and operating costs that result in a Life Cycle Cost of around Rp. 91,474,002, as well as a Net Present Value of around Rp. 17,338,451, an Internal Rate of Return of 65.76%, a Profitability Index of 1.90, and a Gross B/C of 1.90. HOMER Pro simulation results in the total cost of the entire on-grid PLTS system of around Rp. 165,939,224.36 with a Return on Investment of around 14.3% and an Internal Rate of Return of around 18.4%.

In conclusion, the design of rooftop solar power plants in residential houses at Hayam Wuruk Residence, Denpasar, based on technical and economic analysis, especially in an on-grid configuration, is considered feasible and has the potential to provide economic benefits and contributions to energy and environmental sustainability. This research is expected to provide practical guidance for decision makers, housing developers, and communities in implementing solar energy technology at the household level.

Keywords: *Solar Power Plant, Renewable Energy, Technical and Economic Analysis, HOMER Pro On-grid and Off-grid Systems*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan kesempatan yang telah dilimpahkan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Adapun judul skripsi yang penulis ajukan adalah **“ANALISIS TEKNIS & EKONOMIS PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ROOFTOP RUMAH TINGGAL DI HAYAM WURUK RESIDENCE – DENPASAR MENGGUNAKAN HOMER PRO”**. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Skripsi di Prodi D4 Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali.

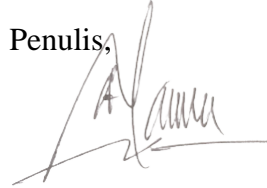
Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penulisan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulisan menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, MT. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali
3. Bapak Ida Bagus Irawan Purnama, ST., M.Sc., Ph.D selaku ketua Program Studi Teknik Otomasi Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak Ir. Ida Bagus Ketut Sugirianta, MT., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, bimbingan, dan motivasi yang membangun kepada penulis hingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Gede Yasada, ST. M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, bimbingan, dan motivasi yang membangun kepada penulis hingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang tak ternilai selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
6. Kepada keluarga yang sangat penulis cintai dan hormati yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, doa, nasehat, dan motivasi hingga sampai pada detik ini penulis tetap kuat dan bersemangat dalam menyelesaikan studi.
7. Rekan-rekan mahasiswa dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, karena itu segala kritik dan saran yang membangun akan menyempurnakan penulisan skripsi ini serta bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bukit Jimbaran, 01 September 2023

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fajar Alam Priambudy', written over a horizontal line.

Fajar Alam Priambudy

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GRAFIK.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	9
2.2.2. Prospek PLTS di Bali Tahun 2050	10
2.2.3. Panel Surya	11
2.2.4. Konfigurasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	14
2.2.5. Jenis – Jenis Sel Surya	16
2.2.6. <i>Array</i> Modul Surya	17
2.2.7. Faktor-Faktor Pengaruh Efisiensi dan <i>Output</i> Panel Surya.....	20
2.2.8. Orientasi Modul Panel Surya	21
2.2.9. <i>Solar Charge Controller</i> (SCC).....	22
2.2.10. <i>Inverter</i>	23
2.2.11. Baterai	25
2.2.12. Kabel Penghantar	28
2.2.13. <i>Circuit Breaker</i>	33

