

STUDI PERENCANAAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP  
DI GEDUNG RUMAH SAKIT MATA MAKASSAR



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

FARHAN SIANTURI 44222204

RAHMA PURNAMA 44222213

A. AHMAD TAKDIR 44222216

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar” oleh Farhan Sianturi (44222204), Rahma Purnama (44222213) dan A. Ahmad Takdir (44222216) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat pada Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, Agustus 2023

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

NIP. 19780804 200112 1 001



Sonong, S.T., M.T.

NIP. 19621202 199203 1 002

Mengetahui

Koordinator Program Studi



Chandra Buana, M.T

NIP. 19650319 199103 1 003

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa, 22 Agustus 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Farhan Sianturi NIM 44222204, Rahma Purnama NIM 44222213 dan A. Ahmad Takdir NIM 44222216 dengan judul "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar".

Makassar, Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir

1. Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D

Ketua



2. Ir. Herman, M.T.

Sekretaris



3. Ir. La Ode Musa, M.T.

Anggota



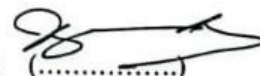
4. Dr. Andi Muh. Subhan S, S.T., M.T.

Anggota



5. Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

Pembimbing



6. Sonong, S.T., M.T.

Pembimbing



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar”**.

Penulisan Tugas Akhir ini kami susun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat (D4) Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan penulisan laporan ini.

Dan juga dalam penyusunan laporan ini, kami mendapat bimbingan, bantuan, maupun dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya melalui kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, pengertian dan perhatian serta dorongan, baik berupa moril maupun materi.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

4. Bapak Ir. Chandra Buana, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D dan Bapak Sonong, S.T., M.T. yang merupakan pembimbing I dan pembimbing II yang selama ini dengan tekun dan sabar serta jerih payah memberikan bimbingan dan bantuan yang tulus dan Ikhlas diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh Staf dan Karyawan Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis berupa semangat, tenaga dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Akhir kata semoga laporan proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam dunia pendidikan di Indonesia.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

## ABSTRAK

Data menunjukkan potensi energi matahari Indonesia bernilai 207.898 MW. Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Dikarenakan sulitnya mendapatkan lahan yang luas pada daerah perkotaan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sehingga pemanfaatan pada rooftop atau atap menjadikan solusi terbaik untuk pembangunan PLTS. Solusi yang tepat untuk mengurangi penggunaan listrik yang cukup besar pada gedung perkantoran maupun rumah sakit adalah dengan menggunakan rooftop atau atap sebagai lahan untuk PLTS. Salah satu gedung yang memiliki potensi tersebut adalah Rumah Sakit Mata Makassar. Tahapan alur penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah ketersediaan listrik dan konsumsi listrik harian Rumah Sakit Mata Makassar serta potensi radiasi matahari sebelum merancang sistem PLTS, kemudian perlu dilakukan penilaian lokasi dari berbagai macam referensi dan tools untuk mendapatkan data-data yang diperlukan untuk perancangan sistem PLTS. Dari hasil perencanaan yang dilakukan mengenai “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar” maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Perancangan sistem PLTS Hybrid Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software PVSyst terdiri dari 66 unit Panel Surya, 3 unit Inverter Hybrid, 4 buah baterai. Energi yang dapat diproduksi adalah 54.682 kWh/tahun dengan nilai IRR 11.51% dan ROI 25.4% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR Discount Rate (8.43%).
2. Perancangan sistem PLTS On-Grid Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software PVSyst terdiri dari 66 unit Panel Surya, 3 unit Inverter Hybrid. Energi yang dapat diproduksi adalah 54.721 kWh/tahun dengan nilai IRR 11.13% dan ROI 22.2% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR Discount Rate (8.43%).
3. Perancangan sistem PLTS Hybrid Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software Homer Pro terdiri dari 89 unit Panel Surya, 1 unit Inverter, 4 buah baterai. Dengan energi yang dapat diproduksi adalah 66.003 kWh/tahun dengan nilai IRR 25,0% dan ROI 27,9% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR > Discount Rate (8.43%).
4. Perancangan sistem PLTS On-Grid Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software Homer Pro terdiri dari 89 unit Panel Surya, 1 unit Inverter dan Grid PLN. Energi yang dapat diproduksi adalah 66.003 kWh/tahun dengan nilai IRR 29,2% dan ROI 25% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR Discount Rate (8.43%).
5. Berdasarkan perhitungan Carbon Balance pada software PVSyst 7.3 didapatkan nilai emisi karbon yang dapat dikurangi apabila proyek ini berjalan sesuai dengan umurnya yaitu 25 tahun adalah 832.322 ton.
6. Berdasarkan analisis dan perbandingan yang telah dilakukan, meskipun hasilnya menunjukkan HomerPro jauh lebih menguntungkan namun penulis lebih menyarankan penggunaan software PVSyst sebagai pilihan yang lebih tepat untuk perencanaan PLTS Atap di Rumah Sakit Mata Makassar. Alasan-alasan utama untuk rekomendasi ini ialah keakuratan model, tingkat detail, fleksibilitas serta perbandingan kinerja Software Pvsyst yang jauh lebih unggul jika dibandingkan dengan Homer Pro.

Kata Kunci: *PLTS Atap, Pvsyst, HomerPro, Rumah Sakit Mata Makassar*

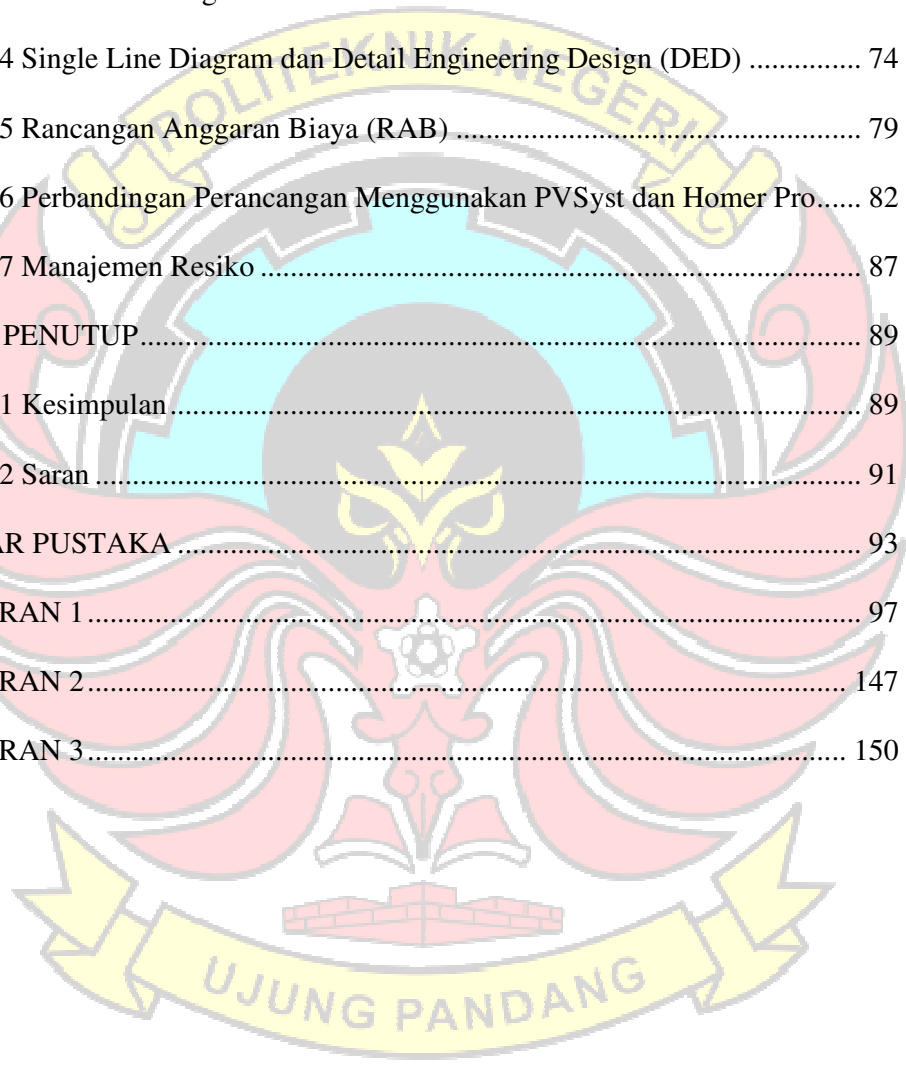
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja PLTS.....	8
2.3.1 Radiasi.....	8
2.3.2 Sudut Kemiringan Modul Surya.....	8
2.3.3 Orientasi Modul Surya.....	10
2.3.4 Temperatur.....	10

2.3.5 Daya dan Efisiensi Solar Cell.....	11
2.4 PLTS <i>Hybrid</i> .....	12
2.5 Komponen-Komponen PLTS .....	14
2.5.1 Modul Surya .....	14
2.5.2 <i>Inverter</i> .....	16
2.5.3 <i>Solar Charge Controller (SCC)</i> .....	16
2.5.4 <i>Baterai</i> .....	17
2.6 Software PVSyst V7.2.....	17
2.7 Software HOMER Pro.....	20
2.8 Perhitungan PLTS.....	21
2.9 Analisa Ekonomi pada Sistem PLTS.....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>28</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.2 Alat dan Bahan .....	29
3.3 Tahapan Penelitian .....	29
3.4 Tahap Perencanaan .....	31
3.4.1 Identifikasi Masalah .....	31
3.4.2 Membuat Tujuan .....	31
3.4.3 Penentuan Judul.....	31
3.5 Studi Awal .....	32
3.5.1 Radiasi matahari.....	32
3.5.2 Data Lokasi Rumah.....	32
3.6 Perancangan Sistem PLTS.....	33
3.7 Analisis Teknis .....	33



3.8 Analisis Ekonomi.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS .....	34
4.2 Hasil Perancangan PVSyst 7.3 .....	39
4.3 Hasil Perancangan HOMER Pro .....	59
4.4 Single Line Diagram dan Detail Engineering Design (DED) .....	74
4.5 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) .....	79
4.6 Perbandingan Perancangan Menggunakan PVSyst dan Homer Pro.....	82
4.7 Manajemen Resiko .....	87
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>89</b>
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran .....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>93</b>
<b>LAMPIRAN 1 .....</b>	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN 2.....</b>	<b>147</b>
<b>LAMPIRAN 3.....</b>	<b>150</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik Variasi Tegangan Terhadap Radiasi.....	8
Gambar 2.2 Ilustrasi sudut kemiringan dan azimuth matahari.....	9
Gambar 2.3 Pengaruh Suhu Sel Surya pada Kurva I-V .....	10
Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem PLTS Hybrid .....	13
Gambar 2.5 Menu utama Software PVSyst V7.3.....	18
Gambar 2.6 Menu Stand Alone Software PVSyst V7.3.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Orientasi dari panel surya.....	40
Gambar 4.2 Data Beban Harian Rumah Sakit Mata Makassar .....	41
Gambar 4.3 Data Distribusi Beban Rumah Sakit Mata Makassar .....	41
Gambar 4.4 <i>3D Scene Near Shading</i> RS Mata Makassar di PVSyst 7.3 .....	45
Gambar 4.5 Output nilai dari <i>3D Scene Near Shading</i> dari PVSyst 7.3 .....	45
Gambar 4.6 <i>Output</i> nilai dari <i>3D Scene Near Shading</i> dari PVSyst 7.3 .....	46
Gambar 4.7 Data Distribusi Beban PLTS Hybrid RS Mata Makassar .....	46
Gambar 4.8 Potensi Energi Listrik PLTS <i>Hybrid</i> Rumah Sakit Mata Makassar Berdasarkan Simulasi PVSyst 7.3.....	47
Gambar 4.9 <i>Loss Diagram</i> PLTS <i>Hybrid</i> RS Mata Makassar PVSyst 7.3 .....	48
Gambar 4.10 Grafik Rasio Kinerja PLTS Hybrid RS Mata Makassar .....	48
Gambar 4.11 Potensi Energi Listrik PLTS <i>Hybrid</i> Rumah Sakit Mata Makassar Berdasarkan Simulasi PVSyst 7.3.....	49
Gambar 4.12 <i>Loss Diagram</i> PLTS Atap RS Mata Makassar PVSyst 7.3.....	50
Gambar 4.13 Grafik Rasio Kinerja PLTS Atap RS Mata Makassar .....	51

Gambar 4.14 <i>Installation Cost</i> PLTS <i>Hybrid</i> RS Mata Makassar .....	53
Gambar 4.15 <i>Operating Costs</i> PLTS <i>Hybrid</i> RS Mata Makassar .....	54
Gambar 4.16 Nilai Kelayakan Investasi PLTS <i>Hybrid</i> .....	55
Gambar 4.17 <i>Installation Cost</i> PLTS On-Grid RS Mata Makassar .....	56
Gambar 4.18 <i>Operating Costs</i> PLTS On-Grid RS Mata Makassar.....	57
Gambar 4.19 Nilai Kelayakan Investasi PLTS <i>On-Grid</i> .....	58
Gambar 4.20 Parameter Ekonomi.....	59
Gambar 4.21 Hasil Pemodelan.....	60
Gambar 4.22 Format Grid Information.....	60
Gambar 4.23 Spesifikasi Panel Surya .....	61
Gambar 4.24 Tampilan Spesifikasi Baterai .....	62
Gambar 4.25 Tampilan Spesifikasi Converter .....	63
Gambar 4.26 Hasil Pengoptimalan Sistem .....	64
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Kelistrikan.....	64
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Ekonomi (Cost Summary).....	65
Gambar 4.29 Hasil Simulasi Ekonomi (Compare Economics).....	66
Gambar 4.30 Parameter Ekonomi.....	67
Gambar 4.31 Hasil Pemodelan.....	68
Gambar 4.32 Format Grid Information.....	68
Gambar 4.33 Spesifikasi Panel Surya .....	69
Gambar 4.34 Tampilan Spesifikasi Converter .....	70
Gambar 4.35 Hasil Pengoptimalan Sistem .....	71
Gambar 4.36 Hasil Simulasi Kelistrikan.....	71

Gambar 4.37 Hasil Simulasi Ekonomi.....	72
Gambar 4.38 Hasil Simulasi Ekonomi (Compare Economics).....	73
Gambar 4.39 Gambar Skematik PLTS Hybrid .....	74
Gambar 4.40 Single Line Diagram PLTS Hybrid.....	75
Gambar 4.41 Gambar Skematik PLTS On-Grid .....	75
Gambar 4.42 Single Line Diagram PLTS On-Grid .....	76
Gambar 4.43 Layout Atap Gedung dan Penempatan Modul PV .....	76
Gambar 4.44 Tampak Atas Susunan PV.....	77
Gambar 4.45 Tampak Belakang Susunan PV .....	77
Gambar 4.46 Tampak Samping Susunan PV .....	77
Gambar 4.47 Tampak Atas Layout Peletakan Baterai .....	78
Gambar 4.48 Tampak Depan Layout Peletakan Baterai.....	78
Gambar 4.49 Tampak Samping = Layout Peletakan Baterai .....	78
Gambar 4.50 Diagram Perbandingan Biaya Investasi Awal dan NPV PLTS.....	83
Gambar 4.51 Diagram Perbandingan Energi Cost per kWh PLTS.....	83
Gambar 4.52 Diagram Perbandingan Performa Sistem, IRR dan ROI PLTS.....	84
Gambar 4.53 Diagram Perbandingan Produced Energy dan Payback Period.....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alokasi Waktu Pengerjaan Tugas Akhir .....	28
Tabel 4.1 Beban Listrik Penerangan Harian RS Mata Makassar .....	34
Tabel 4.2 Beban Listrik Penerangan Harian RS Mata Makassar .....	39
Tabel 4.3 Spesifikasi Panel Surya (Trina Solar) .....	42
Tabel 4.4 Spesifikasi Inverter (Solaxpower - X3-Hybrid-10.0kW).....	43
Tabel 4.5 Spesifikasi Baterai (Narada 12NDT200) .....	44
Tabel 4.6 Detailed Economic Result PLTS Hybrid .....	54
Tabel 4.7 Detailed Economic Result PLTS On-Grid.....	57
Tabel 4.8 Bill Of Quantity PLTS On-Grid.....	79
Tabel 4.9 Bill Of Quantity PLTS Hybrid.....	80
Tabel 4.10 Perbandingan Perancangan PVSyst 7.3 dan HomerPro .....	82
Tabel 4.11 Manajemen Resiko Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid pada Gedung Rumah Sakit Mata Makassar .....	87

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar didunia yang terdiri dari sekitar 17.500 pulau. Jumlah penduduk Indonesia adalah sekitar 220 juta jiwa dimana 60% dari penduduk bertempat tinggal di daerah pedesaan (Djamin, 2010). Mayoritas pembangkit listrik di Indonesia masih mengandalkan energi fosil. Berdasarkan Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik (RUPTL) PLN tahun 2018-2027 menyebutkan bahwa lebih dari 82% dari listrik yang dihasilkan berasal dari bahan bakar fosil, 18% sisanya berasal dari sumber energi terbarukan. Salah satu cara untuk perlistrikan daerah pedesaan terpencil adalah dengan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena potensi energi terbarukan di Indonesia cukup memadai seperti energi matahari. Data menunjukkan potensi energi matahari bernilai 207.898 MW sedangkan pemanfaatannya masih minim yakni 0.04% (PT. PLN Persero, 2018).

