

SKRIPSI

**PERENCANAAN PLTS *ROOFTOP* SISTEM *HYBRID*  
DI BANGUNAN USAHA *FURNITURE* DI DESA  
PESANGKAN, KARANGASEM, BALI  
MENGUNAKAN *SOFTWARE* HOMER DAN  
SUNNY DESIGN**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

**I Gede Wahyu Widya Pratama**

NIM. 2315374008

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2024**

**LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI**

**PERENCANAAN PLTS *ROOFTOP* SISTEM *HYBRID* DI  
BANGUNAN USAHA *FURNITURE* DI DESA PESANGKAN,  
KARANGASEM, BALI MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE HOMER* DAN *SUNNY DESIGN***

*Oleh :*

**I Gede Wahyu Widya Pratama**

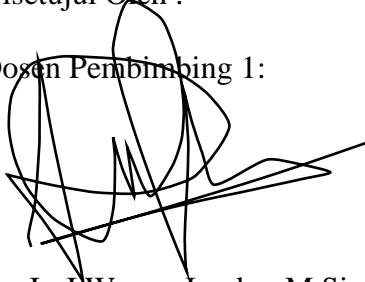
NIM. 2315374008

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, ..... 2024

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:



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

Dosen Pembimbing 2:



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

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

# PERENCANAAN PLTS *ROOFTOP* SISTEM *HYBRID* DI BANGUNAN USAHA *FURNITURE* DI DESA PESANGKAN, KARANGASEM, BALI MENGGUNAKAN *SOFTWARE HOMER* DAN *SUNNY DESIGN*

Oleh :

**I Gede Wahyu Widya Pratama**

NIM. 2315374008

Skripsi ini sudah melalui Ujian Skripsi pada tanggal 29 Agustus 2024,  
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi  
di

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

Bukit Jimbaran, 13/9/2024

Disetujui Oleh :

Tim Penguji :

1. Ir. I Ketut Suryawan, M.T.  
NIP. 196705081994031001

2. I Made Sumerta Yasa, S.T., M.T.  
NIP. 196112271988111001

Dosen Pembimbing :

1. Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si.  
NIP. 197212211999031002

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

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Kadek Amerta Yasa, ST., MT.  
NIP. 196809121995121001



## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

**“Perencanaan PLTS *Rooftop* Sistem *Hybrid* Di Bangunan Usaha *Furniture* Di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali Menggunakan *Software* Homer Dan Sunny Design”**

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, *12 September 2024*

Yang menyatakan



I Gede Wahyu Widya Pratama

NIM. 2315374008

## ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik. Namun, terdapat beberapa tantangan dalam penerapannya, seperti ketergantungan pada kondisi cuaca dan meningkatnya kebutuhan energi. Untuk mengatasi tantangan ini, penelitian ini merencanakan menggunakan sistem *hybrid* pada perancangan PLTS ini, yang menggabungkan PLTS dengan baterai dan jaringan PLN. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem PLTS *rooftop hybrid* untuk sebuah bangunan usaha *furniture* yang terletak di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali. Dalam rancangan sistem ini, terdapat 31 unit panel surya dengan luas total 56,47 m<sup>2</sup> yang dipasang secara seri untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Inverter berkapasitas 12 kW, yang dilengkapi dengan *Solar Charge Controller (SCC)*, digunakan untuk mengonversi energi DC dari panel surya menjadi energi AC yang dapat dimanfaatkan. Sistem ini juga dilengkapi dengan 6 unit baterai tipe *Flooded/Advanced Lead Acid Battery* sebagai penyimpan energi cadangan. Penelitian ini menggunakan simulasi dengan *Software HOMER* dan *Sunny Design* untuk proses analisisnya. Simulasi teknis menunjukkan bahwa sistem ini dapat menghasilkan 21.003 kWh energi per tahun, di mana 21.1% dari energi tersebut digunakan untuk konsumsi pribadi. Kinerja sistem diukur dengan *performance ratio*, yang dalam simulasi ini adalah 81.7%, sementara perhitungan *performance ratio* yang dilakukan mencapai 97%. Analisis ekonomi dari simulasi menunjukkan total investasi sekitar Rp 289.556.917. Dengan tarif penjualan listrik Rp1.124/kWh, sistem PLTS *rooftop hybrid* ini dianggap layak secara teknis dan ekonomis. Investasi untuk rancangan ini berkisar antara 222 juta hingga 289 juta rupiah dengan periode pengembalian investasi sekitar 10 tahun 4 bulan.

**Kata Kunci :** PLTS, Energi Terbarukan, Sistem Hybrid, Sunny Design, HOMER

## **ABSTRACT**

*Solar Power Plants (PLTS) are a renewable energy source that utilizes solar energy to produce electricity. However, there are several challenges in its implementation, such as dependence on weather conditions and increasing energy requirements. To overcome this challenge, this research plans to use a hybrid system in the design of this PLTS, which combines PLTS with batteries and the PLN network. This research focuses on designing a hybrid rooftop PLTS system for a furniture business building located in Pesangkan Village, Karangasem, Bali. In this system design, there are 31 solar panel units with a total area of 56,47 m<sup>2</sup> which are installed in series to convert sunlight into electrical energy. An 12 kW capacity inverter, equipped with a Solar Charge Controller (SCC), is used to convert DC energy from solar panels into AC energy that can be utilized. This system is also equipped with 6 Flooded/Advanced Lead Acid Battery type batteries as backup energy storage. This research uses simulation with HOMER and Sunny Design software for the analysis process. Technical simulations show that this system can produce 21.003 kWh of energy per year, of which 21.1% of the energy is used for personal consumption. System performance is measured by the performance ratio, which in this simulation is 80.6%, while the performance ratio calculation carried out reaches 97%. Economic analysis from the simulation shows the total investment is around IDR 289.556.917. With an electricity sales rate of IDR 1.124/kWh, this hybrid rooftop PLTS system is considered technically and economically feasible. Investment for this design ranges from 222 million to 289 million rupiah with an investment payback period of around 10 years 4 months.*

**Keywords : PLTS, Renewable Energy, Hybrid Systems, Sunny Design, HOMER**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Perencanaan PLTS Rooftop Sistem Hybrid Di Bangunan Usaha Furniture Di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali Menggunakan Software Homer Dan Sunny Design**” tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Program Pendidikan Diploma-IV bagi para Mahasiswa dari Program Studi D-IV Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