2.2.14. SPD (<i>Surge Protector Device</i>)	35
2.2.15. <i>Combiner Box</i>	35
2.2.16. <i>Performance Ratio</i>	36
2.2.17. Metode Pemasangan Panel Surya	37
2.2.18. Beban Listrik	39
2.2.19. Peraturan terkait PLTS	40
2.2.20. HOMER Pro	42
2.2.21. Metode <i>Life Cycle Cost</i> (LCC).....	44
2.2.22. <i>Levelized Cost of Energy</i> (LCoE).....	44
2.2.23. <i>Payback Period</i> (PP).....	45
2.2.24. <i>Net Present Value</i> (NPV)	46
2.2.25. <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	47
2.2.26. <i>Profitability Index</i> (PI)	48
2.2.27. <i>Gross Benefit Ratio</i> (Gross B/C).....	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1. Waktu Penelitian.....	49
3.2. Lokasi Penelitian.....	49
3.3. Diagram Alir Penelitian	51
3.4. Metode Penelitian	53
3.5. Rancangan Sistem PLTS	53
3.6. Analisis Teknis & Ekonomi.....	55
3.7. Penentuan Sistem PLTS dan Penghematan yang Didapat.....	55
3.8. Kesimpulan dan Saran	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Data Beban Harian.....	56
4.2 Konsumsi Energi.....	57
4.3 Data Radiasi Matahari & Temperatur.....	58
4.4 Luas Atap.....	59
4.4 Pemilihan Panel Surya	62
4.2 Analisis Teknis (PLTS <i>Off-Grid</i>)	63
4.2.1. Menentukan <i>PV Area</i>	63
4.3 Analisis Teknis (PLTS <i>On-Grid</i>).....	64
4.3.1. Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi dan <i>Output</i> Panel Surya.....	64
4.3.2. <i>Losses</i> Faktor Peningkatan Suhu yang Dihasilkan	65
4.3.3. Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya dan Sudut Atap.....	65

4.3.4. Nilai Degradasi dan Penurunan Performa PLTS Per-Tahun	67
4.3.5. Penentuan Kapasitas PLTS yang akan Dipasang	67
4.3.6. Pemilihan <i>Inverter</i>	68
4.3.7. Jumlah Modul Surya	69
4.3.8. Menentukan Rangkaian Panel Surya	70
4.3.9. Sistem Proteksi	71
4.3.10. Pemilihan Kabel	72
4.4 Desain Perancangan (PLTS <i>On-Grid</i>)	74
4.5 <i>Performance Ratio</i>	77
4.6 Analisa Ekonomi	78
4.6.1. Estimasi Biaya Investasi	78
4.6.2. Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan	79
4.6.3. <i>Life Cycle Cost (LCC)</i>	79
4.6.4. <i>Cost of Energy</i>	80
4.6.5. Kelayakan Investasi	81
4.6.6. <i>Payback Period</i>	81
4.6.7. <i>Net Present Value</i>	81
4.6.8. <i>Internal Rate of Return</i>	82
4.6.9. <i>Profitability Index</i>	84
4.6.10. <i>Gross Benefit Ratio (Gross B/C)</i>	85
4.7 Simulasi dan Optimasi Dengan <i>Software HOMER Pro</i>	86
4.7.1. Tampilan Utama HOMER Pro	86
4.7.2. Menetapkan Parameter Kebutuhan Beban	88
4.7.3. Menetapkan Parameter <i>Grid</i> (Jaringan Listrik)	89
4.7.4. Menetapkan Parameter Radiasi Matahari dan Suhu	90
4.7.5. Menetapkan Spesifikasi Panel Surya	91
4.7.6. Menetapkan Spesifikasi <i>Inverter</i>	93
4.7.7. Hasil Simulasi Homer Pro	94
BAB V PENUTUP	105
5.1. Kesimpulan	105
5.2. Saran	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Modul Panel Surya	12
Gambar 2.2	Skema Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	14
Gambar 2.3	Skema Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	15
Gambar 2.4	Skema Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	15
Gambar 2.5	Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	16
Gambar 2.6	Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	16
Gambar 2.7	Panel Surya dengan Teknologi <i>Thin Film</i>	17
Gambar 2.8	Rangkaian Panel Surya	19
Gambar 2.9	SCC <i>Pulse Wide Modulation</i>	23
Gambar 2.10	SCC <i>Maximum Power Point Tracker</i>	23
Gambar 2.11	Baterai	26
Gambar 2.12	MCB AC dan MCB DC	34
Gambar 2.13	SPD AC dan SPD DC	35
Gambar 2.14	<i>Combiner Box</i>	36
Gambar 2.15	Metode Pemasangan <i>Ballast</i>	37
Gambar 2.16	Metode Pemasangan <i>Ground Mounted</i>	38
Gambar 2.17	Metode Pemasangan <i>Rooftop Rack</i>	38
Gambar 2.18	Metode Pemasangan <i>Floating</i>	39
Gambar 2.19	Arah Arsitektur Simulasi dan Optimasi HOMER	44
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	50
Gambar 3.2	Rumah Tinggal di Hayam Wuruk <i>Residence</i> – Denpasar	50
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	51
Gambar 3.4	Blok Sistem PLTS <i>off-grid</i>	53
Gambar 3.5	Blok Sistem PLTS <i>on-grid</i>	54
Gambar 4.1	Penggunaan Energi Listrik di Rumah Tinggal	57
Gambar 4.2	Kemiringan Atap Rumah Tinggal	60
Gambar 4.3	Denah Atap di Rumah Tinggal	60
Gambar 4.4	Luas Area yang Bisa Digunakan untuk Memasang Panel Surya	61
Gambar 4.5	Longi Solar LR4-72HPH 535M	62
Gambar 4.6	Growatt New Energy, MIN 4200TL-X	69
Gambar 4.7	Konfigurasi Seri-Paralel Modul Panel Surya	71
Gambar 4.8	<i>Schematic Diagram</i> PLTS Sistem <i>On-Grid</i>	74
Gambar 4.9	Instalasi Panel Surya di Lantai Dasar	74
Gambar 4.10	Instalasi Panel Surya di Lantai Dasar Atas	75
Gambar 4.11	Instalasi Panel Surya di Lantai Atas	75
Gambar 4.12	Instalasi Panel Surya di Atap	76
Gambar 4.13	Detail Pemasangan Panel Surya Atap	76
Gambar 4.14	Detail Material Untuk Pemasangan Panel Surya Atap	77
Gambar 4.15	<i>Main Interface</i> HOMER Pro	87
Gambar 4.16	Pengaturan Parameter Kebutuhan Beban	88
Gambar 4.17	Pengaturan <i>Grid</i> (Jaringan Listrik)	89
Gambar 4.18	Halaman Spesifikasi Panel Surya	92
Gambar 4.19	Halaman Advanced Panel Surya Terhadap Suhu Udara	92
Gambar 4.20	Halaman Spesifikasi <i>Inverter</i> Growat MIN 4200TL-X	93
Gambar 4.21	Simulasi Skematik HOMER Pro	94