Selain dikenal sebagai negara kepulauan Indonesia juga merupakan negara tropis mempunyai potensi energi surya yang tinggi dengan radiasi harian rata-rata (insolasi) sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup> /hari (Solarex, 1996). Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Oleh karena itu, penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya tersedia merupakan solusi yang tepat.

Dikarenakan sulitnya mendapatkan lahan yang luas pada daerah perkotaan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sehingga

pemanfaatan pada rooftop atau atap menjadikan solusi terbaik untuk pembangunan PLTS. Solusi yang tepat untuk mengurangi penggunaan listrik yang cukup besar pada gedung perkantoran maupun rumah sakit adalah dengan menggunakan rooftop atau atap sebagai lahan untuk PLTS. Salah satu gedung yang memiliki potensi tersebut adalah Rumah Sakit Mata Makassar.

Saat ini Rumah Sakit Mata Makassar di supply dari listrik tegangan rendah (TR) PLN 197 KVA namun secara konstruksi rumah sakit ini mendukung untuk tahap pengembangan mencapai 500 KVA. Selain itu sebagai daya back-up terdapat Generator Set kapasitas 500 KVA untuk keadaan darurat. Sebagai salah satu fasilitas kesehatan tentunya memerlukan supply listrik yang andal. Namun, dalam penggunaannya listrik pada suatu rumah sakit memerlukan daya yang besar guna untuk menunjang penggunaan peralatan medis maupun non-medis di dalamnya. Dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tidak hanya menghemat biaya penggunaan listrik PLN tetapi juga dapat turut andil dalam upaya pemerintah untuk mengembangkan Energi Baru dan Terbarukan (EBT).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari Uraian latar belakang diatas dapat ditarik suatu rumusan masalah yaitu:

- 1) Bagaimana perencanaan tata letak dan penentuan spesifikasi komponen PLTS perancangan
- 2) Bagaimana perencanaan dan analisis penyimpanan energi (baterai) yang

sesuai dengan kondisi beban sistem kelistrikan Gedung Rumah Sakit Mata Makassar

- 3) Bagaimana perencanaan sistem kelistrikan pada sistem PLTS Rumah Sakit Mata Makassar
- 4) Bagaimana perhitungan analisis ekonomi perencanaan pembangunan PLTS Rumah Sakit Mata Makassar

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

- 1) Untuk mendapatkan hasil perencanaan tata letak dan penentuan spesifikasi komponen PLTS perancangan
- 2) Untuk mendapatkan hasil perencanaan dan analisis penyimpanan energi (baterai) yang sesuai dengan kondisi beban sistem kelistrikan Gedung Rumah Sakit Mata Makassar
- 3) Untuk mendapatkan hasil perencanaan sistem kelistrikan pada sistem PLTS Rumah Sakit Mata Makassar
- 4) Untuk mengetahui perhitungan analisis ekonomi perencanaan pembangunan PLTS Rumah Sakit Mata Makassar

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan didakannya penelitian ini pada perumahan Citraland Makassar dapat memberikan kontribusi yang baik diantaranya :

- 1) Sebagai masukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang menghasilkan polusi dengan penggunaan PLTS yang ramah terhadap lingkungan sehingga ekosistem bumi khususnya daerah lokasi pembangunan ini bisa lebih terjaga

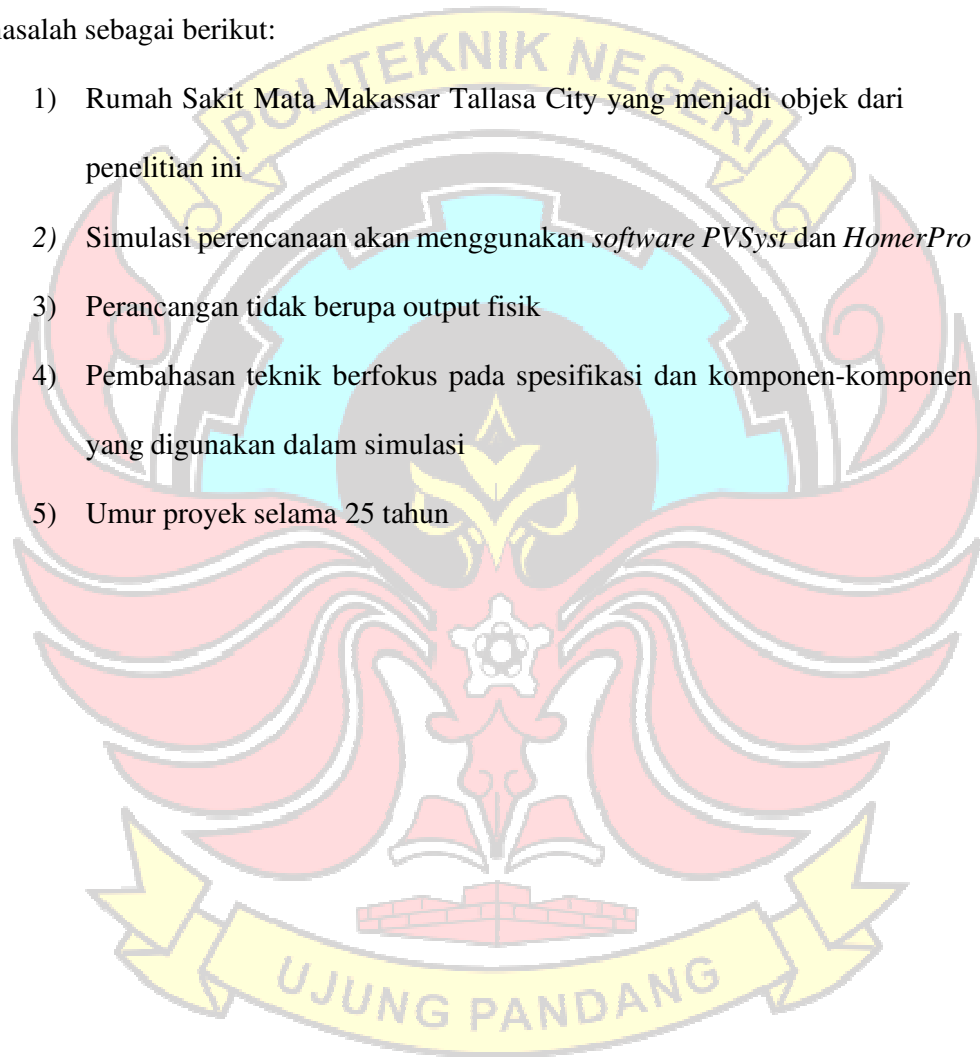


- 2) Sebagai bahan pertimbangan, referensi, dan literatur bagi penelitian selanjutnya

### 1.5 Batasan Masalah

Agar Penelitian ini berfokus pada rumusan masalah, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Rumah Sakit Mata Makassar Tallasa City yang menjadi objek dari penelitian ini
- 2) Simulasi perencanaan akan menggunakan *software PVSyst* dan *HomerPro*
- 3) Perancangan tidak berupa output fisik
- 4) Pembahasan teknik berfokus pada spesifikasi dan komponen-komponen yang digunakan dalam simulasi
- 5) Umur proyek selama 25 tahun



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur yang merupakan pencarian referensi relevan dengan penelitian yang telah terselesaikan sebelumnya dari buku dan jurnal yang terkait. Berikut beberapa penelitian terkait yang kami jadikan sebagai referensi:

Pada penelitian S. M. AL Rasyid pada tahun 2020 yang berjudul Perencanaan Energi Surya Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Di Desa Kota Batu Sumatera Selatan. Dusun 4 yang terletak di Desa Kota Batu Sumatera Selatan adalah Dusun yang masih belum mendapat pasokan listrik dari PLN. Untuk memenuhi kebutuhan listriknya, warga desa setempat memanfaatkan generator disel mandiri. PLTS adalah cara yang dapat diimplementasikan di Dusun 4 ini mengingat energi surya adalah energi yang mudah didapat. Dengan perkiraan kebutuhan energi harian sebesar 50,550 kWh, kapasitas PLTS yang dapat dipasang sebesar 12,7 kWp. Daya yang dapat diproduksi adalah 17.065 kWh per tahun. Model PLTS yang direncanakan dalam perencanaan ini adalah sistem Off Grid dengan konfigurasi DC Coupling. Melalui perangkat lunak PVSyst, diperoleh sudut kemiringan panel surya  $12^\circ$  dengan azimuth  $0^\circ$  atau menghadap ke arah utara. Dengan investasi awal sebesar Rp. 442.420.000 dan biaya pemeliharaan sebesar Rp. 43.424.200, didapat harga listriknya sebesar Rp. 6.500 per kWh. Harga listrik ini lebih murah jika dibandingkan dengan harga listrik menggunakan PLTD, yaitu sebesar Rp.8.700 per kWh. Perencanaan PLTS ini dikatakan layak dari segi finansial, karena menghasilkan NPV  $> 0$ , PI  $> 1$ , ROI yang bernilai positif, dan

pengembalian modal investasi yang kurang dari masa proyek 20 tahun, yaitu 7,4 tahun.

Pada penelitian M. P. Sitohang tahun 2019 yang berjudul Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System (Studi Kasus : Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau). Perancangan PLTS Terpusat Off-Grid System dalam penelitian ini akan menggunakan Australian/New Zealand Standard TM AS/NZS 4509.2:2010 tentang Stand Alone Power System Part 2: System Design agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Sedangkan untuk analisis ekonomi pada penelitian ini meliputi biaya investasi, biaya Operasional dan Pemeliharaan (O&M) dan biaya siklus hidup (LCC), sehingga dapat diperoleh tujuan utama dari penelitian ini yaitu tercapainya nilai perancangan PLTS Terpusat Off-Grid System yang meliputi aspek teknis dan aspek ekonomi. Penulis juga membahas dampak pengurangan emisi II-2 karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dalam memsubtitusikan pembangkit konvensional. Dan penelitian ini juga menghasilkan Layout PLTS terpusat Off-Grid System dalam bentuk Tiga Dimensi (3D) menggunakan Teknologi Augmented Reality (AR).

Pada penelitian Marcelino pada tahun 2015 yang berjudul Perancangan PLTS terpusat Off-Grid System untuk pedesaan terpencil (studi kasus: desa kasang padang, Kabupaten Rokan Hulu, Riau). Dari hasil penelitian, perancangan PLTS terpusat Off-Grid System menggunakan standar AS/NZS 4509.2:2010 menghasilkan total kapasitas 75,6 kWp terdiri dari 252 modul surya berkapasitas 300 Wp/modul, 3 unit Solar Charger Controller (SCC) berkapasitas 28,9 kWp/unit, 1 unit inverter 90 Kw, dan 360 unit baterai berkapasitas 1520 ah dengan tegangan

2V. Menghasilkan losses sebesar 15 %, rasio performa 85 %, dan faktor kapasitas sebesar 16,43 %. COE PLTS terpusat Off-Grid System Rp. 4903/kWh, LCC dengan suku bunga 8% sebesar Rp. 5.502.297.84 selama 20 tahun. Pengurangan emisi gas CO<sub>2</sub> selama setahun yaitu 84,67 ton CO<sub>2</sub> .

Keterbaruan pada penelitian ini dibandingkan dengan sumber literatur di atas terdapat pada metode simulasi yang berbasis aplikasi yaitu PVSyst. Hasil dari potensi energi listrik pada penelitian ini yaitu tata letak dan spesifikasi dari tiap komponen serta analisis penyimpanan energi (baterai) yang sesuai dengan kondisi beban sistem juga sistem kontrol dan analisis ekonominya.

## **2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

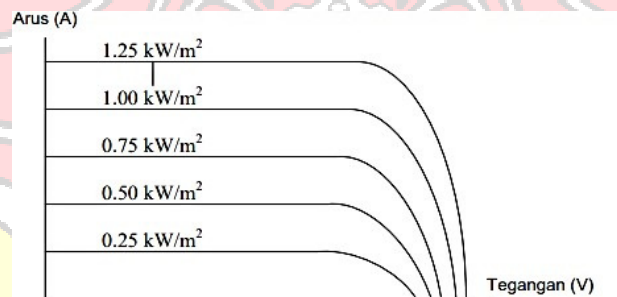
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada modul surya yang terdiri dari sel-sel photovoltaik. Sel-sel ini merupakan lapisan-lapisan tipis dari silicon (Si) murni dan bahan semi konduktor lainnya. Apabila bahan tersebut mendapat energi foton, akan mengeksitasi elektron dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas dan akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah. Dengan hubungan seri-paralel, sel fotovoltaik dapat digabungkan menjadi modul dengan jumlah sekitar 40 sel, selanjutnya gabungan beberapa modul akan membentuk suatu PV array. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating current*) (Pratama, Gandhi. 2018).

## 2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja PLTS

Faktor yang mempengaruhi kinerja PLTS mempunyai banyak sumber dari cuaca, komponen peralatan yang digunakan dan pemasangan PLTS.

### 2.3.1 Radiasi

Radiasi mempengaruhi variasi arus dan tegangan. Terdapat hubungan antara variasi pada radiasi dan variasi pada hubungan arus. Tegangan pada rangkaian terbuka tidak berubah secara drastis terhadap radiasi. Namun, bagaimanapun tetap terjadi sedikit peningkatan pada saat kenaikan radiasi. Semakin tinggi radiasi maka, semakin besar pula arus dan tegangan yang dihasilkan. Salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah radiasi yang sampai pada modul adalah terjadinya bayangan-bayangan yang dapat menghalangi radiasi sampai kepada modul surya seperti bayangan pohon, bayangan awan, bayangan bangunan dan lain-lain (Pratama, Gandhi. 2018).

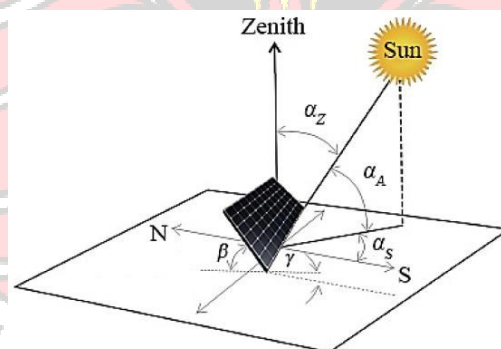


Gambar 2.1 Karakteristik Variasi Tegangan Terhadap Radiasi  
(Sumber: GSES, 2013)

### 2.3.2 Sudut Kemiringan Modul Surya

Sudut kemiringan memiliki dampak yang besar terhadap radiasi matahari dipermukaan modul surya. Untuk sudut kemiringan tetap, daya maksimum selama satu tahun akan diperoleh ketika sudut kemiringan modul surya sama dengan

lintang lokasi. Sistem pengaturan berfungsi memberikan pengaturan dan pengamanan dalam suatu PLTS sedemikian rupa sehingga sistem pembangkit tersebut dapat bekerja secara efisien dan handal. Peralatan pengaturan di dalam sistem PLTS ini dapat dibuat secara manual, yaitu dengan cara selalu menempatkan kearah matahari, atau dapat juga dibuat secara otomatis, mengingat sistem ini banyak dipergunakan untuk daerah terpencil. Otomatis ini dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian elektronik. Penentuan sudut pemasangan modul surya ini berguna untuk membenarkan penghadapan modul surya ke arah garis khatulistiwa. Pemasangan modul surya ke arah khatulistiwa dimaksudkan agar modul surya mendapatkan penyinaran yang optimal. modul surya yang terpasang di khatulistiwa (lintang =  $0^\circ$ ) yang diletakan mendatar (tilt angle =  $0^\circ$ ), akan menghasilkan energi maksimum (Hanif, M, dkk. 2012).



Gambar 2.2 Ilustrasi sudut kemiringan dan azimuth matahari  
(Sumber: mdpi.com, 2021)

Jika kita ingin mengarahkan modul surya ke matahari sepanjang waktu maka akan memerlukan solar tracker. Akan tetapi, solar tracker harganya mahal dan tidak biasa digunakan untuk PLTS on grid. Dan yang paling umum adalah memasang PLTS pada sudut tertentu yang dapat menghasilkan produksi energi paling tinggi.

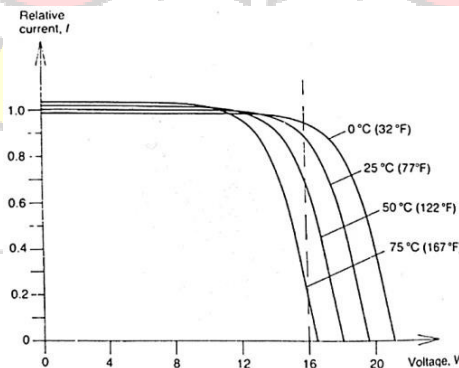
Sudut yang dimaksud adalah sudut yang sama dengan sudut latitude pada lokasi itu. Jika Indonesia berada pada sudut latitude 0,1 maka panel juga harus dipasang 0,1. Namun, hal ini tidak mempertimbangkan jika ada bayang-bayang baik dari pohon atau bangunan lain (Pratama, Gandhi. 2018).