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

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom. selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastutui Santiary, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Otomasi di Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak Dr. Ir. I Wayan Jondra, M.Si. selaku dosen Pembimbing utama dalam Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi.
5. Bapak Gede Yasada, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing kedua dalam penyusunan skripsi yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam Skripsi.
6. Bapak Chandra Utama, selaku pemilik bangunan usaha furniture yang telah memberikan izin untuk menjadikan bangunan usahanya sebagai objek serta memberikan pengetahuan dan data-data yang diperlukan.
7. Orang tua, keluarga dan teman dekat yang telah banyak memberikan dukungan motivasi maupun moral. Dan kepada pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Jimbaran, 20 Agustus 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	5
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	6
2.2.2 Perkembangan PLTS Di Provinsi Bali.....	7
2.2.3 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	8
2.2.4 Panel Surya .....	11
2.2.4.1. Jenis – Jenis Panel Surya .....	12
2.2.4.2. Degradasi Panel Surya.....	14

2.2.4.3. Metode Pemasangan Panel Surya.....	15
2.2.4.4. Array Modul Surya .....	17
2.2.4.5. Faktor-Faktor Pengaruh Efisiensi dan Output Panel Surya.....	18
2.2.4.6. Orientasi Modul Panel Surya.....	20
2.2.5 Solar <i>Charge Controller</i> (SCC).....	21
2.2.6 Inverter .....	23
2.2.7 Baterai .....	27
2.2.8 <i>Combiner Box</i> .....	29
2.2.9 Kabel Penghantar .....	29
2.2.9.1 Jenis – Jenis Penghantar .....	30
2.2.10 Circuit Braker.....	32
2.2.10.1 Fungsi Utama :.....	32
2.2.10.2 Jenis Circuit Breaker : .....	33
2.2.10.3 Kapasitas Pemutusan :.....	33
2.2.11 SPD (Surge Protector Device).....	34
2.2.12 Daya Listrik.....	35
2.2.13 Beban Listrik.....	36
2.2.14 Peraturan Terkait PLTS .....	37
2.2.14.1 Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2024 .....	37
2.2.14.2 Surat Edaran Gubernur Bali Nomor 5 Tahun 2022 .....	37
2.2.14.3 Izin Operasi.....	37
2.2.14.4 Sertifikat Laik Operasi (SLO) .....	38
2.2.14.5 Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Sendiri (IUPTLS).....	38
2.2.15 HOMER .....	38
2.2.16 Sunny Design .....	39

2.2.17 Aspek Teknis .....	40
2.2.18 Operasional, Pemeliharaan dan Perbaikan PTS Hybrid.....	41
2.2.19 Aspek Ekonomi .....	42
2.2.19.1 Biaya Energi ( <i>Cost of Energy</i> ).....	42
2.2.19.2 <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	42
2.2.19.3 <i>Profitability Index</i> (PI).....	43
2.2.19.4 <i>Gross Benefit Rasio</i> ( <i>Gross B/C</i> ).....	43
2.2.19.5 Biaya Siklus Hidup ( <i>Life Cycle Cost</i> ).....	44
2.2.19.6 <i>Net Present Value</i> ( <i>NPV</i> ).....	44
2.2.19.7 <i>Payback Period</i> .....	45
2.2.19.8 <i>Faktor Pemulihan Modal</i> ( <i>Capital Recovery</i> ) .....	45
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>47</b>
3.1 Waktu Penelitian .....	47
3.2 Lokasi Penelitian.....	47
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	50
3.4 Metode Penelitian.....	51
3.5 Rancangan Sistem PLTS .....	52
3.6 Analisis Teknis & Ekonomis .....	53
3.7 Penentuan Sistem PLTS dan Penghematan yang Didapat .....	53
3.8 Pengumpulan Data .....	53
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	54
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>55</b>
4.1 Hasil Pengumpulan Data.....	55
4.1.1 Data Beban Harian .....	55
4.1.2 Konsumsi Energi.....	56
4.1.3 Data Radiasi Matahari & Temperatur .....	57

4.1.4 Luasan Atap.....	58
4.2 Analisis Teknis .....	59
4.2.1 Pemilihan Panel Surya .....	59
4.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi dan <i>Output</i> Panel Surya.....	60
4.2.3 Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya dan Sudut Atap .....	62
4.2.4 Nilai Degradasi dan Penurunan Performa PLTS Per-Tahun .....	63
4.2.5 Penentuan Kapasitas PLTS yang akan Dipasang.....	63
4.2.6 Pemilihan <i>Inverter</i> .....	65
4.2.7 <i>Solar Charge Controller</i> (SCC).....	66
4.2.8 Jumlah Modul Surya .....	67
4.2.9 Menentukan Rangkaian Panel Surya .....	67
4.2.10 Menentukan Kapasitas Baterai.....	69
4.2.11 Sistem Proteksi.....	71
4.2.12 Pemilihan Kabel.....	72
4.2.13 Desain Perancangan (PLTS <i>Hybrid</i> ) .....	73
4.2.14 <i>Performance Ratio</i> .....	75
4.2.15 Simulasi Teknis dengan <i>Software Sunny Design</i> .....	76
4.2.16 Hasil Simulasi dengan <i>Software Sunny Design</i> .....	79
4.3 Analisa Ekonomi .....	80
4.3.1 Estimasi Biaya Investasi .....	80
4.3.2 Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan .....	81
4.3.3 <i>Life Cycle Cost</i> (LCC).....	82
4.3.4 <i>Cost of Energy</i> .....	83
4.3.5 Kelayakan Investasi .....	84
4.3.6 <i>Payback Period</i> .....	84
4.3.7 <i>Net Present Value</i> .....	84