Gambar 4.22 Proses Simulasi dan Optimasi HOMER Pro	95
Gambar 4.23 Halaman Utama Hasil Simulasi dan Optimasi HOMER Pro	96
Gambar 4.24 Halaman Detail Simulasi dan Optimasi HOMER Pro (Sistem <i>On-Grid</i>)	97
Gambar 4.25 Kurva Produksi PV Selama Satu Tahun.....	101
Gambar 4.26 Kurva Operasional <i>Inverter On-Grid</i> Selama Satu Tahun	103

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian dan <i>Milestone</i>	49
Tabel 4.1 Pemakaian Beban Listrik Harian di Rumah Tinggal	56
Tabel 4.2 Data Meteorologi	59
Tabel 4.3 Spesifikasi Longi Solar LR4-72HPH 535M	62
Tabel 4.4 Total <i>Losses</i> yang Mempengaruhi Daya <i>Output</i> PLTS	68
Tabel 4.5 Spesifikasi <i>Inverter</i> Growatt New Energy, MIN 4200TL-X	69
Tabel 4.6 Estimasi Biaya PLTS <i>Rooftop</i> sistem <i>On-Grid</i> di Rumah Tinggal Hayam Wuruk – <i>Residence</i> Denpasar	78
Tabel 4.7 Biaya Penggantian <i>Inverter</i>	80
Tabel 4.8 Perhitungan <i>Net Present Value</i>	82
Tabel 4.9 Nilai NPV Positif dan NPV Negatif	83
Tabel 4.10 Pengaturan Beban Per Jam	88
Tabel 4.11 Hasil Simulasi Halaman <i>Summary</i> HOMER Pro	96
Tabel 4.12 Total <i>Net Present Cost</i>	98
Tabel 4.13 Hasil Simulasi di Halaman <i>Compare Economics</i> Sistem <i>On-Grid</i>	99
Tabel 4.14 Produksi Energi Listrik per Tahun PLTS Sistem <i>On-Grid</i>	99
Tabel 4.15 Konsumsi Beban Energi Listrik per Tahun PLTS Sistem <i>On-Grid</i>	100
Tabel 4.16 Performa Panel Surya	100
Tabel 4.17 Penggunaan Energi Jaringan PLN (Dengan Sistem PLTS)	101
Tabel 4.18 Penggunaan Energi Jaringan PLN (Tanpa Sistem PLTS)	102
Tabel 4.19 Keuntungan Sistem PLTS Per Bulan	102
Tabel 4.20 Hasil Simulasi <i>Inverter</i>	103
Tabel 4.21 Perbandingan Emisi <i>Base Case</i> dan Sistem PLTS	104