### 2.3.3 Orientasi Modul Surya

Orientasi dari rangkaian panel ke arah matahari secara optimum adalah sangat penting untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut orientasi (tilt angle) dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Misalnya, untuk lokasi yang terletak di belahan bumi utara maka panel surya (array) sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu pula untuk lokasi yang terletak di belahan bumi selatan maka panel surya (array) diorientasikan ke utara (Foster, Robert M. G. 2010).

### 2.3.4 Temperatur

Semakin tinggi temperatur pada solar sel di atas NOCT maka, akan semakin menurun tegangan yang akan dihasilkan oleh solar sel. Tetapi untuk arus akan semakin meningkat seiring tingginya temperatur (Pratama, Gandhi. 2018).



Gambar 2.3 Pengaruh Suhu Sel Surya pada Kurva I-V dengan Besar Iradiasi 1000 W/m<sup>2</sup> (Sumber: Saputra, Indra. 2019)

Spesifikasi standar STC pada temperatur 25° C. Dan keperluan penggunaan untuk mendisain sistem adalah Temperatur sel = Suhu lingkungan + 25°. Sebuah sel surya dapat tetap beroperasi pada saat temperturnya lebih besar dari NOCT dan biasanya bisa diatas suhu temperatur lingkungan (Pratama, Gandhi. 2018).

### 2.3.5 Daya dan Efisiensi Solar Cell

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang dihasilkan (daya output), daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area PV module dengan persamaan sebagai berikut (Pratama, Gandhi. 2018):

Daya yang dapat diperoleh dari konversi sinar matahari secara umum dirumuskan sebagai berikut (Pratama, Gandhi. 2018):

$$P_{input} = I \times A \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

*P<sub>input</sub>* : daya yang diperoleh dari konversi radiasi sinar matahari (watt)

*I* : intensitas radiasi matahari ( $w/m^2$ )

*A* : luas permukaan PV module( $m^2$ )

Daya keluaran yang dikeluarkan sel fotovoltaik dengan rumus (Pratama, Gandhi. 2018):

$$P_{out} = I \times A \times \eta \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

*P<sub>out</sub>* : daya keluaran sel fotovoltaik (watt)

*I* : intensitas radiasi matahari ( $w/m^2$ )

*A* : luas permukaan PV module( $m^2$ )



$\eta$  : efisiensi sel fotovoltaik (%)

Efisiensi yang terjadi pada sel fotovoltaik adalah merupakan perbandingan dari daya output yang dapat dibandingkan oleh sel surya dengan daya yang diperoleh dari konversi sinar matahari sebagai daya input, dapat ditentukan dengan (Pratama, Gandhi, 2018):

$$\eta = \frac{P_{out}}{I \times A} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{input}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$\eta$  : efisiensi sel fotovoltaik (%)

$P_{out}$  : daya keluaran sel fotovoltaik (watt)

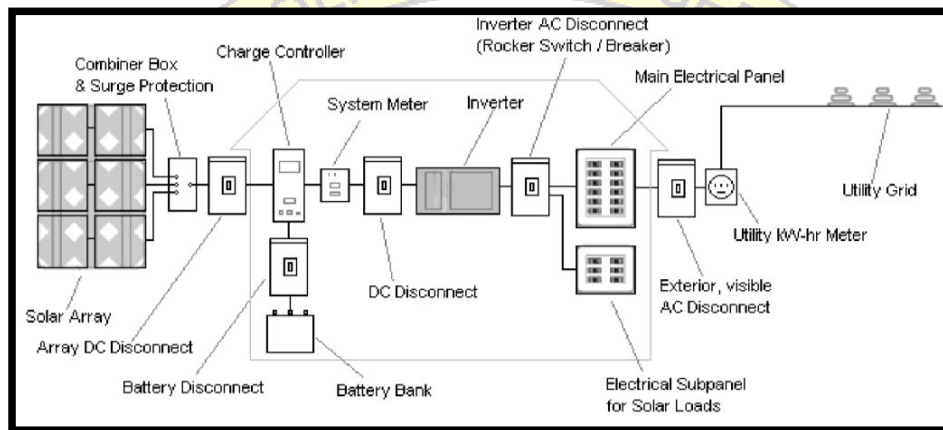
$P_{input}$  : daya yang diperoleh dari konversi radiasi sinar matahari (watt)

## 2.4 PLTS Hybrid

Pada sistem pembangkit listrik tenaga surya konfigurasi terhadap jaringan yang terhubung dibedakan menjadi tiga, yaitu sistem PLTS yang dihubungkan langsung dengan jaringan PLN atau biasa disebut PLTS on grid. Sistem PLTS yang tidak dihubungkan ke jaringan PLN atau yang biasa disebut PLTS off grid/ stand alone. PLTS yang sistemnya digabung dengan jenis pembangkit lain atau biasa disebut sistem PLTS Hybrid. (Hasanah, dkk, 2018).

PLTS Hybrid adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang didukung oleh teknologi Hybrid, maksudnya, sistem listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan listrik dari PLN. Dengan harapan nantinya sistem tersebut memudahkan pengguna untuk mendapatkan dukungan energi listrik yang optimal

sekaligusantisipasi saat terjadi kekurangan daya atau pemadaman. Listrik yang dihasilkan dari sistem PLTS tipe ini nantinya akan disimpan ke dalam baterai cadangan, seperti yang diterapkan pada PLTS Off-Grid. Bedanya jika di tipe Off-Grid, kekurangan cadangan listrik dari baterai diatasi oleh genset. Sedangkan tipe ini, secara otomatis akan dicadangkan oleh listrik dari PLN. (Sedayu.com. 2021)



Gambar 2.4 Konfigurasi Sistem PLTS Hybrid  
(sumber: [www.energy.wsu.edu](http://www.energy.wsu.edu). 2009)

Prinsip kerja PLTS sistem terpusat dapat diuraikan sebagai berikut (Irfan, M. 2017):

1. Sumber energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya (PV) pada siang hari akan disimpan dalam baterai. Proses pengisian energi listrik dari PV ke baterai diatur oleh Solar Charge Controller agar tidak terjadi over charge. Besar energi yang dihasilkan oleh PV sangat tergantung kepada intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh PV.
2. Selanjutnya energi yang tersimpan dalam baterai digunakan untuk menyuplai beban melalui inverter saat dibutuhkan. Inverter mengubah tegangan DC pada sisi baterai menjadi tegangan AC pada sisi beban.

## 2.5 Komponen-Komponen PLTS

PLTS umumnya terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

### 2.5.1 Modul Surya

Modul surya merupakan komponen PLTS yang tersusun dari beberapa sel surya yang dirangkai sedemikian rupa, baik dirangkai seri maupun paralel dengan maksud dapat menghasilkan daya listrik tertentu dan disusun pada satu *frame* dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung. Kemudian susunan dari beberapa modul surya yang terpasang sedemikian rupa pada penyangga disebut array (Pratama, Gandhi. 2018).

Sebagai sebuah komponen penghasil listrik, modul surya memiliki karakteristik tertentu berdasarkan parameter terukur sebagai berikut (ABB, 2010):

- a. Peak Power ( $W_p$ ), menyatakan daya maksimum yang terjadi pada titik lutut (knee point) kurva I-V.
- b. Peak voltage ( $V_{mp}$ ), menyatakan nilai tegangan pada titik lutut kurva I-V.
- c. Open voltage ( $V_{oc}$ ), menyatakan nilai tegangan pada saat terminal positif dan negatif tidak ada beban atau terbuka.
- d. Peak current ( $I_{mp}$ ), menyatakan besarnya arus yang mengalir pada titik lutut kurva I-V.
- e. Short circuit current ( $I_{sc}$ ), menyatakan arus yang mengalir pada saat terminal positif dan negatif dihubungkan singkat.
- f. Standard Test Conditions (STC), memberi keterangan bahwa modul surya diuji dengan kondisi test tertentu, seperti: iradiasi =  $1000 \text{ W/m}^2$  ; temperatur =  $25^\circ\text{C}$ .

Terdapat beberapa jenis modul surya yang ada di pasaran, Adapun pemilihan jenis-jenis tersebut tergantung dari kebutuhan yang digunakan. Berikut beberapa jenis modul surya (Pratama, Gandhi. 2018):

a. *Monocrystalline*

Jenis ini terbuat dari batangan kristal yang diiris tipis – tipis. Karena sel surya berasal dari satu induk batangan kristal, maka setiap potongan memiliki karakteristik yang identik dengan yang lainnya. Sehingga efisiensi *Monocrystalline* mampu mencapai 15 – 20 %, oleh karena itu harga *Monocrystalline* lebih mahal daripada *Polycrystalline* (Pratama, Gandhi. 2018).

b. *Polycrystalline*

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan umumnya berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak setinggi *monocrystalline* sehingga efisiensinya sekitar 13-16%. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Akan tetapi dengan potongan yang berbentuk persegi, *Polycrystalline* dapat disusun lebih rapat dari pada *monocrystalline*, sehingga mengurangi ruang – ruang kosong antar sel surya. (Pratama, Gandhi. 2018).

c. TFSC (*Thin Film Solar Cell*)

Merupakan modul surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan daya yang dihasilkan lebih besar daripada *monocrystalline* & *polycrystalline*. Jenis sel surya ini mempunyai kerapatan atom

yang rendah, sehingga mudah dibentuk dan dikembangkan ke berbagai macam ukuran dan potongan dan secara umum dapat diproduksi dengan biaya yang lebih murah. Sel surya ini dibuat dengan menambahkan satu atau beberapa lapisan tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis sehingga ringan dan fleksibel (Pratama, Gandhi. 2018).

#### 2.5.2 *Inverter*

*Inverter* adalah komponen elektronika pendukung PLTS untuk mengubah arus searah DC (direct current) menjadi arus bolak-balik AC (alternating current) yang umumnya peralatan listrik butuhkan. Pemilihan *inverter* yang tepat untuk aplikasi tertentu tergantung pada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri. Apakah sistem yang terhubung ke jaringan listrik (grid connected) atau sistem yang berdiri sendiri (standalone system). Efisiensi *inverter* pada saat pengoperasian sekitar 90% (J, Patricia Hanna. 2012).

#### 2.5.3 *Solar Charge Controller (SCC)*

*Solar charge controller* atau dikenal SCC adalah perangkat elektronik yang dipakai untuk mengoptimalkan pengisian baterai dan mengontrol muatan energi. SCC dipasang diantara panel surya dan bank baterai untuk mencegah pengisian baterai yang berlebihan dengan membatasi jumlah dan tingkat pengisian baterai. SCC juga dapat mencegah baterai terkuras habis untuk menjaga kesehatan dan masa pakai baterai. Ada dua jenis SCC, yaitu SCC PWM dan SCC MPPT. PWM

menggunakan teknologi yang lebih mutakhir dan lebih murah, namun kurang efisien dibandingkan jenis MPPT. Kedua jenis SCC ini sudah banyak digunakan untuk menjaga dan mempertahankan masa pakai baterai PLTS. Untuk memilih

SCC pastikan menyesuaikannya dengan kapasitas sistem PLTS yang dibangun (Pratama, Gandhi. 2018).

#### 2.5.4 Baterai

Baterai merupakan salah satu cara penyimpanan daya yang paling umum digunakan. Baterai menjadi komponen penting yang mempengaruhi sistem PLTS terpusat secara keseluruhan. Perawatan baterai, masa pakai, daya dan efisiensi merupakan parameter baterai yang mempengaruhi kinerja PLTS terpusat. Baterai yang paling tepat untuk sistem PLTS adalah yang memiliki jenis karakter Deep Discharge. Baterai jenis ini bisa di-discharge energi listriknya hingga tersisa sekitar 20% dari kapasitas simpan baterai. (Baterai untuk starting kendaraan bermotor umumnya hanya boleh di-discharge hingga tersisa 80% dari kapasitas simpan baterai. Jika di-discharge melebihi kapasitas tersebut, maka umur baterai akan lebih singkat). (Fachrezy, Muhammad Dendy. 2022)

#### 2.6 Software PVSyst V7.2

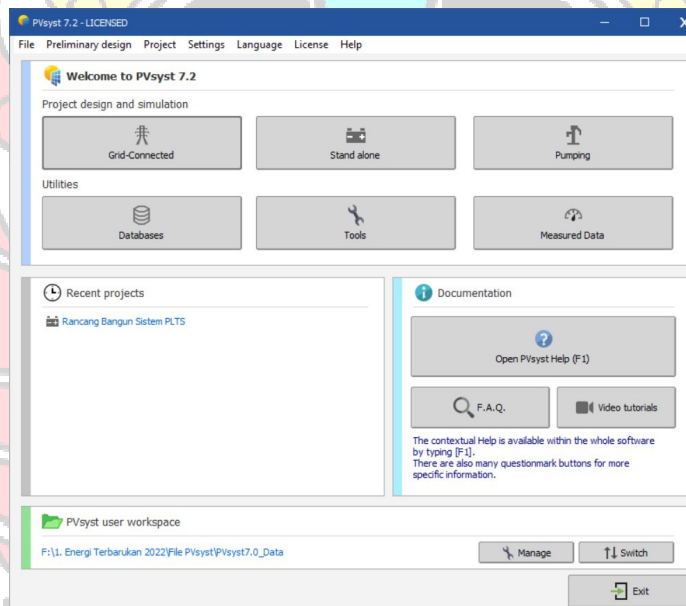
PVSyst adalah paket perangkat lunak PC untuk studi, ukuran dan analisis data dari sistem PV lengkap. Ini berkaitan dengan sistem PV gridconnected, berdiri sendiri (Stand Alone), memompa (pumping) dan DC-grid (untuk angkutan umum), dan termasuk data meteo dan PV sistem komponen database, serta tool lain. Perangkat lunak ini ditujukan untuk kebutuhan arsitek, insinyur, peneliti. Hal ini juga sangat membantu untuk pelatihan pendidikan. (Fachrezy. Muhammad Dendy.

2022)

Pada perencanaan ini Software PVSyst digunakan untuk perancangan teknis dan menguji kelayakan ekonomis pada perancangan PLTS Terpusat off-grid di

Rumah Sakit Mata Makassar. Dengan hasil simulasi berupa performa setiap komponen yang dibutuhkan, kapasitas PLTS, dan jumlah komponen yang dibutuhkan. Dari aspek ekonomisnya akan ditinjau berapa investasi yang akan dibutuhkan berdasarkan harga setiap komponen yang dibutuhkan.

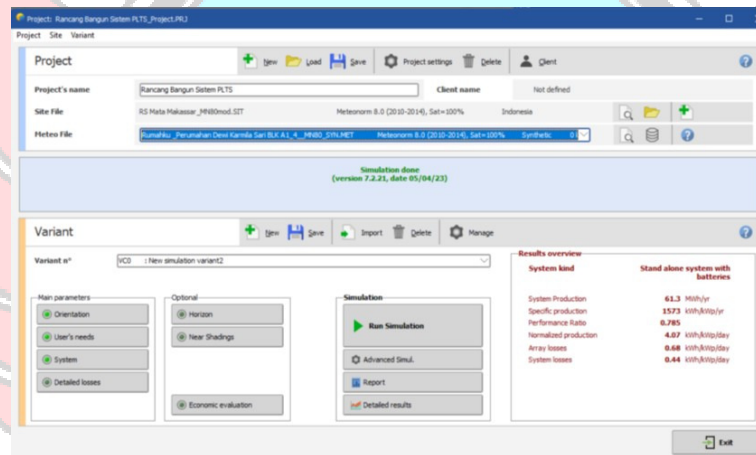
Pada menu utama software PVSyst terdapat pilihan tentang project apa yang ingin dilakukan perancangan, yaitu ada 3 pilihan diantaranya Grid connected, Stand alone, dan Pumping.



Gambar 2.5 Menu utama Software PVSyst V7.3

Langkah-langkah untuk melakukan simulasi PVSyst untuk mode Stand Alone adalah terlebih dahulu tentukan lokasi penelitian untuk mengetahui nilai iradiasi matahari, dengan mencari lokasi melalui titik koordinat (latitude dan longitude) di menu Database. Pada menu Database ini juga bisa untuk memasukkan data-data komponen yang belum ada di perangkat lunak ini. (Fachrezy. Muhammad Dendy. 2022)

Setelah menentukan titik koordinat lokasi penelitian, mulai untuk memasukkan parameter yang diperlukan di menu Project Design > Stand Alone. Terlebih dahulu masukkan data peralatan dan dayanya di parameter User's Needs. Setelah itu atur derajat kemiringan peletakkan panel surya dan sudut azimuth di parameter Orientation. Cara mengatur sudut kemiringan dengan trial and error, mencari sudut yang paling optimal. Setelah derajat kemiringan ditentukan, mulailah untuk memasukkan kapasitas pembangkit, menentukan komponen panel surya, baterai, dan solar charge controller di parameter System.