4.3.8 <i>Internal Rate of Return</i> .....	86
4.3.9 <i>Profitability Index</i> .....	87
4.3.10 <i>Gross Benefit Ratio (Gross B/C)</i> .....	87
4.3.11 Simulasi Ekonomi dengan <i>Software HOMER</i> .....	89
4.3.12 Hasil Simulasi dengan <i>Software HOMER</i> .....	91
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>93</b>
5.1 Kesimpulan .....	93
5.2 Saran.....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>95</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>99</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> <i>Sistem PLTS On Grid</i> <sup>[16]</sup> .....	9
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Sistem PLTS Off Grid</i> <sup>[17]</sup> .....	10
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Sistem PLTS Hybrid</i> <sup>[17]</sup> .....	11
<b>Gambar 2. 4</b> <i>Sel Surya</i> <sup>[15]</sup> .....	12
<b>Gambar 2. 5</b> <i>Monokristal (Mono-crystalline)</i> <sup>[16]</sup> .....	12
<b>Gambar 2. 6</b> <i>Polikristal (Poly-Crystalline)</i> <sup>[16]</sup> .....	13
<b>Gambar 2. 7</b> <i>Thin Film Photovoltaic</i> <sup>[17]</sup> .....	14
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Metode pemasangan ballast</i> <sup>[17]</sup> .....	15
<b>Gambar 2. 9</b> <i>Metode pemasangan Single Pole</i> <sup>[17]</sup> .....	16
<b>Gambar 2. 10</b> <i>Metode pemasangan Rooftop Rack</i> <sup>[17]</sup> .....	16
<b>Gambar 2. 11</b> <i>Metode pemasangan Floating</i> <sup>[17]</sup> .....	17
<b>Gambar 2. 12</b> <i>Rangkaian Panel Surya</i> <sup>[19]</sup> .....	18
<b>Gambar 2. 13</b> <i>Pulse Wide Modulation</i> <sup>[23]</sup> .....	22
<b>Gambar 2. 14</b> <i>SCC Maximum Power Point Tracker</i> <sup>[23]</sup> .....	22
<b>Gambar 2. 15</b> <i>Grafik Efisiensi Inverter</i> <sup>[24]</sup> .....	25
<b>Gambar 2. 16</b> <i>Grafik Clipping Losses (Energy) Due to Inverter Power</i> <sup>[25]</sup> .....	26
<b>Gambar 2. 17</b> <i>Grafik Measured inverter efficiencies versus output power</i> <sup>[25]</sup> .....	26
<b>Gambar 2. 18</b> <i>Baterai</i> <sup>[26]</sup> .....	27
<b>Gambar 2. 19</b> <i>Combiner Box</i> <sup>[20]</sup> .....	29
<b>Gambar 2. 20</b> <i>MCB AC dan MCB DC</i> <sup>[30]</sup> .....	34
<b>Gambar 2. 21</b> <i>SPD AC dan SPD DC</i> <sup>[20]</sup> .....	35
<b>Gambar 2. 22</b> <i>Arah Arsitektur Simulasi dan Optimasi HOMER</i> .....	39
<b>Gambar 2. 23</b> <i>Tampilan Sunny Design Web</i> .....	40
<b>Gambar 3. 1</b> <i>Lokasi Penelitian</i> .....	48
<b>Gambar 3. 2</b> <i>Bangunan Usaha dari tampak atas</i> .....	49
<b>Gambar 3. 3</b> <i>Bangunan Usaha dari tampak Depan</i> .....	49
<b>Gambar 3. 4</b> <i>Diagram Alir Penelitian</i> .....	50
<b>Gambar 3. 5</b> <i>Blok Sistem PLTS Hybrid</i> .....	52
<b>Gambar 4. 1</b> <i>Grafik Daily Profile</i> .....	56
<b>Gambar 4. 2</b> <i>Penggunaan Energi Listrik di Bangunan Usaha</i> .....	56

<b>Gambar 4. 3</b> <i>Kemiringan Atap Bangunan Usaha</i> .....	58
<b>Gambar 4. 4</b> <i>Denah Atap di Bangunan Usaha</i> .....	59
<b>Gambar 4. 5</b> <i>Longi Solar LR4-60HPH 350M<sup>[38]</sup></i> .....	60
<b>Gambar 4. 6</b> <i>Penurunan Performa Panel Surya Per-Tahun<sup>[38]</sup></i> .....	63
<b>Gambar 4. 7</b> <i>SMA Sunny Tripower 10.0<sup>[39]</sup></i> .....	66
<b>Gambar 4. 8</b> <i>Konfigurasi Seri-Paralel Modul Panel Surya</i> .....	69
<b>Gambar 4. 9</b> <i>Baterai Trojan tipe SSIG 12 255 12V</i> .....	70
<b>Gambar 4. 10</b> <i>Spesifikasi Baterai Trojan tipe SSIG 12 255 12V</i> .....	70
<b>Gambar 4. 11</b> <i>Schematic Diagram PLTS Sistem Hybrid</i> .....	73
<b>Gambar 4. 12</b> <i>Instalasi Panel Surya di Area Bangunan</i> .....	74
<b>Gambar 4. 13</b> <i>Instalasi Panel Surya di Atap</i> .....	74
<b>Gambar 4. 14</b> <i>Detail Pemasangan Panel Surya Atap</i> .....	75
<b>Gambar 4. 15</b> <i>Detail Material Untuk Pemasangan Panel Surya Atap</i> .....	75
<b>Gambar 4. 16</b> <i>Tampilan awal Software Sunny Design</i> .....	77
<b>Gambar 4. 17</b> <i>Pilih menu PV system with self consumption</i> .....	77
<b>Gambar 4. 18</b> <i>Masukan data pada Sunny Design</i> .....	78
<b>Gambar 4. 19</b> <i>Masukan data sistem PLTS</i> .....	78
<b>Gambar 4. 20</b> <i>Hasil Report Energi pada simulasi Sunny Design</i> .....	79
<b>Gambar 4. 21</b> <i>Tampilan awal Software HOMER</i> .....	89
<b>Gambar 4. 22</b> <i>Masukan data pada Software HOMER</i> .....	90
<b>Gambar 4. 23</b> <i>Masukan data konsumsi beban pada Software HOMER</i> .....	90
<b>Gambar 4. 24</b> <i>Skematik sistem perencanaan PLTS sistem Hybrid di Software HOMER</i> .	91
<b>Gambar 4. 25</b> <i>Hasil simulasi menggunakan Software HOMER</i> .....	92