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Prospek PLTS di Bali	11
Grafik 2.2 Efisiensi Puncak <i>Inverter</i>	25
Grafik 4.1 <i>Daily Profile</i>	57
Grafik 4.2 Penggunaan Energi Listrik di Rumah Tinggal.....	58
Grafik 4.3 Penurunan Performa Panel Surya Per-Tahun.....	67
Grafik 4.4 <i>Solar GHI Resources</i>	90
Grafik 4.5 <i>Temperature Resources</i>	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Report Software HOMER Pro PLTS Sistem On-Grid</i>	110
Lampiran 2 Peraturan Menteri ESDM No 26 Tahun 2021	120
Lampiran 3 Datasheet LONGI Solar LR4-72HPH 425~535M	122
Lampiran 4 Datasheet <i>Inverter On-Grid</i> Growatt New Energy	123
Lampiran 5 Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (<i>Tariff Adjustment</i>).....	124

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah ditetapkan sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang sudah dan akan dikembangkan. RUEN menetapkan target kapasitas PLTS nasional sebesar 6,5 GW pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 45 GW pada tahun 2050. Target nasional kapasitas PLTS tersebut didistribusikan ke 34 wilayah provinsi di Indonesia dimana Provinsi Bali ditetapkan untuk mencapai kapasitas PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025.

Sampai dengan saat ini, peran pembangkit listrik terbarukan di Provinsi Bali masih sangat kecil. Sekitar 1% dari total kapasitas listrik Bali berasal dari energi terbarukan, yang terdiri dari 2,1 MW tenaga surya, 736 kW tenaga angin, 45 kW mikrohidro, dan 4,174 MW tenaga limbah dan sampah. [1]

Berdasarkan data proyeksi bauran energi pembangkitan tenaga listrik Provinsi Bali, bauran energi yang bersumber dari pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah sebesar 7% di tahun 2020, kemudian meningkat menjadi sebesar 15% di tahun 2025. [2]

Beberapa contoh PLTS yang terdapat di Provinsi Bali yaitu PLTS Kayubih yang terletak di Kabupaten Bangli. Pemasangan sistem *photovoltaic* 1 MWp *grid* terhubung ke desa Kayubih dan terinterkoneksi dalam sistem jaringan 20 kV. Seluruh daya listrik yang dibangkitkan oleh PLTS ini disalurkan ke sistem jaringan penyulang Bangli tanpa adanya baterai untuk menyimpan energi listrik [3]. Berikutnya adalah PLTS 1 MW Karangasem, PLTS Yeh Mampeh yang dibangun dengan luas lahan 3 are dan menghasilkan energi listrik sebesar 15 kWp. [4]

Berdasarkan konfigurasi pembangkit, PLTS di Bali cukup beragam, seperti sistem skala kecil untuk penerangan rumah tangga dalam bentuk *Solar Home System* (SHS), sistem *off-grid* untuk menerangi kelompok masyarakat yang berada di luar jangkauan jaringan PLN, hingga sistem skala besar yang terkoneksi ke jaringan PLN. [5]