Gambar 2.6 Menu Stand Alone Software PVSyst V7.3

Pada parameter Detailed losses kita bisa memasukkan sendiri nilai rugi-rugi modul surya dan pengkabelan, tetapi biasanya sudah otomatis terisi dari data rugi-rugi komponen yang digunakan di pada project ini. Parameter opsional seperti data Horizon dan Near Shadings dapat diabaikan jika diasumsikan tidak ada shading di sekitar modul surya. Setelah semua telah selesai, klik Run Simulation, dan hasil simulasi yang lengkap akan ditampilkan dalam bentuk PDF. (Fachrezy, Muhammad Dendy. 2022)



## 2.7 Software HOMER Pro

HOMER merupakan sebuah *software* yang di buat dan dikembangkan di Amerika Serikat oleh perusahaan *The National Renewable Energi Laboratory* (NREL) dengan tujuan untuk mengoptimasi sistem pembangkit listrik, Output yang tersedia dalam *software* HOMER yaitu berupa *lifecycle cost*, estimasi kapasitas sistem, dan emisi gas rumah kaca. HOMER dapat membuat kronologi yang detail tentang optimasi suatu model yang mudah digunakan sesuai dengan proyek yang akan dibuat. Dalam pengerjaan proyek kecil HOMER dapat memberikan 2 faktor untuk hasil simulasi yaitu dalam segi teknis dan segi ekonomi. Untuk proyek yang lebih besar HOMER dapat menghasilkan output berupa biaya dan kelayakan untuk perangkat keras yang lebih rinci (Haryanto, Bobby, 2018).

Terdapat 3 tugas utama perangkat lunak HOMER, yaitu sebagai berikut (Haryanto, Bobby, 2018):

### 1. Simulasi

HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama 8.760 jam dalam setahun. Untuk setiap jam, HOMER membandingkan permintaan listrik dan panas dalam setahun, dan menghitung aliran energi dari setiap komponen. Untuk sistem seperti baterai dan photovoltaic, HOMER juga mensimulasikan apakah photovoltaic dapat digunakan setiap jam atau tidak dan memutuskan dapat mengisi baterai atau tidak. HOMER melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan digunakan. Setelah itu menentukan konfigurasi sistem apakah layak untuk digunakan atau tidak. Tujuannya yaitu untuk mengetahui konfigurasi tersebut dapat

digunakan dalam kondisi yang telah ditentukan, dan memperkirakan biaya pemasangan dan pengoperasian sistem selama masa proyek.

## 2. Optimasi

Setelah mensimulasikan semua konfigurasi sistem yang mungkin digunakan, HOMER menampilkan daftar konfigurasi yang telah disimulasikan berdasarkan biaya operasional dan pemasangan yang bertujuan untuk mengetahui sistem yang terbaik.

## 3. Analisis Sensitivitas

HOMER melakukan beberapa optimasi dengan berbagai asumsi input untuk mengetahui efek ketidakpastian dalam perubahan input seperti harga bahan bakar.

## 2.8 Perhitungan PLTS

Sebelum dilakukan simulasi pada Software HOMER Pro dan PVsyst, akan dilakukan perhitungan secara manual terkait jumlah komponen berdasarkan dengan jumlah beban harian. Adapun perhitungannya adalah:

### 2.8.1 Menghitung Luas *Array*

Dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya, penting untuk mengetahui rencana luasan yang akan dibangunnya pembangkit listrik. Sebelum menentukan komponen lainnya, hal utama adalah menentukan luas area yang digunakan untuk mendapatkan penyusunan array yang tepat dan tidak memakan tempat yang berlebihan.

Efisiensi modul surya ditentukan berdasarkan spesifikasi pabrikan atau tipe modul surya yang ditentukan/diinginkan (yang telah ada dipasaran saat ini adalah

modul surya dengan efisiensi 14-22%). Untuk mengetahui luas *array* dari modul surya dapat digunakan persamaan berikut (Hajar Noor, 2021):

$$\text{Luas array} = \frac{E_T}{G_{av} \times \eta_{PV} \times FKT \times \eta_{out}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

Luas *array* = Luas permukaan array panel surya (m<sup>2</sup>)

E<sub>T</sub> = Total pemakaian energi (kWh/hari)

G<sub>av</sub> = Intensitas Radiasi Matahari (kWh/m<sup>2</sup>/hari)

η<sub>PV</sub> = Efisiensi panel surya (%)

η<sub>out</sub> = Efisiensi keluaran sistem (%)

FKT = Faktor koreksi temperatu (%)

Sebagai pertimbangan luas area efektif yang dihasilkan dengan cara ini dapat dibandingkan dengan spesifikasi dimensi (ukuran) modul surya pabrikan, berdasarkan modul surya yang dipilih.

### 2.8.2 Menghitung Daya Keluaran dan Jumlah Panel Surya

Kapasitas daya dari panel dapat ditentukan berdasarkan beberapa faktor yang sudah ada, seperti rata-rata total kebutuhan energi, nilai intensitas radiasi matahari untuk setiap wilayah berbeda-beda, dimana dapat diperoleh melalui dua cara yaitu pengukuran langsung dan melalui data sekunder. Data sekunder diperoleh dari badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data iradiasi. Misalnya, NASA, Solargis maupun dari data Meteonorm (ICED, 2020).

Setelah memperoleh nilai luas *array* modul surya, nilai PSI di Indonesia (1000W/m<sup>2</sup>), dan nilai efisiensi panel surya yang akan digunakan. Untuk mengetahui besar kapasitas daya maksimum pembangkit yang dapat dibangkitkan, digunakan persamaan berikut (Hajar Noor, 2021):

$$P_{\text{wattpeak}} = \text{Luas array} \times \text{PSI} \times \eta_{\text{PV}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

$P_{\text{wattpeak}}$  = Daya yang akan dibangkitkan PLTS (Wp)

PSI = *Peak solar insolation* (1000W/m<sup>2</sup>)

Kapasitas daya maksimal panel surya ditentukan berdasarkan spesifikasi pabrikan untuk tipe modul surya yang diinginkan/ditentukan. Untuk mengetahui jumlah panel surya yang dibutuhkan agar dapat memasok daya maksimal yang dapat dibangkitkan dengan menggunakan persamaan berikut (Hajar Noor, 2021):

$$\text{Jumlah panel} = \frac{P_{\text{wattpeak}}}{P_{\text{max}}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

$P_{\text{max}}$  = Kapasitas daya maksimal panel surya (Wp)

### 2.8.3 Menghitung Kebutuhan *Solar Charge Controller* (SCC)

Untuk menghitung kebutuhan solar charge controller, maka harus diketahui terlebih dahulu karakteristik dan spesifikasi dari panel surya yang ingin digunakan.

Berikut rumus untuk menghitung kapasitas solar charge controller (Hajar Noor, 2021):

$$\text{Kapasitas SCC} = \frac{P_{\text{mpp}} \times \text{safety factor}}{V_{\text{mpp}}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

$P_{mpp}$  = Daya keluaran maksimum panel surya

$V_{mpp}$  = Tegangan keluaran maksimum panel surya

*Safety factor* = Faktor keamanan (1,25 atau 125%)

#### 2.8.4 Menghitung Kapasitas Inverter

Untuk menghitung kapasitas inverter yang akan digunakan, total kebutuhan maksimum dikali dengan 125% atau 1,25. Inverter bekerja pada kondisi normal, rata-rata maupun dalam kondisi daya puncak, maka dari itu perlunya *safety factor* sebagai pengaman jika terjadi beban puncak dan sebagai daya cadangan untuk memenuhi kebutuhan starting listrik.

Pertimbangan memilih inverter supaya sesuai dengan daya yang dibutuhkan dilakukan menggunakan persamaan (2.5) (Hajar Noor, 2021):

$$\text{Kapasitas inverter} = P_{mpp} \times \text{Safety factor} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

$P_{mpp}$  = Daya keluaran maksimum panel surya

*Safety factor* = Faktor keamanan (1,25 atau 125%)

### 2.9 Analisis Ekonomi pada Sistem PLTS

Kelayakan investasi PLTS ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Payback Periode* (PP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI) dan *Return of Investment* (ROI).

#### 2.9.1 Periode Pengembalian Modal

Periode pengembalian modal adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan yang dihasilkan oleh proyek

(investasi). Rumus dari periode pengembalian modal berikut (Fachrezy. Muhammad Dendy. 2022)

$$PP = Year\ before\ recovery + \frac{Investment\ Cost}{NPV\ Kumulatif} - IA \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

*Year before recovery* : Jumlah tahun sebelum tahun pembelian final

*Investment Cost* : Biaya inventasi awal.

NPV Kumulatif : Jumlah kas bersih.

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak atau layak ditolak adalah :

- a. Investasi dikatakan layak, jika periode pengembalian modal memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek.
- b. Investasi dikatakan tidak layak, jika periode pengembalian modal memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek.

### 2.9.2 Net Present Value (NPV)

Nilai bersih sekarang atau Net Present Value (NPV) adalah nilai seluruh aliran kas bersih yang dinilai sekarang atas dasar faktor diskon (discount factor).

Rumusnya adalah (Fachrezy. Muhammad Dendy. 2022)

$$NPV = \sum_{t=1} \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - IA \dots\dots\dots(2.11)$$

Dikatakan Layak atau tidak jika :

- a. Investasi dikatakan layak, jika NPV bernilai positif (> 0).
- b. Investasi dikatakan tidak layak, jika NPV bernilai negatif (< 0).

### 2.9.3 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return adalah besarnya suku bunga yang menyamakan nilai sekarang dari investasi dengan hasil bersih yang diharapkan selama usaha berjalan.

Untuk skenario dua nilai NPV yang telah diketahui sebelumnya, IRR dapat dirumuskan sebagai berikut (Fachrezy, Muhammad Dendy, 2022)

$$IRR = i1 \frac{NPV1}{NPV2 - NPV1} (i2 - i1) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

NPV1 harus di atas 0 (NPV1 > 0)

NPV2 harus di bawah 0 (NPV2 < 0)

### 2.9.4 Profitability Index (PI)

Rumus perhitungan PI adalah sebagai berikut (Fachrezy, Muhammad Dendy, 2022)

$$PI = \frac{\text{Present Value of Future Cash Flow}}{\text{Initial Cost}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut :

- a. Investasi dikatakan layak, jika Profitability Index (PI) bernilai lebih besar dari satu (>1).
- b. Investasi dikatakan tidak layak, jika Profitability Index (PI) bernilai lebih kecil dari satu (< 1).

### 2.9.5 Return on Investment (ROI)

ROI (Return on Investment) adalah laba atas investasi atau tingkat pengembalian investasi yang nantinya akan dihasilkan dalam bentuk persentase.

Suatu proyek dikatakan layak apabila nilai ROI positif. ROI didefinisikan dengan  
(Salman, Rudi. 2013)

$$ROI = \frac{\text{Net benefit at the end of lifetime}}{\text{Total Investment}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.14)$$





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian atau lokasi penelitian ini adalah Rumah Sakit Mata Makassar sebagai salah satu mitra Politeknik Negeri Ujung Pandang pada bidang pengembangan energi baru terbarukan.

Waktu penelitian ini berlangsung selama 16 minggu. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan perencanaan studi awal, perancangan sistem, dan kemudian dilanjutkan analisis teknis dan ekonomis PLTS yang telah dirancang. Adapun alokasi waktu dari kegiatan *Capstone Project* ini dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Alokasi Waktu Pengerjaan Tugas Akhir

No.	Jenis Kegiatan	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	Bulan 4
1	Survei penilaian lokasi	■			
2	Pengukuran langsung radiasi matahari		■		
3	Analisis potensi radiasi matahari dengan aplikasi		■		
4	Perancangan kapasitas PLTS		■		
5	Perencanaan komponen PLTS		■		
6	Survei harga komponen PLTS			■	
7	Penentuan layout PLTS			■	
8	Analisis Teknis			■	
9	Analisis Ekonomis				■
10	Penyelarasan hasil akhir Analisis				■
11	Penulisan laporan	■	■	■	■

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Perangkat Keras (Hardware)

- 1) Solar Power Meter
- 2) Laptop

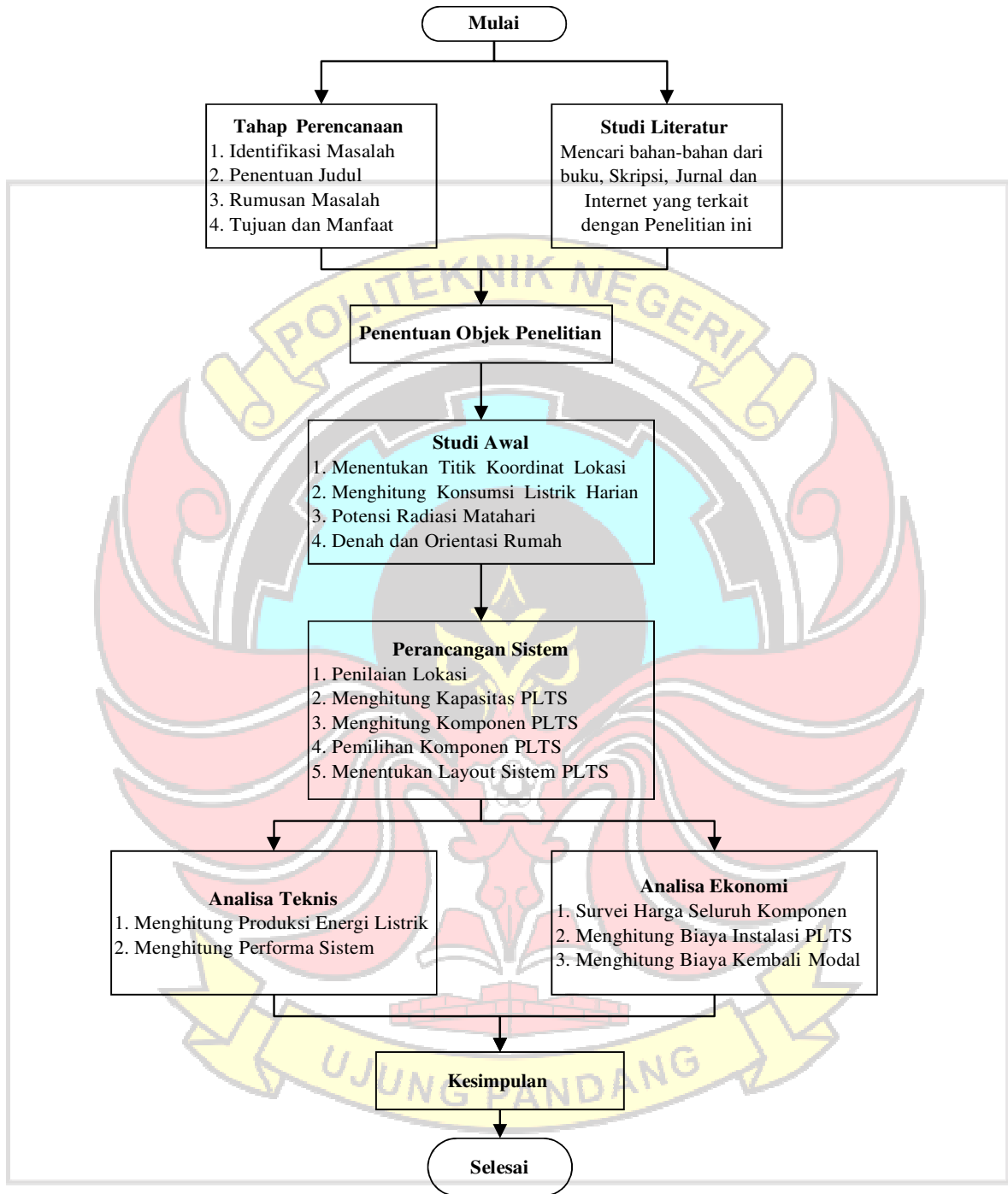
#### 3.2.2 Perangkat Lunak (Software)

- 1) Google Earth
- 2) Global Solar Atlas
- 3) PVSyst
- 4) PLC

### 3.3 Tahapan Penelitian

Metode dan tahapan penelitian ini menggunakan sifat penelitian eksperimental yang mengacu pada metode kuantitatif dalam perancangan PLTS pada atap gedung Rumah Sakit Mata Makassar, melalui pendekatan perhitungan dan pengukuran serta menerapkan pada rancangan instalasi rangkaian dan komponen PLTS yang akan digunakan di Rumah Sakit Mata Makassar.

Tahapan alur penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah ketersediaan listrik dan konsumsi listrik harian Rumah Sakit Mata Makassar serta potensi radiasi matahari sebelum merancang sistem PLTS, kemudian perlu dilakukan penilaian lokasi dari berbagai macam referensi dan *tools* untuk mendapatkan data-data yang diperlukan untuk perancangan sistem PLTS. Adapun diagram alir proses penelitian pada proposal tugas akhir ini sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan merupakan sebuah tahapan paling awal dalam penelitian dimana semua hal teknis yang akan dilaksanakan pada penelitian dapat berjalan sesuai dasar dan ketentuan yang berlaku dalam pedoman standar yang digunakan.

Adapun perencanaan yang disusun adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini adalah terdapatnya potensi pemasangan PLTS Atap pada Gedung Rumah Sakit Mata Makassar sebagai implementasi dalam penerapan energi baru terbarukan serta membantu pemerintah dalam mengurangi krisis energi. Namun, permasalahan teknis dan ekonomi dalam pembangunan PLTS di tengah-tengah masyarakat timbul ketika masyarakat ingin membangun PLTS.