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> <i>Perkembangan PLTS Di Provinsi Bali dari tahun 2017 - 2020</i> <sup>[14]</sup> .....	8
<b>Tabel 2. 2</b> <i>Nomenklatur kabel penghantar</i> <sup>[27]</sup> .....	30
<b>Tabel 2. 3</b> <i>Nomenklatur kabel penghantar lanjutan</i> <sup>[27]</sup> .....	31
<b>Tabel 2. 4</b> <i>Kapasitas Hantar Arus</i> <sup>[29]</sup> .....	31
<b>Tabel 3. 1</b> <i>Jadwal Penelitian</i> .....	47
<b>Tabel 3. 2</b> <i>Data Beban pada Bangunan Usaha</i> .....	54
<b>Tabel 4. 1</b> <i>Pemakaian Beban Listrik Harian di Bangunan Usaha</i> .....	55
<b>Tabel 4. 2</b> <i>Data Meteorologi</i> .....	57
<b>Tabel 4. 3</b> <i>Spesifikasi Longi Solar LR4-60HPH 350M</i> <sup>[38]</sup> .....	60
<b>Tabel 4. 4</b> <i>Total Losses yang Mempengaruhi Daya Output PLTS</i> .....	64
<b>Tabel 4. 5</b> <i>Hasil Perhitungan Radiasi Matahari dan Energy Yield</i> .....	65
<b>Tabel 4. 6</b> <i>Spesifikasi Inverter SMA Sunny Tripower 10.0</i> <sup>[39]</sup> .....	66
<b>Tabel 4. 7</b> <i>Hasil Report Energi pada simulasi Sunny Design</i> .....	79
<b>Tabel 4. 8</b> <i>Estimasi Biaya PLTS Rooftop sistem Hybrid di Bangunan Usaha</i> .....	81
<b>Tabel 4. 9</b> <i>Biaya Penggantian Inverter</i> .....	83
<b>Tabel 4. 10</b> <i>Perhitungan Net Present Value</i> .....	85
<b>Tabel 4. 11</b> <i>Nilai NPV Positif dan NPV Negatif</i> .....	86



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi adalah kebutuhan penting bagi makhluk hidup dalam aktivitas sehari-hari dan dalam upaya mencapai pembangunan yang berkelanjutan. Energi menjadi faktor kunci dalam mencapai pembangunan berkelanjutan ini. Pada awalnya, dunia mengandalkan biomassa seperti kayu untuk memenuhi kebutuhan energinya, namun seiring waktu, beralih ke energi fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam. Visi pengelolaan energi global di masa depan bertujuan untuk mengurangi emisi dengan meningkatkan kapasitas dan efisiensi sumber energi terbarukan (EBT), mengurangi konsumsi energi fosil di berbagai sektor, dan beralih sepenuhnya ke penggunaan energi terbarukan. Proses ini dikenal sebagai transisi energi[1].

Salah satu jenis energi terbarukan adalah energi matahari, yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui panel surya yang terdiri dari sel surya. Proses ini mengandalkan efek fotovoltaik, yang mengubah energi matahari menjadi energi Listrik [2].

Saat ini Provinsi Bali sudah memiliki beberapa instalasi PLTS besar seperti PLTS Karangasem dan PLTS Bangli, yang masing-masing memiliki kapasitas 1 MW [3], begitu pula pada beberapa pemanfaatan dengan skala kecil diantaranya adalah Pemanfaatan PLTS 10 kWp Terpasang Untuk Catu Daya PIPA Air Di Desa Ban Karangasem[4], Perancangan Sistem PIPA Air DC Dengan PLTS 20 kWp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh[5], Analisis PLTS Atap 25 kWp On grid Kantor DPRD Provinsi Bali[6], Analisis Sistem Kelistrikan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 25 kWp Di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Provinsi Bali[7].

Di Kabupaten Karangasem, khususnya di Desa Pesangkan, terdapat potensi yang bagus untuk menerapkan PLTS *Rooftop* Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali. Dengan sistem *Hybrid*, Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali memiliki peluang besar untuk memanfaatkan sumber energi alternatif sebagai pengganti pasokan energi dari PLN. Penelitian ini dilakukan karena pemilik usaha *furniture* ini memiliki permasalahan tentang kebutuhan energi yang meningkat

sehingga pemilik usaha *furniture* ini berkeinginan untuk mengetahui energi terbarukan sebagai energi alternatif. Permasalahan tersebut mengakibatkan pemilik berkeinginan merencanakan pemasangan PLTS *Rooftop* di atas Bangunan Usaha *Furniture*, untuk mencapai keinginan tersebut maka dibutuhkan PLTS Hybrid ini.

Sistem Hybrid merupakan sistem yang menggabungkan dua atau lebih sumber energi menjadi satu kesatuan. Contohnya ialah sumber Listrik dari PLN dengan sumber energi lain (seperti dengan generator diesel, PLTS)[8].

Bagaimana pun, penataan sistem PLTS Setengah Atap bukanlah pekerjaan mudah karena mencakup berbagai aspek teknis dan finansial yang perlu diperhatikan. HOMER dan Sunny Design adalah dua *Software* utama yang digunakan dalam perencanaan ini.

*Software* HOMER digunakan untuk merancang sistem pembangkit listrik hibrida yang mengintegrasikan energi konvensional dan energi terbarukan[9]. Ini memungkinkan untuk melakukan analisis mendalam terhadap komponen-komponen sistem dari perspektif ekonomi, seperti panel surya, baterai, pengontrol, dan *inverter*..

Salah satu produsen panel surya terkemuka menyediakan sebuah *software* Sunny Design untuk membuat simulasi ini dapat membantu memeriksa kinerja panel surya dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti intensitas cahaya matahari dan suhu, untuk memastikan bahwa desain PLTS *Rooftop* dapat menghasilkan energi sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan.

Penelitian ini akan difokuskan pada pengembangan perencanaan sistem PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* untuk Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali. Analisis akan mencakup berbagai aspek, termasuk investasi awal, proyeksi produksi energi surya, ketersediaan sumber daya, serta estimasi biaya operasional dan perawatan selama masa pakai sistem.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimanakah rancangan dan kapasitas kebutuhan PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali?
- b. Apa saja komponen, spesifikasi komponen, efisiensi komponen, umur komponen, degradasi kinerja komponen, serta volume komponen sampai perhitungan umur ekonomis PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali?

- c. Bagaimanakah hasil dari perencanaan menggunakan *software* HOMER & Sunny Design untuk PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali?
- d. Berapakah biaya investasi, pemeliharaan, perbaikan, operasional dan perkiraan biaya yang diperlukan dalam perencanaan PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali?
- e. Berapakah harga energi per-kWh yang dihasilkan oleh PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali?