Salah satu solusi untuk mengembangkan PLTS di Bali adalah dengan memanfaatkan instalasi PLTS *rooftop*. Keunggulan dari sistem PLTS *rooftop* dibandingkan dengan sistem *ground mount* adalah tidak memerlukan lahan

tambahan, sehingga dapat menghindari konversi lahan yang dapat berdampak negatif. Selain itu, sistem ini dapat tersebar sesuai dengan distribusi populasi dan memiliki kapasitas yang terbatas karena tergantung terhadap luas atap yang tersedia. Hal ini juga sesuai dengan kapasitas jaringan distribusi PLN. Data dari PLN UID Bali menunjukkan peningkatan pemasangan PLTS *rooftop* yang merata di seluruh Bali. Pada pertengahan tahun 2019, terdapat sekitar 49 unit PLTS *rooftop* di Bali dengan total kapasitas sekitar 470 kWp. Pemasangan PLTS *rooftop* tersebar di berbagai wilayah, yakni 36 unit di Bali Selatan, 7 unit di Bali Timur, dan 6 unit di Bali Utara. Data ini menunjukkan peran penting PLTS *rooftop*, khususnya di Bali Selatan, dalam mencapai target kapasitas PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025. [5]

Pemerintah Bali telah mengeluarkan Peraturan Gubernur Nomor 45 Tahun 2019 yang mengatur mengenai Konsep Energi Bersih untuk Bali. Aturan ini mengungkapkan pentingnya pendirian sistem energi yang ramah lingkungan di wilayah tersebut, sesuai dengan cita – cita untuk menjadikan Pulau Bali bersih, lestari, dan indah. Tujuannya adalah untuk memelihara keharmonisan alam serta mewujudkan visi *Nangun Sat Kerthi Loka Bali*. Dalam hal ini, manajemen yang efisien dari sumber energi yang berkelanjutan dianggap sebagai upaya yang akan memberikan manfaat ekonomi, sosial, budaya, dan kesejahteraan bagi penduduk Bali.

Analisis teknis dan ekonomis perencanaan PLTS *rooftop* menjadi penting untuk diteliti. Pembangkit tenaga surya dapat diimplementasikan dalam dua konfigurasi utama, yaitu *on-grid* dan *off-grid*. Dalam konfigurasi *on-grid*, energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat disalurkan ke jaringan listrik umum, sedangkan dalam konfigurasi *off-grid*, energi disimpan dalam baterai untuk digunakan saat diperlukan.

Penggunaan *software* HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*) Pro memberikan pendekatan yang lebih terperinci dalam merencanakan dan menganalisis sistem energi terbarukan. HOMER Pro memungkinkan simulasi yang akurat dari berbagai aspek teknis dan ekonomis, termasuk perhitungan produksi energi, kapasitas baterai yang diperlukan, estimasi biaya investasi awal, serta pengembalian investasi dari sistem PLTS.

Penelitian ini akan membahas analisis teknis dan ekonomis perencanaan PLTS *rooftop* dengan fokus untuk dua konfigurasi, yaitu PLTS *on-grid* dan *off-*

grid, yang diimplementasikan di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence*, Denpasar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitas, efisiensi, dan kelayakan ekonomis dari kedua konfigurasi PLTS ini dalam lingkungan perumahan tersebut. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi pengambil keputusan, pengembang perumahan, dan masyarakat umum tentang penerapan teknologi energi surya.

Dengan demikian, analisis teknis dan ekonomis perencanaan pembangkit tenaga surya di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence*, Denpasar, menggunakan perangkat lunak HOMER Pro memiliki relevansi yang tinggi untuk mengatasi tantangan keberlanjutan energi dan mendorong adopsi teknologi energi surya di tingkat rumah tangga.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah perencanaan teknis dan analisis ekonomis PLTS *rooftop* sistem *on-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar menggunakan HOMER Pro?
- b. Bagaimanakah perencanaan teknis dan analisis ekonomis PLTS *rooftop* sistem *off-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar menggunakan HOMER Pro?
- c. Bagaimanakah perbandingan antara PLTS *rooftop* sistem *on-grid* dengan *off-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar dari faktor teknis dan ekonomis?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui perencanaan teknis dan analisis ekonomis PLTS *rooftop* sistem *on-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar.
- b. Mengetahui perencanaan teknis dan analisis ekonomis PLTS *rooftop* sistem *off-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar.
- c. Mengetahui perbandingan antara PLTS *rooftop* sistem *on-grid* dengan *off-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar dari sisi teknis dan ekonomis.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Mengusulkan rekomendasi hasil perencanaan teknis dan ekonomis PLTS sistem *on-grid* dan *off-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk Residence – Denpasar.
- b. Dapat digunakan sebagai acuan dalam pembangunan PLTS di rumah tinggal Hayam Wuruk Residence – Denpasar.
- c. Meningkatkan Energi Baru & Terbarukan sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.
- d. Meningkatkan peran penting PLTS bagi masyarakat.