#### 3.4.2 Membuat Tujuan

Target yang akan dicapai berhubungan dengan identifikasi masalah yang telah ditentukan. Tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan sebuah rancangan sistem PLTS kemudian dianalisis secara teknis dan ekonomi.

#### 3.4.3 Penentuan Judul

Judul adalah dasar berpikir pada sebuah penelitian yang dapat menggambarkan secara garis besar penelitian. Dalam permasalahan yang telah diangkat serta tujuan yang ingin dicapai penulis mengangkat judul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar (Studi Kasus: Rumah Sakit Mata Makassar)”.

### 3.5 Studi Awal

Tahapan studi awal ini yaitu mengumpulkan data–data yang diperlukan dalam merencanakan sistem PLTS, pengumpulan data merupakan proses pencarian informasi yang terkait dengan penelitian ini, terdapat beberapa aspek sumber data, yaitu primer dan sekunder.

Data primer didapatkan dari hasil survei langsung pada objek penelitian dan konsultasi dengan dosen pembimbing serta melakukan pengukuran langsung potensi radiasi matahari di lokasi penelitian. Sedangkan, data sekunder diperoleh dari referensi-referensi buku dan jurnal serta badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data radiasi. Dalam hal ini kami menggunakan data yang bersumber dari database Software PVSyst. Berikut rincian data-data yang diperlukan dalam perancangan sistem PLTS pada Rumah Sakit Mata Makassar:

#### 3.5.1 Radiasi matahari

Perancangan sistem PLTS sangat membutuhkan potensi radiasi matahari di lokasi tersebut untuk merancang sistem PLTS yang akan dipasang. Data ini didapatkan dari pengukuran langsung dan data radiasi matahari yang diambil dari database PVSyst (terdapat lima sumber data di aplikasi : Meteonorm, NASA-SSE, PVGIS TMY, Solcast TMY dan Solar Anywhere) yang diperoleh berdasarkan titik koordinat lokasi perumahan.

#### 3.5.2 Data Lokasi Rumah

Untuk mendapatkan data lokasi rumah ini dilakukan survei penilaian lokasi, data yang diperlukan yaitu orientasi rumah, potensi atap rumah, gambar rumah, potensi *shading* dan daya terpasang.

### 3.6 Perancangan Sistem PLTS

Dalam perancangan PLTS ini, peneliti membuat rancangan sesuai dengan tipe bangunan dan daya yang terpasang pada Rumah Sakit Mata Makassar.

Perancangan ini mencakup menghitung kapasitas sistem PLTS yang terpasang, pemilihan komponen yang di gunakan dengan pertimbangan standar dan garansi sistem beserta menghitung ukuran setiap komponen pada PLTS. Setelah melakukan perancangan ini, kemudian membuat layout gambar sistem yang akan dipasang.

### 3.7 Analisis Teknis

Setelah melakukan rancangan sistem PLTS skala ini, dapat dianalisis secara teknis yaitu berdasarkan energi listrik yang dihasilkan dan menghitung performa sistem, analisis teknis ini didapatkan dari hasil simulasi yang diperoleh dari PVSyst.

### 3.8 Analisis Ekonomi

Analisis ini mencakup biaya modal untuk memasang sistem PLTS, berdasarkan harga komponen yang beredar di pasaran. Kemudian menghitung biaya Kembali modal berdasarkan Kelayakan investasi PLTS yang ditentukan dari hasil perhitungan *Payback Periode* (PP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI) dan *Return of Investment* (ROI).

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS

#### 4.1.1 Menghitung Energi Harian

Tabel 4.1 Beban Listrik Harian RS Mata Makassar

Beban	Waktu (jam/hari)	Daya (kW)	Total Energi Listrik (kWh/hari)
Lampu Lantai 1	12	3.07	36.84
Lampu Lantai 2	12	2.78	33.36
Lampu Lantai 3	12	3.69	44.27
Power Panel Lt.1	12	10.80	129.60
Power Panel Lt.2	12	8.85	106.20
Power Panel Lt.3	12	8.58	102.96
UPS 10 kVA	24	6.00	144.00
Total			597.228

#### 4.1.2 Menentukan Kapasitas Optimal Sistem PLTS

Berdasarkan data beban harian pada panel penerangan di Rumah Sakit (RS) Mata Makassar, didapatkan konsumsi energi listrik sebesar 114,47 kWh. Kemudian data lain yang dibutuhkan untuk menghitung kapasitas optimal sistem PLTS adalah *Specific Photovoltaic Power Output (PV out)* yang diperoleh dari <https://globalsolaratlas.info> sebesar 4,102 kWh/kWp. Sehingga kapasitas optimal sistem PLTS adalah (USAID, 2021) :

$$\text{Kapasitas (kWp)} = \frac{\text{Rata-rata Energi Listrik Harian}}{\text{PV Out Harian}}$$

$$= \frac{114,47}{4,102}$$

$$= 27,9 \text{ kWp}$$

#### 4.1.3 Menghitung Daya Puncak Sistem

Sebelumnya telah didapatkan nilai Kapasitas Optimal Sistem PLTS yaitu sebesar 27,9 kWp. Namun bukan itu yang dijadikan sebagai acuan untuk menentukan daya puncak dari sistem PLTS yang akan dirancangan, tapi adalah dengan memperhitungkan/memperkirakan rugi-rugi dari sistem yang akan dibangun. Adapun berdasarkan buku terbitan USAID tentang Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia yang diterbitkan pada tahun 2021, nilai rugi-rugi sistem adalah sebesar 15% sampai 25%. Diambil **15%** dengan alasan bahwa nilai yang dihasilkan mendekati nilai perencanaan pada sistem perhitungan menggunakan software PVSyst. Sehingga nilai Daya Puncak Sistem adalah (USAID, 2021) :

$$\begin{aligned} \text{Daya Puncak} &= \text{Kapasitas Optimal} + (\% \text{ rugi-rugi Sistem} \times \text{Kapasitas Optimal}) \\ &= 27,9 + (15\% \times 27,9) \\ &= 32,085 \text{ kWp} \end{aligned}$$

#### 4.1.4 Memilih Modul Surya dan Menghitung Luas Area Efektif

Dalam pemilihan Modul Surya, tentu harus diperhatikan luasan dari tempat yang nantinya akan di letakkan panel surya di atasnya. Untuk menghitung itu dibutuhkan data **nilai efisiensi modul surya per m<sup>2</sup>** yang diperoleh dari data sheet panel surya yang akan dipilih. Untuk kesesuaian dengan perencanaan menggunakan aplikasi PVSyst, maka digunakan Panel Surya yang sama yaitu Panel Surya dari pabrikasi Trina Solar Atlas 500Wp dengan nilai efisiensi sebesar 21%. Sehingga didapatkan nilai luas area efektif (USAID, 2021):



$$\begin{aligned}
 \text{Area} &= \frac{kWp}{\text{Efisiensi Modul Surya}} \\
 &= \frac{32,085}{21\%} \\
 &= 152,79 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai di atas, maka Luas area yang dibutuhkan untuk peletakan panel surya adalah sebesar 152,79 m<sup>2</sup>. Namun hal tersebut belum termasuk dengan area untuk memudahkan instalasi dan perawatan.

#### 4.1.5 Menghitung Jumlah Kebutuhan Modul Surya

Dalam menghitung jumlah kebutuhan modul surya, dibutuhkan data-data yang telah diperhitungkan di atas, oleh karena itu didapatkan nilai jumlah kebutuhan modul surya sebagai berikut (USAID, 2021) :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Modul} &= \frac{\text{Daya Puncak Sistem PLTS Atap (Wp)}}{Wp/\text{modul}} \\
 &= \frac{32085}{500} \\
 &= 64,17 \text{ unit panel surya} \\
 &= 65 \text{ unit panel surya}
 \end{aligned}$$

Karena perencanaan sistem PLTS untuk panel surya terdiri dari 11 susunan seri yang kemudian di paralelkan sebanyak 6, maka jumlah panel surya yang digunakan adalah  $11 \times 6 = \mathbf{66 \text{ unit panel surya}}$

#### 4.1.6 Penyusunan Array Panel Surya

Setelah didapatkan jumlah panel surya yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan perencanaan susunan dari panel tersebut. Maka kami merancangannya dengan membuat susunan seri sebanyak 11 buah panel kemudian diparalelkan 2 yang kemudian menjadi 1 array. Kemudian 1 array

tersebut diparalelkan sebanyak 3 susunan paralel. Pada spesifikasi panel surya terdapat nilai  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  yang nantinya akan menghasilkan  $V_{mpp}$ ,  $I_{mpp}$  dan  $P_{mpp}$  pada setiap *array* dengan persamaan berikut (USAID, 2021)

:

$$\begin{aligned} V_{mpp} &= V_{mp} \times \text{Jumlah Seri} \\ &= 37.4 \text{ V} \times 11 \\ &= 411.4 \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{mpp} &= I_{mp} \times \text{Jumlah Paralel} \\ &= 11.69 \times 2 \\ &= 23,38 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{mpp} &= V_{mpp} \times I_{mpp} \\ &= 411.4 \text{ V} \times 23,38 \text{ A} \\ &= 9.618,53 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *array* yang terpasang pada Gedung RS Mata Makassar, terdapat 3 *array* dengan masing-masing *array* memiliki  $V_{mpp}$  sebesar 411.4 Volt dan  $I_{mpp}$  sebesar 23,38 Ampere, sehingga daya setiap *array* sebesar 9.618,53 Watt. Sehingga Daya total PLTS yang akan dibangkitkan adalah  $9.618,53 \times 3 \text{ array} = 28.855,6 \text{ Watt}$  atau 28,856 kWp.

#### 4.1.7 Menghitung Kapasitas Baterai

Dalam merencanakan kapasitas penyimpanan PLTS, perlu diperhatikan lama waktu (hari) ketika telah memasuki musim hujan atau diistilahkan lama waktu tanpa penyinaran (*Days of Autonomy*). Disini kami

akan mengasumsi 3 hari cuaca mendung, maksimum dicharges baterai yaitu: 0,8 dan Tegangan Sistem adalah 48 V. Maka total kapasitas baterai yang akan kami gunakan adalah (USAID, 2021):

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Baterai} &= \frac{\text{Total Beban} \times \text{Days of Autonomy}}{\text{DoD} \times \text{Tegangan sistem}} \\ &= \frac{114470 \times 3}{0,8 \times 48} \\ &= 8.942,97 \text{ Ah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Baterai (arus)} &= \frac{\text{kapasitas yang diperlukan}}{\text{kapasitas baterai}} \\ &= \frac{8.942,97}{200} \\ &= 44,71 \approx 45 \text{ baterai (pararel)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Baterai (voltase)} &= \frac{\text{Voltase sistem}}{\text{Voltase Baterai}} \\ &= \frac{48}{12} \\ &= 4 \text{ Baterai (dirangkai seri)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah total baterai} &= \text{Baterai seri} \times \text{Baterai Paralel} \\ &= 45 \times 4 \\ &= 180 \text{ baterai } 12\text{V } 200\text{Ah} \end{aligned}$$

#### 4.1.8 Menghitung Kapasitas Solar Charge Controller (SCC)

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas SCC} &= \frac{P_{\text{mpp}} \times \text{safety factor}}{V_{\text{mpp}}} \\ &= \frac{9.618,53 \text{ W} \times 1,25}{411,4 \text{ V}} \\ &= 29,23 \text{ A} \end{aligned}$$

#### 4.1.9 Menghitung Kapasitas Inverter

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Inverter} &= P_{\text{mpp}} \times \text{Safety factor} \\ &= 9.618,53 \times 1,25 \\ &= 12.023,16 \text{ Watt} \end{aligned}$$

## 4.2 Hasil Perancangan PVSystem 7.3

### 4.2.1 Data Iradiasi Matahari

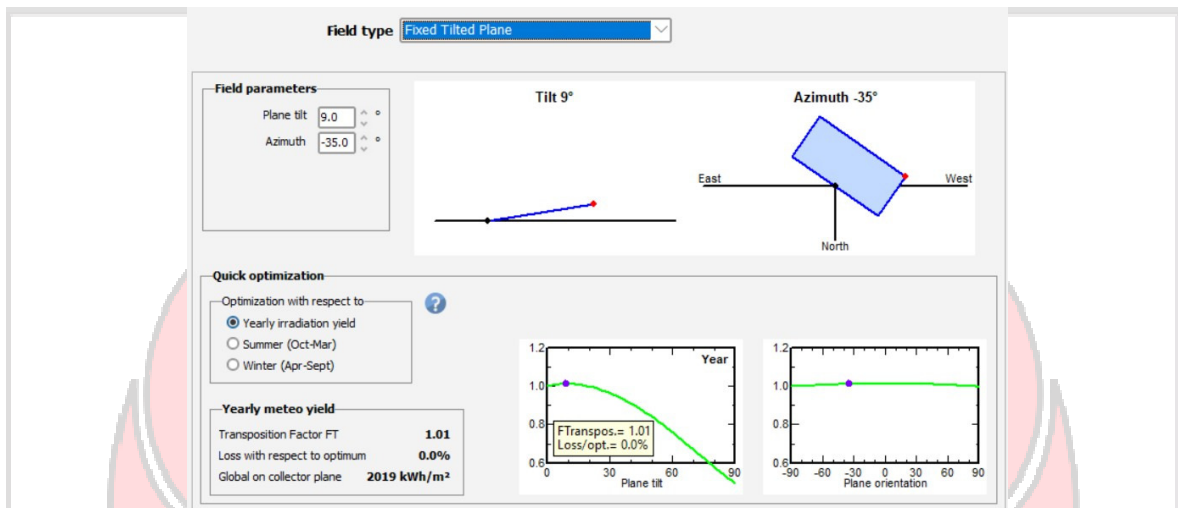
Tabel 4.2 Data Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin

Bulan	Global Horizontal Irradiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Horizontal Diffuse Irradiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Temperature (°C)	Wind Velocity (m/s)
Januari	5.26	2.37	26.60	1.00
Februari	4.56	2.71	26.80	0.98
Maret	4.80	2.73	27.00	1.00
April	5.40	2.38	27.00	0.99
Mei	5.14	2.35	27.60	1.01
Juni	4.97	2.09	26.70	1.19
Juli	5.62	1.87	26.80	1.50
Agustus	6.34	1.91	27.00	1.69
September	6.29	2.14	27.20	1.61
Oktober	6.50	2.46	27.90	1.19
November	5.76	2.65	27.10	1.31
Desember	5.04	2.47	27.00	1.29
Rata-rata	5.47	2.34	27.06	1.23

Seperti pada Tabel 4.2 diatas, berdasarkan data Meteonorm 8.1 yang menampung data tahun 2016 sampai tahun 2021 pada lokasi penelitian memiliki rata – rata radiasi matahari tahunan sebesar 5.47 kWh/m<sup>2</sup>/hari, rata – rata kecepatan angin sebesar 1.23 m/s dan rata – rata temperatur sebesar 27.06 °C.

### 4.2.2 Orientation

Berdasarkan kondisi di lokasi pemasangan, perencanaan PLTS menggunakan tipe penyangga tetap (fixed tilted plane) dengan kemiringan optimum karena atap berupa dak beton sebesar  $9^{\circ}$  dan azimuth  $-35^{\circ}$ .



Gambar 4.1 Orientasi dari panel surya

#### 4.2.3 Beban Listrik Harian

Perkiraan beban harian dilokasi penelitian dilakukan dengan cara mengambil data perencanaan sistem kelistrikan RS Mata Makassar dikarenakan belum adanya data real dari operasional Rumah Sakit. Beban kelistrikan yang dijadikan sebagai acuan perancangan adalah beban penggunaan lampu pada lantai 1, 2 dan 3 Rumah Sakit Mata Makassar. Berikut ini akan ditampilkan data profil beban harian dilokasi perancangan yang telah diinput di PVSyst.