### 1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah digunakan untuk membatasi cakupan permasalahan yang akan diteliti, dengan tujuan agar penelitian dapat difokuskan pada aspek-aspek yang relevan. Penelitian ini akan terbatas pada tujuan-tujuan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, berikut adalah batasan-batasan yang diterapkan dalam penelitian ini :

- a. Penelitian dilaksanakan di Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- b. Penelitian membahas perihal bagaimana rancangan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) pada sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- c. Penelitian yang dilaksanakan akan mempertimbangkan Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali sebagai objek utama, dan fokus pada penggunaan luasan atap bangunan.
- d. Penelitian pada perencanaan PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* ini akan menggunakan dua jenis *Software* : HOMER dan Sunny Design.
- e. Penelitian yang dilaksanakan meliputi pembahasan analisis teknis serta analisis ekonomi PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Untuk membuat rancangan dan menentukan kapasitas kebutuhan PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.

- b. Untuk menganalisis komponen, spesifikasi komponen, efisiensi komponen, umur komponen, degradasi kinerja komponen, serta volume komponen sampai perhitungan umur ekonomis PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- c. Untuk melaksanakan, menyajikan dan menjelaskan hasil perencanaan menggunakan *software* HOMER & Sunny Design untuk PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- d. Untuk menganalisis biaya investasi, pemeliharaan, perbaikan, operasional dan perkiraan biaya yang diperlukan dalam perencanaan PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- e. Untuk menganalisis harga energi per-kW yang dihasilkan oleh PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* di atas atap Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

- a. Memberikan pengetahuan serta informasi perihal rancangan PLTS *Hybrid* yang digunakan di atas Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- b. Meningkatkan minat untuk menggunakan Energi Baru & Terbarukan sebagai upaya mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.
- c. Memberikan solusi untuk menghemat biaya penggunaan energi dengan menggunakan Energi Baru & Terbarukan.
- d. Memberikan pengetahuan khususnya perihal penerapan PLTS *Hybrid* di atas Bangunan Usaha *Furniture* di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali.
- e. Serta meningkatkan peran penting PLTS bagi masyarakat umum.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan ditarik tiga kesimpulan dari rumusan masalah yang telah ditetapkan, yakni:

- a. Rancangan PLTS *Rooftop* sistem *Hybrid* Bangunan Usaha Furniture di Desa Pesangkan, Karangasem, Bali memanfaatkan dua sisi atap pada bangunan. Luasan yang tersedia untuk pemasangan panel surya adalah 141,2 m<sup>2</sup>.
- b. Dengan luas atap sebesar 141,2 m<sup>2</sup>, akan dipasang 31 unit panel surya, yang memerlukan total area 56,47 m<sup>2</sup>. Panel-panel tersebut akan dipasang secara seri, masing-masing dengan kapasitas 350 Wp. Sistem ini akan menggunakan *inverter* sesuai dengan kapasitas panel surya yang terpasang dengan kapasitas 12 kW, yang sudah termasuk SCC (*Solar Charge Controller*) dalam sistemnya. Selain itu, sistem akan dilengkapi dengan 6 unit baterai 12 V jenis *Flooded/Advanced Lead Acid Battery* dengan kapasitas 299 Ah.
- c. Hasil simulasi analisis teknis menggunakan *Software Sunny Design* menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan per tahun adalah 21.003 kWh. Dari jumlah ini, konsumsi pribadi mencapai 21.1% dari total energi yang dihasilkan oleh PLTS, sementara konsumsi listrik dari PLN per tahun adalah 6.161 kWh. *Performance ratio* yang diperoleh dari simulasi ini adalah 81,7%, sedangkan perhitungan *performance ratio* sebelumnya adalah 97%, dari nilai tersebut maka sistem pada simulasi ini dinyatakan layak. Dan dalam analisis ekonomi menggunakan *Software HOMER*, data *Net Present Cost* (NPC) atau total investasi adalah Rp222.889.500. Nilai ini menunjukkan perbedaan atau selisih sebesar Rp67.094.417 dibandingkan dengan perhitungan *Life Cycle Cost* (LCC) yang sebelumnya, pada nilai COE (*Cost of Energy*) didapatkan nilai sebesar Rp843,61/kWh dan jika dibandingkan dengan perhitungan yang telah dilakukan terdapat selisih sebesar Rp280,39/kWh, Selain itu, nilai operasional pada simulasi HOMER adalah Rp5.548.188, sedangkan perhitungan sebelumnya menunjukkan

selisih yang cukup besar, yaitu Rp21.365.481. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh metode perhitungan yang berbeda antara aplikasi HOMER dan perhitungan teoritis yang dilakukan sebelumnya.

- d. Berdasarkan perhitungan perencanaan, biaya investasi yang diperlukan adalah sebesar Rp 289.556.917. Sementara itu, hasil simulasi menggunakan HOMER menunjukkan nilai investasi sebesar Rp 222.462.500. Dengan demikian, nilai investasi untuk perencanaan ini diperkirakan berkisar antara Rp 222 juta hingga Rp 289 juta. Dengan menggunakan metode Periode Pengembalian, diperoleh hasil waktu pengembalian investasi selama 10,38 tahun, atau 10 tahun 4 bulan.
- e. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh energi per-kWh sebesar Rp 1124/kWh. Dengan biaya energi tersebut dan total kWh produksi tahunan sebesar Rp. 27.876.685 kWh. ini artinya investasi proyek pembangunan PLTS *rooftop* sistem *hybrid* di bangunan usaha dengan menggunakan harga tarif penjualan listrik Rp.1124/kWh dinyatakan layak untuk diterima dan dijalankan.

## 5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk meningkatkan kualitas penelitian berikutnya agar lebih baik :

- a. Simulasi yang digunakan perlu dipelajari lebih mendalam agar dapat menghasilkan analisis yang lebih baik dan mendetail.
- b. Penjelasan tentang *Software* yang digunakan masih perlu diperluas, karena penulis saat ini hanya bergantung pada *tutorial* dari *YouTube* dan beberapa referensi jurnal. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam, disarankan untuk menjelajahi dokumentasi resmi, panduan pengguna, dan mengikuti kursus atau pelatihan formal yang tersedia. Ini akan membantu memperoleh wawasan yang lebih lengkap tentang fitur *Software* yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, “Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021.
- [2] R. Hasrul, “Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021.
- [3] M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, and I. A. . Giriantari, “Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 Kwp Pada Kantor Gubernur Bali,” *J. Spektrum*, vol. 6, no. 3, p. 107, 2019.
- [4] B. A. N. Karangasem, “Untuk Catu Daya Pompa Air Di Desa,” vol. 9, no. 2, pp. 30–38, 2022.
- [5] K. Bayu Kusuma, C. G. Indra Partha, and I. W. Sukerayasa, “Perancangan Sistem Pompa Air DC Dengan Plts 20 kWp Tlanyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh,” *J. Spektrum*, vol. 7, no. 2, p. 46, 2020.
- [6] I. K. Hendy Wijaya, I. N. Satya Kumara, and W. G. Ariastina, “Analisis Plts Atap 25 Kwp on Grid Kantor Dprd Provinsi Bali,” *J. spektrum*, vol. 9, no. 2, p. 128, 2022.
- [7] I. K. Juniarta, I. N. Setiawan, and I. A. Dwi Giriantari, “Analisis Sistem Kelistrikan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya on-Grid Kapasitas 25 Kwp Di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi Bali,” *J. Spektrum*, vol. 9, no. 1, p. 111, 2022.
- [8] A. Joewono, R. Sitepu, P. R. Angka, F. Agustino, and L. Nico, “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid,” *Pros. Semin. Nas. seri 8*, vol. 3, no. 2, pp. 10–18, 2018.
- [9] M. S. Ibnu Kahfi Bachtiar<sup>1</sup>, “Rancangan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Tangga menggunakan Software Homer untuk Masyarakat Kelurahan Pulau Terong Kecamatan Belakang Padang Kota Batam,”