1.5. Batasan Masalah

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian akan tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sistem PLTS yang dirancang hanya difokuskan di rumah tinggal Hayam Wuruk Residence – Denpasar.
- b. Perencanaan PLTS yang dilakukan dibatasi perhitungan manual untuk faktor teknisnya dan dilakukan simulasi dan optimasi menggunakan *software Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources* (HOMER Pro) untuk faktor ekonomisnya.
- c. Sistem PLTS yang direncanakan merupakan sistem PLTS sistem *on-grid* dan *off-grid*.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini dibuat dengan sistematika guna memudahkan pembaca dalam memahami persoalan dan pembahasan dari skripsi ini. Berikut ini sistematika penulisan penelitian.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini diuraikan mengenai latar belakang permasalahan yang diangkat dan penjelasan masalah secara umum, perumusan masalah, tujuan dari pembuatan penelitian ini, manfaat dari pembuatan penelitian ini, batasan masalah yang dibuat serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas mengenai teori-teori pendukung yang berhubungan dalam pembuatan skripsi ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai tentang objek penelitian, variabel, metode yang digunakan dalam pembuatan penelitian ini, metode pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil penelitian dan pembahasan dari data yang telah diperoleh

BAB V PENUTUP

Bab ini memaparkan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian. Kesimpulan akan didasarkan dengan analisis yang telah dilakukan, sementara saran – saran akan diajukan untuk mengarahkan perkembangan penelitian selanjutnya.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, simulasi, dan optimasi perancangan sistem PLTS *Rooftop* di Rumah Tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar menggunakan HOMER Pro, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Rumah Tinggal di Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar memiliki potensi dalam perancangan sistem PLTS, karena memiliki tingkat radiasi matahari per tahun yang cukup baik, yaitu 5,34 kWh/m²/day. Dapat dilihat dalam hasil penelitian, produksi energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya per tahunnya memiliki potensi yang cukup baik, yaitu sebesar 9027 kWh/year menggunakan simulasi HOMER Pro dan 10.371,161 kWh/year dengan perhitungan manual dan memiliki *Performance Ratio* sebesar 99%
2. Sistem PLTS yang dirancang di rumah tinggal di Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar menggunakan 2 sistem yaitu *on-grid* dan *off-grid*. PLTS sistem *off-grid* membutuhkan luas area sebesar 30,09 m² dan luas area yang tersedia untuk pemasangan PLTS sebesar 27,3 m² sehingga perencanaan PLTS sistem *off-grid* tidak bisa dilaksanakan. PLTS sistem *on-grid* membutuhkan luas area sebesar 25,5 m² dengan konfigurasi 1 rangkaian seri modul, serta jumlah modul sebanyak 10 modul
3. Berdasarkan analisis ekonomi dengan perhitungan manual, PLTS dengan sistem *on-grid* mendapat hasil LCC (*Life Cycle Cost*) sebesar Rp. 91.474.002 yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan serta biaya penggantian inverter dalam periode 25 tahun masa proyek. PLTS dengan sistem *on-grid* mendapat hasil *Net Present Value* Rp. 17.338.451, *Internal Rate of Return* sebesar 65,76%, *Profitability Index* senilai 1,90 dan *Gross B/C* senilai 1,90. *Payback Period* dicapai dalam periode 13 tahun 1 bulan. Sisa masa proyek yang ada merupakan keuntungan dalam perancangan di Rumah Tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar. Berdasarkan hasil perhitungan manual, perencanaan PLTS sistem *on-grid* di rumah tinggal Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar dikategorikan layak (*feasible*).
4. Berdasarkan simulasi dengan *software* HOMER Pro, perencanaan PLTS sistem *on-grid* dikategorikan layak (*feasible*). Biaya total keseluruhan sistem PLTS *on-grid* selama masa proyek (NPC) yaitu sebesar Rp.165.939.224,36 yang terdiri dari