**Definition of daily household consumptions for the year.**

Consumption Hourly distribution

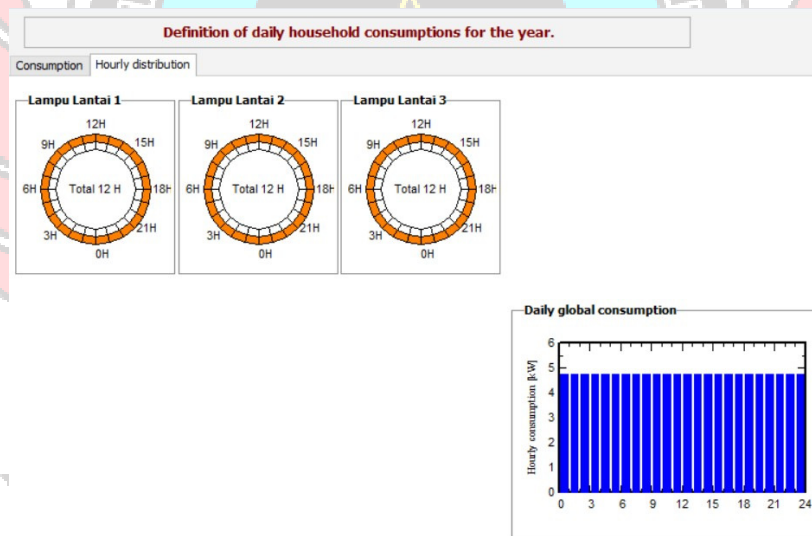
**Daily consumptions**

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
1	Lampu Lantai 1	3070 W/lamp	12.0 h/day	OK	36840 Wh
1	Lampu Lantai 2	2780 W/app	12.0 h/day	OK	33360 Wh
1	Lampu Lantai 3	3689 W/app	12.0 h/day	OK	44268 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	0.0		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh
<b>Total daily energy</b>					<b>114492 Wh/day</b>
<b>Monthly energy</b>					<b>3434.8 kWh/mth</b>

Appliances info

Gambar 4.2 Data Beban Harian Rumah Sakit Mata Makassar

Adapun data jam distribusi penggunaan beban lampu Rumah Sakit Mata Makassar adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Data Distribusi Beban Rumah Sakit Mata Makassar

#### 4.2.4 Penentuan Komponen PLTS

Komponen utama yang akan ditentukan dalam Aplikasi PVSyst adalah Panel Surya, Inverter dan Baterai. Pemilihan komponen ini didasarkan pada pemenuhan beban harian lampu Rumah Sakit Mata Makassar yang

diharapkan mampu menghasilkan perancangan yang optimum. Pemilihan komponen juga didasarkan pada ketersediaannya di Indonesia dan komponen-komponen tersebut mampu menghasilkan kinerja yang berkesesuaian dengan komponen lainnya. Komponen yang dipilih tersebut selanjutnya akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak PVSyst 7.3 untuk disimulasikan dalam perencanaan PLTS adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Spesifikasi Panel Surya (Trina Solar)

Spesifikasi	Nilai
Daya Maksimum (Pmax)	500 Wp
Tegangan Rangkaian Terbuka (Voc)	51.7 V
Arus Hubung Singkat (Isc)	12.13A
Tegangan Maksimum (Vmp)	42.88 V
Arus Maksimum (Imp)	11.69 A
Modul Efisiensi	20.9 %
Dimensi (mm x mm x mm)	2176 × 1098 × 35

Sumber : Trinasolar Vertex Brochure 2020\_03\_Rev03\_EN.

Tabel 4.4 Spesifikasi Inverter (Solaxpower - X3-Hybrid-10.0kW)

Spesifikasi	Nilai
Input DC	
Maximum PV Power	15000 W
Max DC Voltage	1000 V
Nominal DC Operating Voltage	720 V

MPPT Voltage Range	180 - 950 V
Start Operating Voltage	180 V
No. of MPP trackers	2
<b>Input AC</b>	
Max Apparent AC Power	10000 W
Max. AC current	16 A
Nominal Grid Voltage (AC Voltage Range) (V)	400/230 ; 380/220
Nominal Grid Frequency/Range	50/60 HZ
<b>Output AC</b>	
Nominal AC Power	10000 W
Nominal Grid Voltage (AC Voltage Range) (V)	400/230 ; 380/220
Nominal Grid Frequency/Range	50/60 HZ
Nominal AC current	14.5 A
Max. AC current	16 A
<b>General Information</b>	
MPPT Efficiency	99.9 %
Maximum Efficiency	97.8 %
Dimensi (W x H x D)	457 × 654 × 228 mm
Weight	45 kg

Sumber : [www.solaxpower.com](http://www.solaxpower.com)

Tabel 4.5 Spesifikasi Baterai (Narada 12NDT200)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Nilai</b>
Nominal Voltage	12 V
Rated Capacity	200 Ah (10 hour rate)
Recommended Maximum Charging Current Limit	50 A
Design Life at 25°C (77°F)	12+ years
Dimensi (W x H x D)	125 × 316 × 558 mm
Weight	61 kg

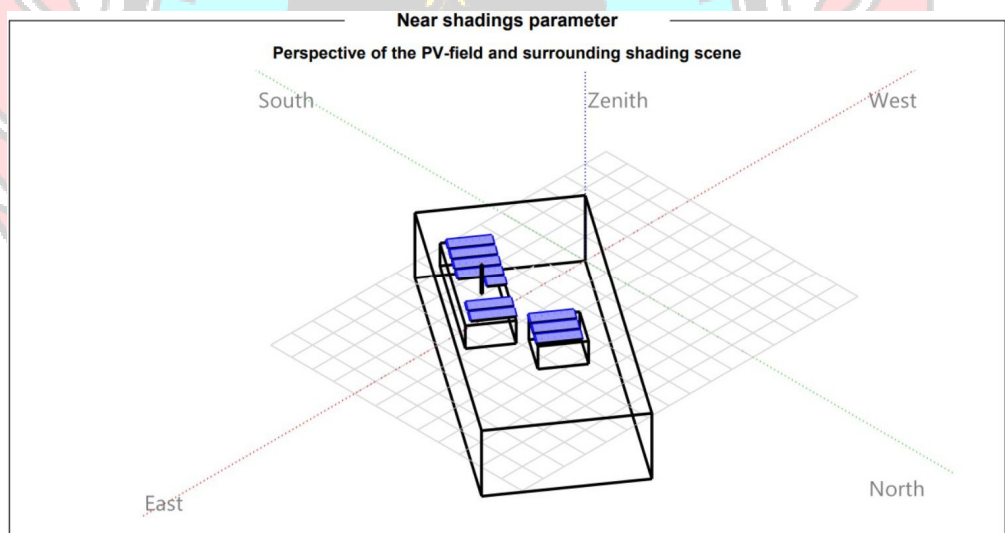


sumber : [www.naradabattery.com](http://www.naradabattery.com)

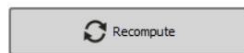
#### 4.2.5 Penggambaran *3D Scene Near Shading* PLTS RS Mata Makassar

Berdasarkan kondisi eksisting di lapangan (Atap Rumah Sakit Mata

Makassar) terdapat 1 unit penangkal petir yang lumayan besar, sehingga dapat memberikan pengaruh kepada hasil kinerja dari PLTS yang akan dirancang. Oleh karena itu sangat penting untuk mendapatkan data rugi-rugi akibat adanya penangkal petir tersebut. Di dalam Aplikasi PVSyst terdapat metode penggambaran shading akibat objek yang terdapat disekitar lokasi pemasangan Panel Surya yaitu *3D Scene Near Shading*. Berikut adalah gambaran *3D Scene Near Shading* yang diperoleh dari Aplikasi PVSyst 7.3.



Gambar 4.4 *3D Scene Near Shading* RS Mata Makassar di PVSyst 7.3



Plane orientation:  
Fixed Tilted Plane  
Tilt = 9°, Azimuth = -35°

Shading factor table (linear), for the beam component, Orient. #1

Azimuth	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
Height																			
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
50°	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.005	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.004	0.004	0.003
40°	0.005	0.001	0.000	0.000	0.003	0.006	0.006	0.004	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.006	0.006	0.005
30°	0.006	0.001	0.000	0.000	0.003	0.006	0.010	0.008	0.008	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.008	0.008	0.006
20°	0.013	0.003	0.000	0.000	0.003	0.006	0.011	0.029	0.019	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.008	0.008	0.013
10°	0.019	0.007	0.000	0.000	0.003	0.087	0.151	0.188	0.173	0.118	0.041	0.000	0.000	0.000	0.001	0.007	0.008	0.008	0.019
2°	0.024	0.011	0.000	0.000	0.153	0.327	0.449	0.537	0.496	0.409	0.294	0.076	0.000	0.000	0.001	0.007	0.008	0.008	0.024

Shading factor for diffuse: 0.011 and for albedo: 0.425

Gambar 4.5 Output nilai dari 3D Scene Near Shading dari PVSyst 7.3

Berdasarkan gambar 4.5, didapatkan data *shading* akibat adanya Tiang Penangkal Petir di sekitar lokasi pemasangan Panel Surya yang kemudian datanya akan dijadikan acuan oleh Aplikasi PVSyst 7.3 untuk menghitung nilai rugi-rugi pada perencanaan sistem PLTS ini.

#### 4.2.6 Hasil Simulasi

Berdasarkan pertimbangan dan analisa yang telah dilakukan, kemudian kami mengambil dua model perancangan untuk sistem PLTS yang akan dibangun, yaitu : perancangan sistem PLTS *Hybrid* dengan tambahan ATS dan juga perancangan sistem PLTS *On-Grid*. Berikut adalah hasil dari dua perancangan tersebut :

##### A. Sistem *Hybrid*

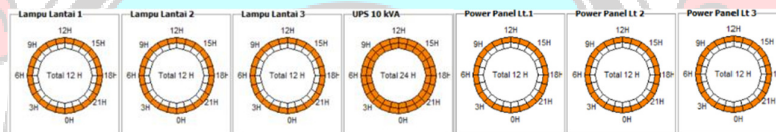
Pada Sistem perancangan PLTS *Hybrid* pada Atap Rumah Sakit

Mata Makassar kami menambahkan beban *Power Panel* Lantai 1, 2 dan lantai 3, juga UPS 10kVA agar jumlah energi terbuang dapat di

minimalisir. Adapun beban tersebut digambarkan pada aplikasi PVSyst sebagai berikut:

Daily consumptions						
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy	
1	Lampu Lantai 1	3070 W/lamp	12.0 h/day	OK	36840 Wh	
1	Lampu Lantai 2	2780 W/app	12.0 h/day	OK	33360 Wh	
1	Lampu Lantai 3	3689 W/app	12.0 h/day	OK	44268 Wh	
1	UPS 10 kVA	144.00 kWh/day	24.0	OK	144000 Wh	
1	Power Panel Lt. 1	10800. W aver.	12.0 h/day	OK	129600 Wh	
1	Power Panel Lt 2	8850 W/app	12.0 h/day	OK	106200 Wh	
1	Power Panel Lt 3	8580 W/app	12.0 h/day	OK	102960 Wh	
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh	
					<b>Total daily energy</b>	<b>597252 Wh/day</b>
					<b>Monthly energy</b>	<b>17917.6 kWh/mth</b>

Gambar 4.6 Output nilai dari 3D Scene Near Shading dari PVSyst 7.3



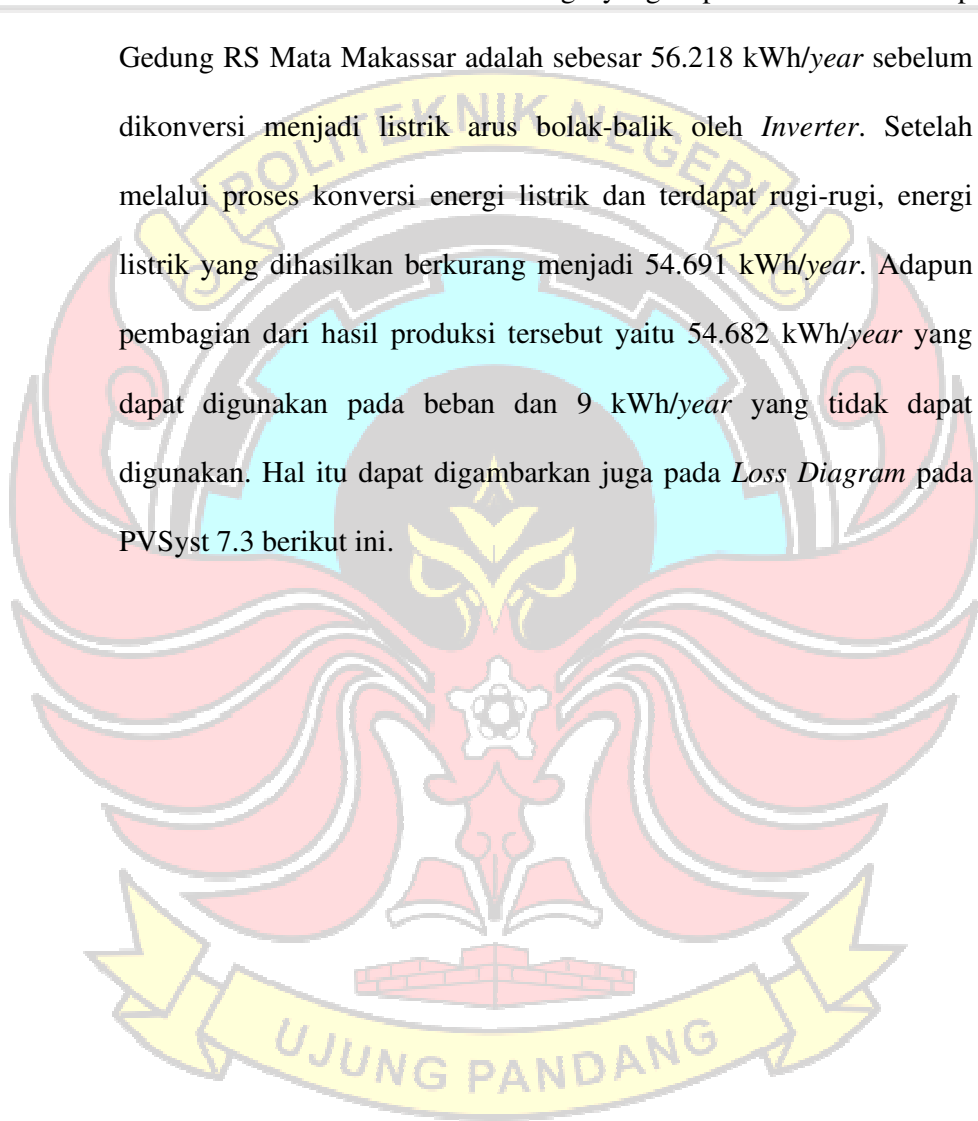
Gambar 4.7 Data Distribusi Beban PLTS Hybrid RS Mata Makassar

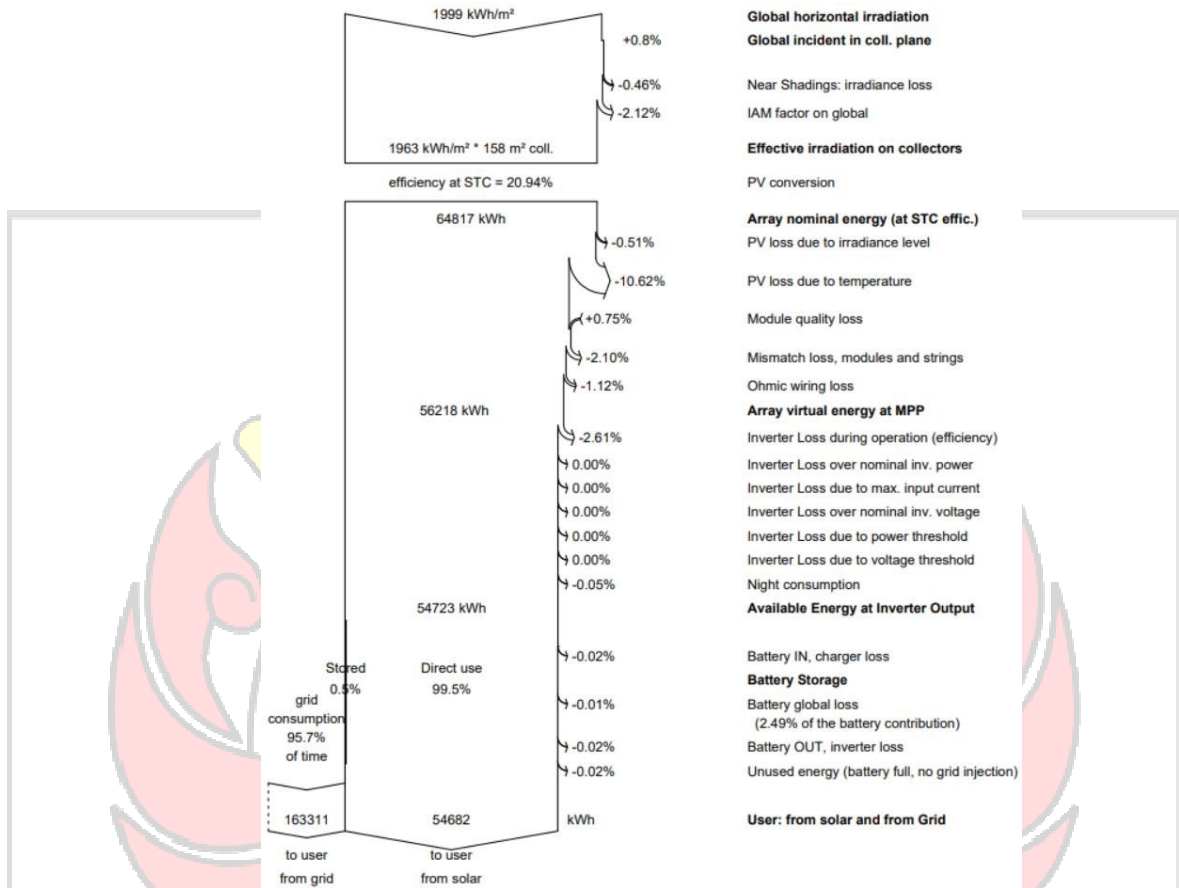
Hasil simulasi PVSyst 7.3 untuk perancangan Sistem Hybrid pada Atap Gedung Rumah Sakit Makassar dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Main results										
<b>System Production</b>										
Produced Energy	54682 kWh/year		Specific production		1657 kWh/kWp/year					
Used Energy	217993 kWh/year		Performance Ratio PR		82.26 %					
			Solar Fraction SF		25.08 %					
Balances and main results										
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	EUnused	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	163.0	73.42	26.57	155.4	150.7	4340	18514	4220	0.073	14294
February	127.6	75.97	26.81	125.5	121.7	3522	16723	3417	1.885	13306
March	148.7	84.55	26.96	148.3	144.0	4151	18514	4029	1.986	14485
April	162.0	71.29	26.99	166.0	162.1	4636	17917	4508	1.123	13410
May	159.2	72.78	27.57	167.0	163.0	4681	18514	4555	0.323	13959
June	149.0	62.77	26.70	158.1	154.3	4456	17917	4336	0.000	13581
July	174.1	57.99	26.72	184.3	180.1	5160	18514	5026	0.000	13489
August	196.4	59.15	27.02	203.8	199.5	5664	18514	5516	0.000	12998
September	188.6	64.23	27.24	191.9	187.6	5308	17917	5162	3.303	12755
October	201.6	76.48	27.90	198.6	193.8	5491	18514	5347	0.000	13167
November	172.8	79.46	27.04	166.8	161.9	4652	17917	4526	0.000	13391
December	156.2	76.58	27.02	148.6	143.8	4157	18514	4038	0.000	14476
Year	1999.3	854.66	27.05	2014.3	1962.6	56218	217993	54682	8.693	163311