- J. Sustain. J. Has. Penelit. dan Ind. Terap.*, vol. 5, no. 2, pp. 17–25, 2016.
- [10] K. Ramadhan and B. H. Purwoto, “Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Gedung F Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 3, p. 148, 2022.
- [11] R. A. Nugroho, B. Winardi, and S. Sudjadi, “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Hybrid Di Gedung Ict Universitas Diponegoro Menggunakan Software Pvsyst 7.0,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 377–383, 2021.
- [12] E. Megawati, S. Handoko, and A. A. Zahra, “Analisis Potensi Dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Hybrid Pada Atap Kandang Ayam Closed House Di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 384–389, 2021.
- [13] S. Darma, “Analisa Perkiraan Kemampuan Daya yang Dibutuhkan Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),” *J. Ampere*, vol. 2, no. 1, pp. 39–53, 2017.
- [14] A. A. G. A. Pawitra Putra, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, “Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 2, p. 181, 2020.
- [15] R. Sianipar, “Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *Jetri J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 11, pp. 61–78, 2017.
- [16] I. G. Ngurah and A. Dwijaya, *Draft Buku Ajar Pemnangkit Listrik Tenaga Surya*, no. September. 2019.
- [17] O. Harun, *Feasibility Study Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terkoneksi Ke Jaringan Pln Pada Gedung Rektorat Unila*, vol. 3, no. 2. 2021.
- [18] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018.
- [19] B. A. B. Ii, “Et Al. ,” pp. 10–29.



- [20] Chisamuddin Muhammad, “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Dengan Sistem on-Grid Di Cv. Qirana Meubel Jepara,” 2023.
- [21] M. Alayubby, “Analisa Pengaruh Efek Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Panel Surya Off Grid Type Monocrystalline Berbasis Pulse Width Modulation Skripsi Oleh : M. Fitra Alayubby 188120008 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan 2022,” pp. 27–28, 2022.
- [22] S. Yuliananda, G. Sarya, and R. Retno Hastijanti, “Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya,” *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya Nop.*, vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [23] R. A. Prasetyo, A. Stefanie, and W. N. Adzillah, “Optimasi Daya Pada Panel Surya Dengan Solar Tracker System Dual Axis Menggunakan Metode Fuzzy Logic Controller,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–8, 2021.
- [24] R. Rusman, “Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, 2017.
- [25] Z. Salam and A. A. Rahman, “Efficiency for photovoltaic inverter: A technological review,” *2014 IEEE Conf. Energy Conversion, CENCON 2014*, pp. 175–180, 2014.
- [26] F. P. Baumgartner, “Euro Realo Inverter Efficiency: Dc-Voltage Dependency,” *20th Eur. Photovolt. Sol. ENERGY Conf.*, no. July, pp. 6–10, 2005.
- [27] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, “Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015.
- [28] SNI, “General electrical installation requirements (PUIL) 2011,” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.
- [29] W. Rizky, “Analisis Karakteristik Termal Pada Kabel NYM 3x1, 5 mm<sup>2</sup> Untuk Aplikasi Instalasi Listrik Dalam Ruangan (Indoor) Dengan Penginjeksian Arus.” Universitas Negeri Jakarta, 2017.
- [30] M. I. Bachtiar and K. Riyadi, “Studi Kabel Penghantar pada Instalasi Listrik

- Gedung Pertemuan Unhas Berstandarisai PUIL 2011,” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 5, no. 2, p. 70, 2021.
- [31] S. Hamid, J. Jamaaluddin, D. H. R. Saputra, and A. Wisaksono, “Analysis of DC MCB Usage Characteristics for AC and DC Load Usage,” *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 3–8, 2022.
- [32] D. Asmono, ) Supriyanto, S. Pengajar, J. Teknik, E. Politeknik, and N. Bandung, “Pengukuran Energi Listrik Tidak Langsung Menggunakan Kwh Meter Dan Kvarh Meter,” *J. TEDC*, vol. 8, no. 3, pp. 198–204, 2019.
- [33] Jumadi, “Analisis pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di gedung cyber jakarta,” *J. Energi Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, pp. 108–117, 2015.
- [34] Menteri ESDM, “Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineralrepublik Indonesianomor 2 Tahun 2024 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang Terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum,” *Menteri Energi dan Sumber Daya Miner.*, vol. 2024.
- [35] G. Bali, “Pemanfaatan PLTS Atap di Provinsi Bali,” *Surat Edaran No. 5 Tahun 2022*. 2022.
- [36] A. DS, “Simulasi Kinerja Mini-grid Berbasis Photovoltaic (PV) dan Wind Turbine (WT) Menggunakan HOMER Di Pantai Samas Bantul Yogyakarta,” 2021.
- [37] A. R. Danu, “Analisa Keekonomian Tarif Listrik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya FTI UII 5 kWp dengan Metode Life Cycle Cost (LCC),” *Tesis*, no. Lcc, pp. 1–150, 2020.
- [38] LONGI, “LONGI Panel LR4-60HPH 350-380M Data Sheet.” 2019.
- [39] S. A. Solar Technology, “Sunny Tripower X - Integrated intelligence for future-proof system design”.