10 modul surya, *inverter*, dan biaya O&M dalam periode 25 tahun masa proyek. Untuk faktor ekonominya, sistem yang dirancang memperoleh persentase *Return on Investment (%)* dengan nilai 14,3 dan persentase *Internal Rate of Return (%)* dengan nilai 18,4. Titik *Break Even Point* dicapai dalam periode 5,14 tahun. Sisa masa proyek yang ada merupakan keuntungan dalam perancangan di rumah tinggal di Hayam Wuruk *Residence* – Denpasar.

5.2. Saran

Penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, untuk pengembangan penelitian ini di masa mendatang dapat melakukan:

1. Sebaiknya dalam pemanfaatan *software* HOMER Pro, lebih diperhatikan pengisian data dan pengisian nilai harga pengadaan, nilai penggantian, nilai operasi & perawatan dan kuantitas yang lebih akurat dan terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. R. Arimbawa, I. N. S. Kumara, dan R. S. Hartati, “STUDI PEMANFAATAN CATU DAYA HIBRIDA PLTS 3,7 KWP DAN PLN PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DESA PEMECUTAN KAJA DENPASAR BALI,” *Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 2, 2016.
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, “Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019 - 2038,” 2019.
- [3] I. N. S. Kumara, W. G. Ariastina, I. W. Sukerayasa, dan I. A. D. Giriantari, “1 MWp grid connected PV systems in the village of Kayubihi Bali; Review on location’s characteristics and its technical specifications,” dalam *2013 International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 2013, hlm. 306–311. doi: 10.1109/ICITEED.2013.6676258.
- [4] I. G. A. Putra, I. A. D. Giriantari, dan I. N. S. Kumara, “Studi Sistem Pengelolaan PLTS 15 kW Stand Alone Dengan Metode Kano Di Dusun Yeh Mampoh Kabupaten Bangli,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 14, hlm. 11–15, Agu 2015.
- [5] C. UDAYANA dan S. Kumara, “Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap Menuju Bali Mandiri Energi.” Agustus 2020. doi: 10.31219/osf.io/83yxv.
- [6] V. M. J Mamangkey, G. M. Ch Mangindaan, dan L. S. Patras, “POTENSI PENGEMBANGAN PLTS DI LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SAM RATULANGI,” 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.aurorasolarenergy.com>
- [7] F. Hidayat, B. Winardi, dan A. Nugroho, “ANALISIS EKONOMI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO,” 2018.
- [8] B. Winardi, A. Nugroho, dan E. Dolphina, “Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri,” *Jurnal Tekno*, vol. 16, hlm. 1–11, Agu 2019, doi: 10.33557/jtekn.v16i1.603.
- [9] N. Latupono, J. Rikumahu, dan L. Parera, “PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ON-GRID DI ATAP GEDUNG JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI AMBON,” *Jurnal ELKO (Elektrikal dan Komputer)*, vol. 2, Agu 2023, doi: 10.54463/je.v2i2.51.
- [10] M. Zambak, K. Lubis, dan A. Faisal, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Laboratorium Teknik UMSU Menggunakan Simulasi PVsyst,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 14, hlm. 72, Agu 2023, doi: 10.22441/jte.2023.v14i2.003.
- [11] J. Napitupulu *dkk.*, “STUDY PERENCANAAN PLTS SISTEM OFF GRID SKALA KECIL RUMAH TANGGA,” 2023.
- [12] A. A. G. A. Pawitra Putra, I. N. S. Kumara, dan W. G. Ariastina, “Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun

- 2025,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, hlm. 181, Des 2020, doi: 10.24843/mite.2020.v19i02.p09.
- [13] M. Sc. ing. Bagus Ramadhani, “Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Do’s & Don’ts,” 2018.
- [14] A. Wasri Hasanah, T. Koerniawan, T. Elektro, dan S. Tinggi Teknik -PLN, “KAJIAN KUALITAS DAYA LISTRIK PLTS SISTEM OFF-GRID DI STT-PLN,” *JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [15] U. Islam dan S. Agung, “PLANNING ANALYSIS OF ROOF SOLAR POWER PLANT WITH HYBRID SYSTEM AT PT EAST COLONY,” 2021.
- [16] B. Hari Purwoto, E. Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, M. F. Alimul, dan I. Fahmi Huda, “EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF,” 2018.
- [17] I. G. N. Janardana dan I. W. Arta Wijaya, “PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI CATU DAYA LISTRIK PADA KELOMPOK USAHA PERTANIAN,” 2021.
- [18] M. Fitra Alayubby, “ANALISA PENGARUH EFEK INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP PANEL SURYA OFF GRID TYPE MONOCRYSTALLINE BERBASIS PULSE WIDTH MODULATION,” 2022.
- [19] S. Yuliananda, G. Sarya, dan R. Retno Hastijanti, “PENGARUH PERUBAHAN INTENSITAS MATAHARI TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SURYA,” 2015.
- [20] S. Silaban dan P. Sitompul, “SINERGIPolmed: JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 450 WATT,” 2023. [Daring]. Tersedia pada: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- [21] Z. Salam dan A. A. Rahman, “Efficiency for photovoltaic inverter: A technological review,” dalam *2014 IEEE Conference on Energy Conversion, CENCON 2014*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Nov 2014, hlm. 175–180. doi: 10.1109/CENCON.2014.6967497.
- [22] A. Setyawan dan A. Ulinuha, “PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID UNTUK SUPPLY CHARGE STATION,” *Transmisi*, vol. 24, no. 1, hlm. 23–28, Feb 2022, doi: 10.14710/transmisi.24.1.23-28.
- [23] D. Oleh, B. Hendratno, dan D. R. A. Cholilurrahman, “PERENCANAAN DAN PEMASANGAN INSTALASI LISTRIK BANGUNAN RUMAH TINGGAL BERTINGKAT DI GRAHA FAMILY BLOK I NOMOR 33 SURABAYA.”
- [24] P. Studi dan T. Elektro, “INSTALASI LISTRIK PADA GEDUNG BERTINGKAT.”
- [25] P. Pramana, K. G. H. Mangunkusumo, H. B. Tambunan, dan D. R. Jintaka, “Revitalisasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Sistem Microgrid Pulau Tomia,” *Jurnal Technopreneur (JTech)*, vol. 9, no. 1, hlm. 28–37, 2021.

- [26] A. B. C. Dien, V. C. Poekoel, dan M. Pakiding, “Redesain Instalasi Listrik Dikantor Pusat Universitas Sam Ratulangi,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 3, hlm. 303–314, 2018.
- [27] E. A. Karuniawan *dkk.*, “ANALISIS POTENSI DAYA LISTRIK PLTS ATAP DI GEDUNG DIREKTORAT POLITEKNIK NEGERI SEMARANG DENGAN PERANGKAT LUNAK PVSYSY,” 2023.
- [28] S. A. Fardhan, “STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DENGAN BATERAI DAN TERHUBUNG GRID DI NIAS, SUMATERA UTARA,” 2022.
- [29] J. Mangapul Tambunan, “ANALISIS PENGARUH JENIS BEBAN LISTRIK TERHADAP KINERJA PEMUTUS DAYA LISTRIK DI GEDUNG CYBER JAKARTA,” 2015.
- [30] A. Starlen Arota *dkk.*, “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hibrida (Energi Angin Dan Matahari) Menggunakan Hybrid Optimization Model For Electric Renewables (HOMER),” 2013.
- [31] Arief Rian Danu, “ANALISA KEEKONOMIAN TARIF LISTRIK UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA FTI UII 5 kWp DENGAN METODE LIFE CYCLE COST (LCC),” 2020.