Gambar 4.8 Potensi Energi Listrik PLTS *Hybrid* Rumah Sakit Mata  
Makassar Berdasarkan Simulasi PVSyst 7.3

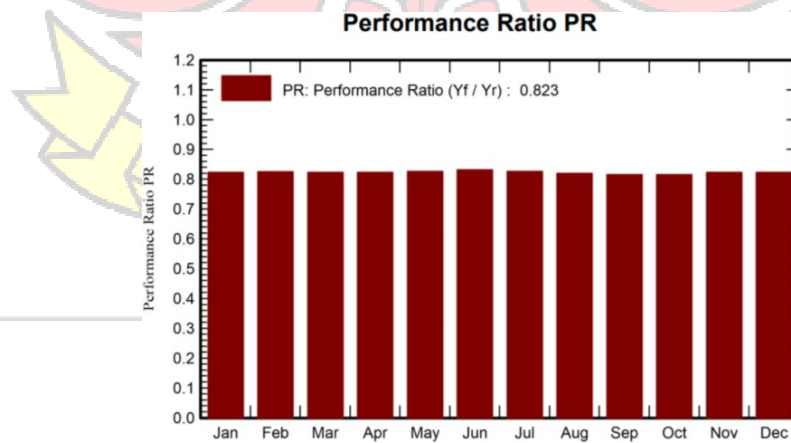
Berdasarkan tabel 4.6 energi yang diproduksi PLTS Atap Gedung RS Mata Makassar adalah sebesar 56.218 kWh/year sebelum dikonversi menjadi listrik arus bolak-balik oleh *Inverter*. Setelah melalui proses konversi energi listrik dan terdapat rugi-rugi, energi listrik yang dihasilkan berkurang menjadi 54.691 kWh/year. Adapun pembagian dari hasil produksi tersebut yaitu 54.682 kWh/year yang dapat digunakan pada beban dan 9 kWh/year yang tidak dapat digunakan. Hal itu dapat digambarkan juga pada *Loss Diagram* pada PVSyst 7.3 berikut ini.





Gambar 4.9 Loss Diagram PLTS Hybrid RS Mata Makassar PV Syst

7.3



Gambar 4.10 Grafik Rasio Kinerja PLTS Hybrid RS Mata Makassar

Berdasarkan gambar 4.9 dapat dilihat Performance Ratio atau rasio kinerja dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap RS Mata Makassar adalah sebesar 0.823 atau 82.3%.

### B. Sistem On-Grid

Hasil simulasi PVSyst 7.3 untuk perancangan Sistem *On-Grid* pada Atap Gedung Rumah Sakit Makassar dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

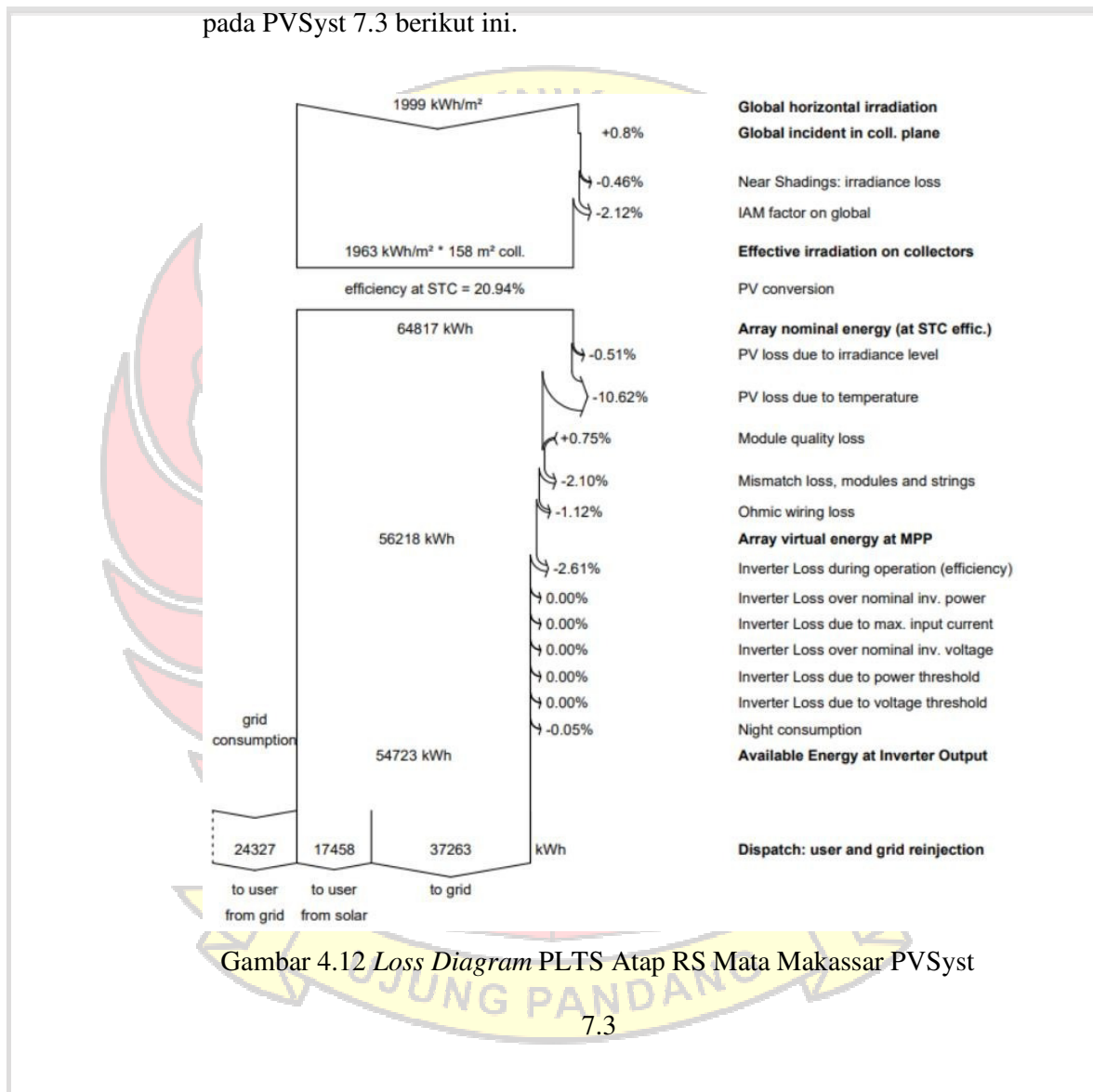
Potensi Energi Listrik PLTS On-Grid Rumah Sakit Mata Makassar Berdasarkan Simulasi PVSyst 7.3

Main results										
System Production										
Produced Energy	54721 kWh/year			Specific production			1658 kWh/kWp/year			
Used Energy	41785 kWh/year			Performance Ratio PR			82.32 %			
				Solar Fraction SF			41.78 %			
Balances and main results										
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	163.0	73.42	26.57	155.4	150.7	4340	3549	1457	2763	2092
February	127.6	75.97	26.81	125.5	121.7	3522	3205	1290	2130	1915
March	148.7	84.55	26.96	148.3	144.0	4151	3549	1429	2605	2120
April	162.0	71.29	26.99	166.0	162.1	4636	3434	1409	3103	2025
May	159.2	72.78	27.57	167.0	163.0	4681	3549	1465	3091	2084
June	149.0	62.77	26.70	158.1	154.3	4456	3434	1403	2934	2031
July	174.1	57.99	26.72	184.3	180.1	5160	3549	1482	3545	2067
August	196.4	59.15	27.02	203.8	199.5	5664	3549	1513	4008	2036
September	188.6	64.23	27.24	191.9	187.6	5308	3434	1481	3693	1954
October	201.6	76.48	27.90	198.6	193.8	5491	3549	1585	3767	1964
November	172.8	79.46	27.04	166.8	161.9	4652	3434	1502	3026	1932
December	156.2	76.58	27.02	148.6	143.8	4157	3549	1442	2598	2107
Year	1999.3	854.66	27.05	2014.3	1962.6	56218	41785	17458	37263	24327

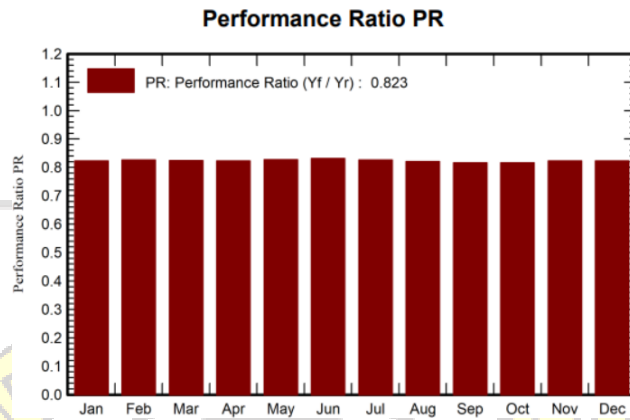
Gambar 4.11 Potensi Energi Listrik PLTS On-Grid Rumah Sakit Mata Makassar Berdasarkan Simulasi PVSyst 7.3

Berdasarkan tabel 4.7 energi yang diproduksi PLTS Atap Gedung RS Mata Makassar adalah sebesar 56.218 kWh/year sebelum dikonversi menjadi listrik arus bolak-balik oleh Inverter. Setelah melalui proses konversi energi listrik dan terdapat rugi-rugi, energi listrik yang dihasilkan berkurang menjadi 54.721 kWh/year. Adapun

pembagian dari hasil produksi tersebut yaitu 17.458 kWh/year yang langsung digunakan pada beban dan 37.263 kWh/year yang akan dialirkan ke *Grid*. Hal itu dapat digambarkan juga pada *Loss Diagram* pada PVSyst 7.3 berikut ini.



Gambar 4.12 *Loss Diagram* PLTS Atap RS Mata Makassar PVSyst



Gambar 4.13 Grafik Rasio Kinerja PLTS Atap RS Mata Makassar

Berdasarkan gambar 4.11 dapat dilihat Performance Ratio atau rasio kinerja dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap RS Mata Makassar adalah sebesar 0.823 atau 82.3%.

#### 4.2.7 Analisa Ekonomi PLTS Menggunakan PVSyst 7.3

Berdasarkan hasil simulasi perancangan PLTS di Aplikasi PVSyst 7.3, kemudian dilakukan perhitungan analisa ekonomi untuk mendapatkan pertimbangan apakah proyek ini dapat dilanjutkan atau perlu perbaikan perancangan. Berikut adalah hasil perhitungan ekonomi dari dua sistem PLTS yang telah disimulasikan:

##### A. Informasi Umum

Proyek Perancangan PLTS Atap di RS Mati Makassar memiliki umur proyek selama 25 tahun yang dirancangan pada tahun 2023. Dari hal perancangan tersebut diperlukan beberapa data penting seperti data inflasi, nilai suku bunga yang digunakan, dan nilai tarif jual beli listrik PLN.



Berdasarkan data yang dihimpun dari Badan Pusat Statistik untuk nilai Suku Bunga Kredit Rupiah pada Kelompok Bank Swasta Nasional khusus untuk Investasi, nilai suku bunga perbulan April 2023 adalah 8.43%. Sementara itu, berdasarkan data yang dihimpun dari Bank Indonesia (BI) untuk Data Inflasi di Indonesia perbulan Juni 2023 adalah 3.52%.

Berdasarkan Perpres Nomor 112 Tahun 2022 untuk harga pembelian tenaga listrik dari PLTS Fotovoltaik untuk lokasi pemasangan di Pulau Sulawesi pada 10 tahun pertama adalah Rp. 1.893 per kWh dan untuk tahun selanjutnya adalah Rp. 1.032 per kWh. Sementara itu untuk harga beli listrik dari PLN untuk penggolongan tarif Kegiatan sosial murni seperti Rumah Sakit Mata adalah 1114.74 per kWh. Berdasarkan penjabaran di atas, dapat di sederhanakan menjadi seperti berikut ini :

- 1) Data Inflasi = 3.52 %/year
- 2) Discount Rate = 8.43 %/year
- 3) Harga Beli Listrik = Rp. 1.522,88 per kWh
- 4) Penjualan Listrik :
  - a. 10 Tahun Pertama = Rp. 1.893 per kWh
  - b. 15 Tahun Selanjutnya = Rp. 1.032 per kWh
  - c. Rerata untuk 25 Tahun =  $(Rp. 1.893 \times 10 + Rp. 1.032 \times 15) /$

25

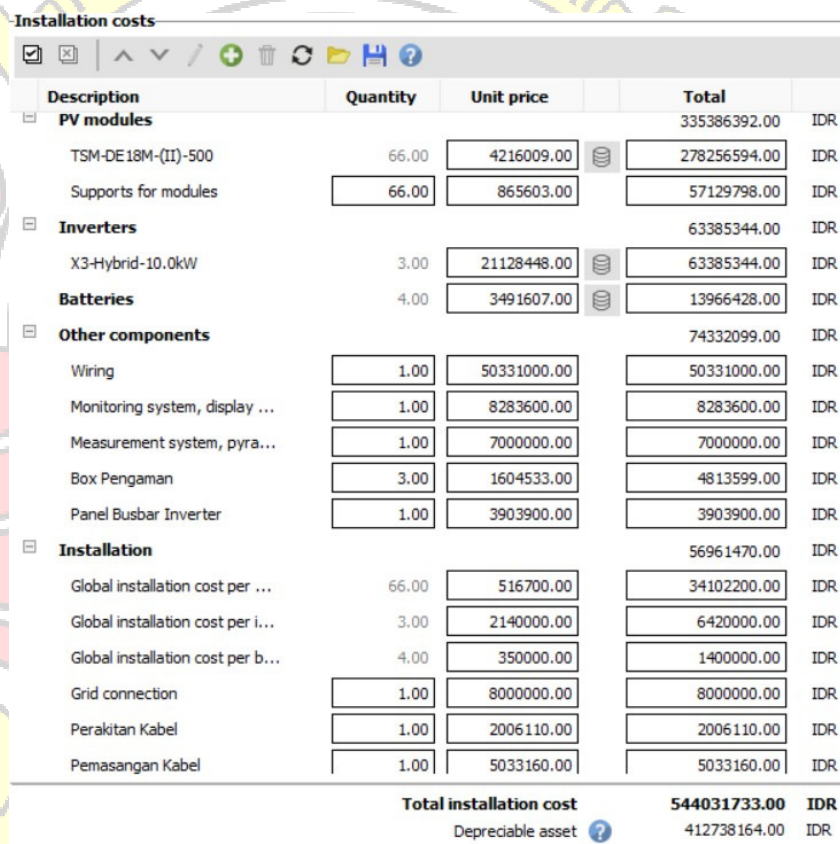
= Rp. 1.376,77 per kWh

## B. Sistem Hybrid

Berdasarkan perhitungan Rancangan Anggaran Biaya PLTS

Hybrid Rumah Sakit Mata Makassar yang telah dibuat, dapat dimasukkan pada aplikasi PVSyst 7.3 sebagai berikut :

### 1) Installation Cost



Description	Quantity	Unit price	Total	
<b>PV modules</b>			335386392.00	IDR
TSM-DE 18M-(II)-500	66.00	4216009.00	278256594.00	IDR
Supports for modules	66.00	865603.00	57129798.00	IDR
<b>Inverters</b>			63385344.00	IDR
X3-Hybrid-10.0kW	3.00	21128448.00	63385344.00	IDR
<b>Batteries</b>			13966428.00	IDR
	4.00	3491607.00	13966428.00	IDR
<b>Other components</b>			74332099.00	IDR
Wiring	1.00	50331000.00	50331000.00	IDR
Monitoring system, display ...	1.00	8283600.00	8283600.00	IDR
Measurement system, pyra...	1.00	7000000.00	7000000.00	IDR
Box Pengaman	3.00	1604533.00	4813599.00	IDR
Panel Busbar Inverter	1.00	3903900.00	3903900.00	IDR
<b>Installation</b>			56961470.00	IDR
Global installation cost per ...	66.00	516700.00	34102200.00	IDR
Global installation cost per i...	3.00	2140000.00	6420000.00	IDR
Global installation cost per b...	4.00	350000.00	1400000.00	IDR
Grid connection	1.00	8000000.00	8000000.00	IDR
Perakitan Kabel	1.00	2006110.00	2006110.00	IDR
Pemasangan Kabel	1.00	5033160.00	5033160.00	IDR
<b>Total installation cost</b>			<b>544031733.00</b>	<b>IDR</b>
Depreciable asset			412738164.00	IDR

Gambar 4.14 *Installation Cost* PLTS Hybrid RS Mata Makassar

Berdasarkan gambar di atas, dapat di lihat bahwa nilai atau

biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTS Hybrid RS

Mata Makassar adalah sebesar Rp. 544.031.733.