# LAMPIRAN

## Lampiran 1 : Datasheet Panel Surya

**Hi-MO 4m**

**LR4-60HPH 350~380M**

**20.9%**  
MAX MODULE  
EFFICIENCY

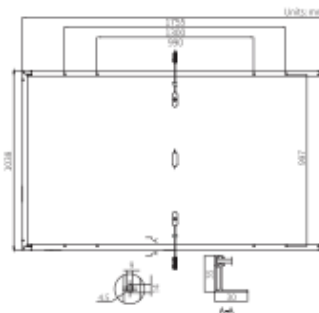
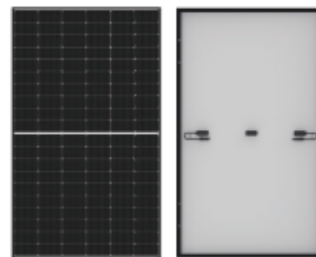
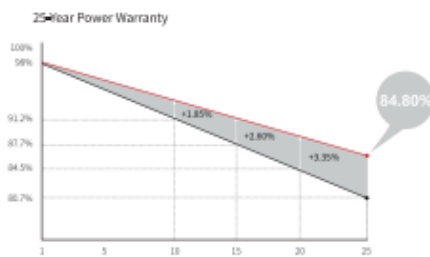
**0~+5W**  
POWER  
TOLERANCE

**<2%**  
FIRST YEAR  
POWER DEGRADATION

**0.55%**  
YEAR 2-25  
POWER DEGRADATION

**HALF-CELL**  
Lower operating temperature

### Additional Value



### Mechanical Parameters

Cell Orientation	L20 (6×20)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , 1200mm
Connector	Stäubli MC4 EVO2
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	19.5kg
Dimension	1755×1038×35mm
Packaging	30pcs per pallet / 180pcs per 20' GP / 780pcs per 40' HC

### Electrical Characteristics

	STC: AM1.5 1000W/m <sup>2</sup> 25°C		Test uncertainty for Pmax: ±0%				
Power Class	350	355	360	365	370	375	380
Maximum Power (P <sub>max</sub> /W)	350	355	360	365	370	375	380
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> /V)	40.1	40.3	40.5	40.7	40.9	41.1	41.3
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> /A)	11.15	11.25	11.35	11.43	11.52	11.60	11.69
Voltage at Maximum Power (V <sub>mp</sub> /V)	33.6	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6	34.8
Current at Maximum Power (I <sub>mp</sub> /A)	10.42	10.51	10.59	10.68	10.76	10.84	10.92
Module Efficiency(%)	19.2	19.5	19.8	20.0	20.3	20.6	20.9

### Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5W
V <sub>oc</sub> and I <sub>sc</sub> Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

### Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

### Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>	-0.350%/°C

**LONGI**

Level 8, 124 Walker Street, North Sydney,  
NSW 2060, Australia  
Tel: +61 2 8484 5806  
Web: www.longi-solar.com.au

Specifications included in this datasheet  
are subject to change without notice.  
LONGI reserves the right of final  
interpretation. 020203041V12

## Lampiran 2 : Datasheet Inverter

Technical Data	Sunny Tripower X 12	Sunny Tripower X 15	Sunny Tripower X 20	Sunny Tripower X 25
<b>Input [DC]</b>				
Max. PV array power	18000 W <sub>p</sub> , STC	22500 W <sub>p</sub> , STC	30000 W <sub>p</sub> , STC	37500 W <sub>p</sub> , STC
Max. input voltage	1000 V			
MPP voltage range	210 V to 800 V	260 V to 800 V	345 V to 800 V	430 V to 800 V
Rated input voltage	380 V			
Min. input voltage / initial input voltage	130 V / 188 V			
Max. usable input current per MPP tracker	24 A			
Max. short-circuit current per MPP tracker	37.5 A			
Number of independent MPP trackers / strings per MPP tracker	3 / 2			
<b>Output [AC]</b>				
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	12000 W	15000 W	20000 W	25000 W
Rated apparent power / max. apparent power	12000 VA / 12000 VA	15000 VA / 15000 VA	20000 VA / 20000 VA	25000 VA / 25000 VA
Nominal AC voltage	220 V / 380 V; <b>230 V / 400 V</b> ; 240 V / 415 V			
Voltage range	176 V to 275 V / 304 V to 477 V			
Grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 56 Hz 60 Hz / 54 Hz to 66 Hz			
Rated grid frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V			
Rated output current / max. output current	17.4 A / 20 A <sup>1)</sup>	21.7 A / 25 A <sup>1)</sup>	29 A / 36.6 A	36.2 A / 36.6 A
Feed-in phases / AC connection	3 / 3(N)-PE			
Power factor at rated power / adjustable displacement power factor	1 / 0 overexcited to 0 underexcited			
Harmonic (THD)	< 3 %			
<b>Efficiency</b>				
Max. efficiency / European efficiency	98.2 % / 97.6 %	98.2 % / 97.8 %	98.2 % / 97.9 %	98.2 % / 98.0 %
<b>Protective devices</b>				
Inputside disconnection point	●			
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●			
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability	● / ●			
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●			
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II			
Arc-fault circuit interrupter (AFCI) / HV generator diagnostics	● / ● <sup>1)</sup>			
DC surge arrester (type 2, type 1/2)	□			
<b>General data</b>				
Dimensions (W/H/D)	728 mm / 762 mm / 266 mm (28.7 in / 30.0 in / 10.5 in)			
Weight	35 kg (77 lbs)			
Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +140°F)			
Noise emission, maximum (1 m)	59 dB(A)			
Self-consumption (night)	< 3 W			
Topology / cooling concept	No galvanic isolation / OptiCool			
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP65			
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K26			
Contaminant classification according to IEC 61701	C5 <sup>1)</sup>			
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100 %			
<b>Features / functions / accessories</b>				
DC connection / AC connection	SUNCLIX / spring-cage terminal			
LED display (Status / Fault / Communication)	●			
Interface: Ethernet / local WLAN / RS485 (client)	● (2 ports) / ● / □ <sup>1)</sup>			
Data protocols: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire	● / ● <sup>1)</sup> / ●			
Multi-function relay / slot for expansion module	● / ● (1 port)			
Number of digital inputs	6			
Mounting type	Wall mounting			
SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●			
Off-grid capable	●			
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 years	● / □ / □ / □			
Certificates and approvals (more available upon request)	CE, UNCA, EN 50549-1/-2:2018, VDE-AR-N 4105:2018 incl. PAVE, VDE-AR-N 4110:2018, TDR Erzeuger Typ A:2019-12, C10/C11:2019 & V1:2020 (V&M), VDE 0126-1-1:2013 / A1:2012, VDE 0126-1-2:2013, CEI 0-16/0-21:2019 & V1:2020, UNE 217002:2020, TED/749/2020 incl. NIS2 1, EREC G99/1-8:2021 Type A, EFS 2018.2, PSE 2018, NBS 097-2:1:2017, NBR 16149:2013, IEC62109-1/-2, AS4777.2:2020, IEC 61727, IEC62116			
<b>System manager function</b>				
Total number of supported devices - of which:	6			
Maximum number of supported SMA inverters	3			
Maximum number of supported energy meters	1			
Maximum nominal system power of PV inverters (nominal AC power)	135 kVA			
Centralized commissioning of all devices in the system	●			
Remote parameterization of SMA devices with Sunny Portal powered by enxOS	●			
Direct selling via SMA SPOT (Germany)	●			
SMA Dynamic Power Control (e.g., zero export / Q(U))	□ <sup>1)</sup>			
Type designation	STP 12-50	STP 15-50	STP 20-50	STP 25-50

● Standard feature □ Optional – Not available \*STC: Standard test conditions Data in nominal conditions Last revision: 07/2023 1) upcoming 2) currently free software 3) at a minimum distance of 300 m from the coast 4) valid from date of manufacture: 08/2023

### Accessories



SMA Sensor Module  
MD SEN-40



SMA RS485 modules  
MD 485-40<sup>1)</sup>



DC surge arrester  
(Type I+II): DC\_SPD\_KIT7\_T1T2  
(Type I): DC\_SPD\_KIT6-10

## Lampiran 3 : Datasheet Baterai

### PHYSICAL SPECIFICATIONS

MODEL NAME	TERMINAL TYPE <sup>1</sup>	DIMENSIONS <sup>2</sup> INCHES (mm)			WEIGHT <sup>3</sup> LBS. (kg)	HYDROLINK OR SPWK	HANDLES
		LENGTH	WIDTH	HEIGHT <sup>2</sup>			
SSIG 12 255*	6	14.97 (380)	6.91 (176)	14.67 (373)	123 (56)	SPWK	Braided Rope

### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

VOLTAGE	CAPACITY <sup>4</sup> AMP-HOURS (Ah)					ENERGY (kWh)
	10-Hr	20-Hr	48-Hr	72-Hr	100-Hr	
12	211	229	237	247	255	3.06

### CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)			
SYSTEM VOLTAGE	12V	24V	48V
Maximum Charge Current (% of C <sub>20</sub> Rate)*	13%		
Maximum Absorption Phase Time (hours)	4		
Absorption Voltage **	14.70	29.40	58.80
Float Voltage	13.50	27.00	54.00
Equalization Voltage	16.20	32.40	64.80

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.  
 \*If charging time is limited contact Trojan Technical Support for assistance.  
 \*\*In cases where controller has a bulk voltage setting, use absorption voltage setting above.

### CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

ADD	SUBTRACT
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

### OPERATIONAL DATA

OPERATING TEMPERATURE	SELF DISCHARGE
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

### STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

PERCENTAGE CHARGE	SPECIFIC GRAVITY	CELL	12 VOLT
100	1.277	2.122	12.73
90	1.258	2.103	12.62
80	1.238	2.083	12.50
70	1.217	2.062	12.37
60	1.195	2.040	12.24
50	1.172	2.017	12.10
40	1.148	1.993	11.96
30	1.124	1.969	11.81
20	1.098	1.943	11.66
10	1.073	1.918	11.51

### RECYCLE RESPONSIBLY



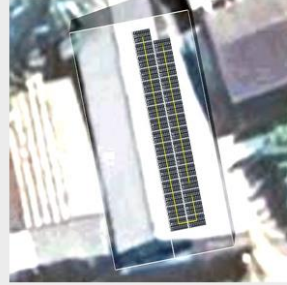
## Lampiran 4 : Desain hasil dari *Software Sunny Design*

### / Project: NEW PROJECT

Any Company  
Any Street 21  
54321 Any Town  
Tel.: +49 123 456-0  
Fax: +49 123 456-100  
E-Mail: info@any-company.de  
Internet: www.any-company.de

**Project number:** ---  
**Location:** Indonesia / Denpasar  
**Date:** 8/31/2024

Created with Sunny Design 5.71.2  
© SMA Solar Technology AG 2024



### / Energy system

<b>PV system</b>	<b>PV inverter</b> 1 x SMA STP 12-50	<b>PV arrays</b> 31 x Longi Solar LR4-60HBD-350M
<b>Additional components</b>	<b>Energy management</b> 1 x SUNNY PORTAL powered by ennexOS	
<b>System size</b>	<b>PV system</b> 10.85 kWp	

## Inverter designs

**Project:** NEW PROJECT  
**Project number:** ---  
**Location:** Indonesia / Denpasar

**Ambient temperature:**  
Annual extreme low temperature: 21 °C  
Average high Temperature: 29 °C  
Annual extreme high temperature: 33 °C

### / Subproject Subproject 1

#### 1 x SMA STP 12-50 (PV system section 1)

Peak power:	10.85 kWp
Total number of PV modules:	31
Number of PV inverters:	1
Max. DC power (cos φ = 1):	12.25 kW
Max. AC active power (cos φ = 1):	12.00 kW
Grid voltage:	230V (230V / 400V)
Nominal power ratio:	113 %
Dimensioning factor:	90.4 %
Displacement power factor cos φ:	1
Full load hours:	1750.3 h



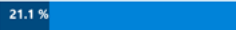
Annual energy consumption: **10,600 kWh**

#### Without increased self-consumption

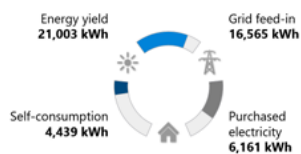
##### Self-sufficiency quota



##### Self-consumption quota



##### Distribution of PV energy



##### Details

Annual energy consumption	<b>10,600 kWh</b>
Annual energy yield	<b>21,003 kWh</b>
Grid feed-in	<b>16,565 kWh</b>
Purchased electricity	<b>6,161 kWh</b>
Max. purchased electricity power	<b>18.61 kW</b>
Self-consumption	<b>4,439 kWh</b>
Self-consumption quota (in % of PV energy)	<b>21.1 %</b>
Self-sufficiency quota (energy consumption in %)	<b>41.9 %</b>

## Lampiran 5 : Desain hasil dari *Software HOMER*