## 2) Operating Cost

**Operating costs (yearly)**

Description	Yearly cost	
<b>Maintenance</b>	12555177.20	IDR
Provision for inverter re...	6338534.40	IDR
Salaries	1000000.00	IDR
Repairs	2500000.00	IDR
Cleaning	1320000.00	IDR
Provision for battery re...	1396642.80	IDR
Security fund	0.00	IDR
<b>Land rent</b>	0.00	IDR
<b>Insurance</b>	0.00	IDR
<b>Bank charges</b>	0.00	IDR
<b>Administrative, accounti...</b>	0.00	IDR
<b>Taxes</b>	0.00	IDR
<b>Subsidies</b>	-	0.00 IDR
<b>Operating costs (OPEX)</b>	<b>12555177.20</b>	<b>IDR/year</b>

Gambar 4.15 *Operating Costs* PLTS Hybrid RS Mata Makassar

Berdasarkan gambar di atas, dapat di lihat bahwa nilai atau biaya yang dibutuhkan dalam Operasional dan *Maintenance* PLTS Hybrid RS Mata Makassar adalah sebesar Rp. 12.555.177 per tahun.

## 3) Financial Result

Tabel 4.6 *Detailed Economic Result* PLTS Hybrid

Detailed economic results (IDR)										
Year	Electricity sale	Own funds	Run. costs	Deprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Self-cons. saving	Cumul. profit	% amort.
0	0	544031733	0	0	0	0	0	0	544031733	0.0%
1	0	0	12555177	16509627	0	0	-1285177	93313996	-418774193	12.0%
2	0	0	12667119	16509627	0	0	-1285177	93313996	-41865504	23.0%
3	0	0	13454818	16509627	0	0	-13454818	93313996	-384165504	33.1%
4	0	0	13828221	16509627	0	0	-13828221	93313996	-313870185	42.3%
5	0	0	14418494	16509627	0	0	-14418494	93313996	-260034462	50.7%
6	0	0	14920026	16509627	0	0	-14920026	93313996	-223222851	60.8%
7	0	0	15451421	16509627	0	0	-15451421	93313996	-187411862	69.8%
8	0	0	15995311	16509627	0	0	-15995311	93313996	-152179685	72.0%
9	0	0	16558346	16509627	0	0	-16558346	93313996	-118604113	78.0%
10	0	0	17144030	16509627	0	0	-17144030	93313996	-85651874	82.4%
11	0	0	17744870	16509627	0	0	-17744870	93313996	-53327288	86.3%
12	0	0	18369179	16509627	0	0	-18369179	93313996	-20993228	90.3%
13	0	0	19018774	16509627	0	0	-19018774	93313996	16541187	97.0%
14	0	0	19695129	16509627	0	0	-19695129	93313996	3946736	100.0%
15	0	0	20397845	16509627	0	0	-20397845	93313996	12861715	146.2%
16	0	0	21096353	16509627	0	0	-21096353	93313996	30684109	167.3%
17	0	0	21837909	16509627	0	0	-21837909	93313996	55213666	168.1%
18	0	0	22609004	16509627	0	0	-22609004	93313996	80817191	150.7%
19	0	0	23402366	16509627	0	0	-23402366	93313996	10229649	145.1%
20	0	0	24229119	16509627	0	0	-24229119	93313996	3338846	117.0%
21	0	0	25078879	16509627	0	0	-25078879	93313996	10468106	116.2%
22	0	0	25951955	16509627	0	0	-25951955	93313996	14247953	121.0%
23	0	0	26837806	16509627	0	0	-26837806	93313996	17800189	133.0%
24	0	0	27821423	16509627	0	0	-27821423	93313996	19207476	124.1%
25	0	0	28800841	16509627	0	0	-28800841	93313996	15046206	126.4%
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>544031733</b>	<b>490329375</b>	<b>412738164</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>490329375</b>	<b>288046985</b>	<b>136183638</b>	<b>151.4%</b>

<b>Installation costs (CAPEX)</b>	
Total installation cost	544031733 IDR
Depreciable asset	412738164 IDR

<b>Financing</b>	
Own funds	544031733 IDR
Subsidies	0.00 IDR
Loans	0.00 IDR
<b>Total</b>	<b>544031733 IDR</b>

<b>Expenses</b>	
Operating costs(OPEX)	19613015 IDR/year
Loan annuities	0.00 IDR/year
<b>Total</b>	<b>19613015 IDR/year</b>
<b>LCOE</b>	<b>1278.1355 IDR/kWh</b>

<b>Return on investment</b>	
Net present value (NPV)	<b>138182638 IDR</b>
Internal rate of return (IRR)	<b>11.51 %</b>
Payback period	<b>13.8 years</b>
Return on investment (ROI)	<b>25.4 %</b>

Gambar 4.16 Nilai Kelayakan Investasi PLTS Hybrid

Berdasarkan gambar tabel dan data di atas, dapat di lihat bahwa nilai *Net Present Value* (NPV) dari proyek ini adalah mines (-) Rp.138.182.638 dengan nilai internal *Rate of Return* (IRR) sebesar 11.51%, *Payback Periode* 13,8 tahun dan *Return on Investment* (ROI) sebesar 25.4%.

### C. Sistem On-Grid

Berdasarkan perhitungan Rancangan Anggaran Biaya PLTS *On-Grid* Rumah Sakit Mata Makassar yang telah dibuat, dapat dimasukkan pada aplikasi PVSyst 7.3 sebagai berikut :

- 1) Installation Cost

Description	Quantity	Unit price	Total	
<b>PV modules</b>			334508262.00	IDR
TSM-DE18M-(II)-500	66.00	4216009.00	278256594.00	IDR
Supports for modules	66.00	852298.00	56251668.00	IDR
<b>Inverters</b>			63385344.00	IDR
X3-Hybrid-10.0kW	3.00	21128448.00	63385344.00	IDR
<b>Other components</b>			74332099.00	IDR
Wiring	1.00	50331000.00	50331000.00	IDR
Monitoring system, display ...	1.00	8283600.00	8283600.00	IDR
Measurement system, pyra...	1.00	7000000.00	7000000.00	IDR
Box Pengaman	3.00	1604533.00	4813599.00	IDR
Panel Busbar Inverter	1.00	3903900.00	3903900.00	IDR
<b>Studies and analysis</b>			0.00	IDR
<b>Installation</b>			55561470.00	IDR
Global installation cost per ...	66.00	516700.00	34102200.00	IDR
Global installation cost per i...	3.00	2140000.00	6420000.00	IDR
Grid connection	1.00	8000000.00	8000000.00	IDR
Perakitan Panel	1.00	2006110.00	2006110.00	IDR
Pemasangan Kabel	1.00	5033160.00	5033160.00	IDR
<b>Total installation cost</b>			<b>527787175.00</b>	<b>IDR</b>
Depreciable asset			397893606.00	IDR

Gambar 4.17 Installation Cost PLTS On-Grid RS Mata Makassar

Berdasarkan gambar di atas, dapat di lihat bahwa nilai atau biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan PLTS *On-Grid* RS Mata Makassar adalah sebesar Rp. 527.787.175.

## 2) Operating Cost

**Operating costs (yearly)**

Description	Yearly cost	
<b>Maintenance</b>	11240000.00	IDR
Provision for inverter re...	6420000.00	IDR
Salaries	1000000.00	IDR
Repairs	2500000.00	IDR
Cleaning	1320000.00	IDR
Security fund	0.00	IDR
<b>Land rent</b>	0.00	IDR
<b>Insurance</b>	0.00	IDR
<b>Bank charges</b>	0.00	IDR
<b>Administrative, accounti...</b>	0.00	IDR
<b>Taxes</b>	0.00	IDR
<b>Subsidies</b>	- 0.00	IDR
<b>Operating costs (OPEX)</b>	<b>11240000.00</b>	<b>IDR/year</b>

Gambar 4.18 Operating Costs PLTS On-Grid RS Mata Makassar

Berdasarkan gambar di atas, dapat di lihat bahwa nilai atau biaya yang dibutuhkan dalam Operasional dan *Maintenance* PLTS *On-Grid* RS Mata Makassar adalah sebesar Rp. 11.240.000 per tahun.

### 3) Financial Result

Tabel 4.7 *Detailed Economic Result* PLTS *On-Grid*

Detailed economic results (IDR)

Year	Electricity sale	Own funds	Run. costs	Deprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Self-cons. saving	Cumul. profit	% amount
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1	5133809	0	11240000	15915744	24183005	0	40968005	30588000	-22791913	23.2%
2	5133809	0	11050648	15915744	23787417	0	39731669	30588000	-40962012	22.3%
3	5133809	0	12045223	15915744	23377842	0	39313800	30588000	-18224793	32.1%
4	5133809	0	12492615	15915744	22955850	0	38898350	30588000	-118071294	41.1%
5	5133809	0	12901131	15915744	22514834	0	38478170	30588000	-287481982	48.3%
6	5133809	0	13302497	15915744	22060508	0	38055112	30588000	-227794812	58.8%
7	5133809	0	13822857	15915744	21583208	0	37628602	30588000	-191382884	63.7%
8	5133809	0	14319774	15915744	21102391	0	37199329	30588000	-158123289	72.2%
9	5133809	0	14822802	15915744	20619628	0	36767826	30588000	-127948148	78.3%
10	5133809	0	15349529	15915744	20077430	0	36334514	30588000	-98788782	81.1%
11	5133809	0	15888796	15915744	19532720	0	35898824	30588000	-74318809	85.8%
12	5133809	0	16444875	15915744	18978000	0	35460324	30588000	-51942948	90.3%
13	5133809	0	17022838	15915744	18396227	0	35019627	30588000	-28714888	94.4%
14	5133809	0	17623277	15915744	17798888	0	34577308	30588000	-10385181	98.0%
15	5133809	0	18245409	15915744	17179890	0	34133028	30588000	7319221	101.4%
16	5133809	0	18889577	15915744	16537488	0	33686527	30588000	23942288	104.8%
17	5133809	0	19650248	15915744	15872715	0	33237848	30588000	52889158	107.9%
18	5133809	0	20538522	15915744	15184543	0	32786527	30588000	81728442	109.8%
19	5133809	0	20959818	15915744	14472147	0	32331288	30588000	109878088	112.1%
20	5133809	0	21088390	15915744	13734875	0	31873527	30588000	138118888	114.2%
21	5133809	0	22028121	15915744	12971243	0	31413808	30588000	166382888	115.2%
22	5133809	0	22842128	15915744	12182838	0	30951627	30588000	194678888	117.8%
23	5133809	0	24002248	15915744	11262817	0	30486527	30588000	223098888	118.6%
24	5133809	0	24907189	15915744	10210896	0	29918027	30588000	251648888	120.8%
25	5133809	0	25783901	15915744	9029453	0	29345827	30588000	280338888	122.2%
<b>Total</b>	<b>1283470226</b>	<b>527781375</b>	<b>438962917</b>	<b>39789368</b>	<b>446813783</b>	<b>0</b>	<b>438962917</b>	<b>684979200</b>	<b>117293960</b>	<b>128.2%</b>

<b>Installation costs (CAPEX)</b>	
Total installation cost	527787175 IDR
Depreciable asset	397893606 IDR

<b>Financing</b>	
Own funds	527787175 IDR
Subsidies	0.00 IDR
Loans	0.00 IDR
<b>Total</b>	<b>527787175 IDR</b>

<b>Expenses</b>	
Operating costs(OPEX)	17558517 IDR/year
Loan annuities	0.00 IDR/year
<b>Total</b>	<b>17558517 IDR/year</b>
<b>LCOE</b>	<b>1215.7567 IDR/kWh</b>

<b>Return on investment</b>	
Net present value (NPV)	<b>117335300 IDR</b>
Internal rate of return (IRR)	<b>11.13 %</b>
Payback period	<b>14.6 years</b>
Return on investment (ROI)	<b>22.2 %</b>

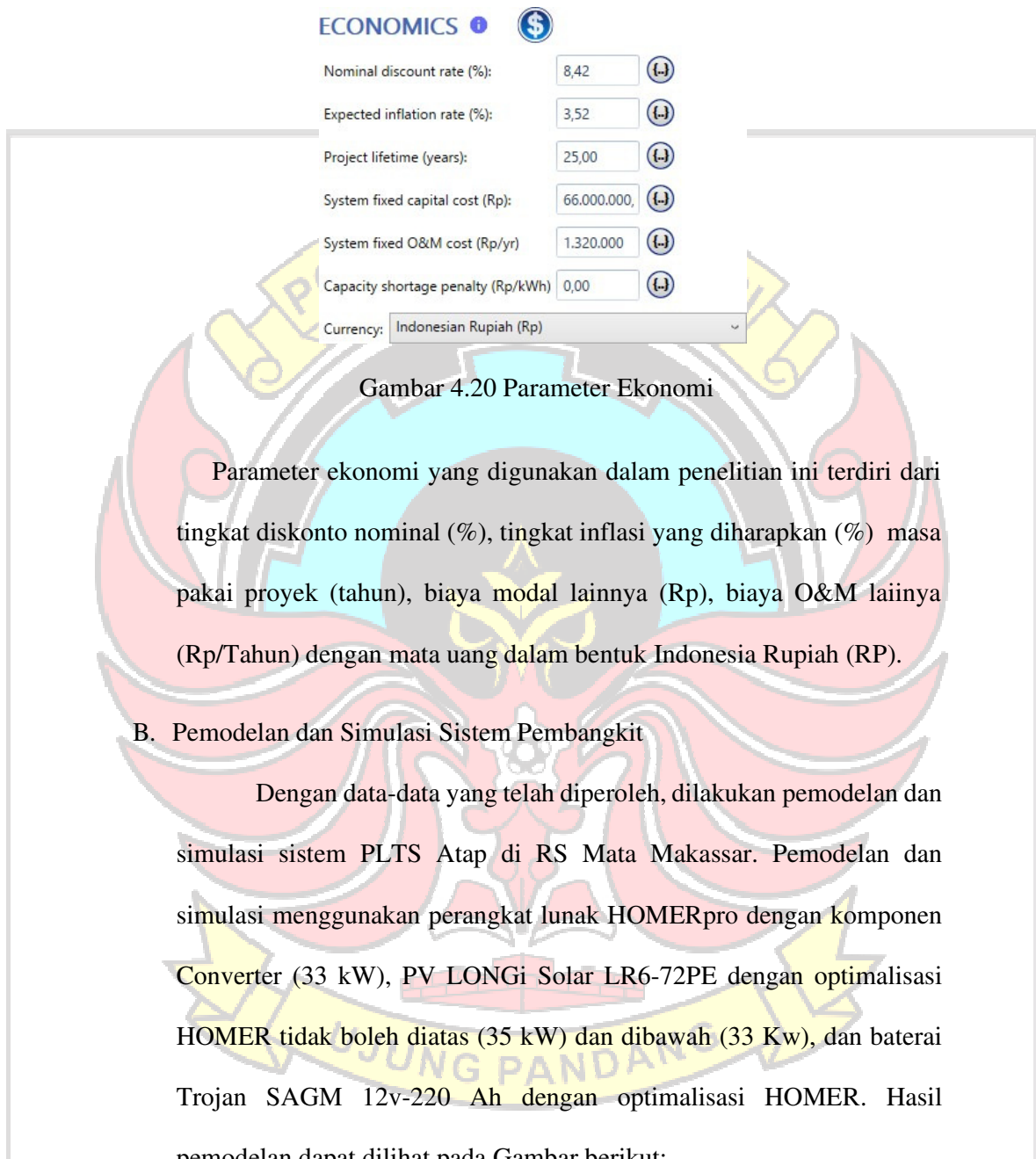
Gambar 4.19 Nilai Kelayakan Investasi PLTS *On-Grid*

Berdasarkan gambar tabel dan data di atas, dapat di lihat bahwa nilai *Net Present Value* (NPV) dari proyek ini adalah Rp. 117.335.300 dengan nilai internal *Rate of Return* (IRR) sebesar 11.13%, *Payback Periode* selama 14.6 tahun dan Return on Investment (ROI) sebesar 22.2%.

### 4.3 Hasil Perancangan Homer Pro

#### 4.3.1 PLTS Hybrid

## A. Perhitungan Ekonomi



Parameter	Value
Nominal discount rate (%)	8,42
Expected inflation rate (%)	3,52
Project lifetime (years)	25,00
System fixed capital cost (Rp)	66.000.000,
System fixed O&M cost (Rp/yr)	1.320.000
Capacity shortage penalty (Rp/kWh)	0,00
Currency	Indonesian Rupiah (Rp)

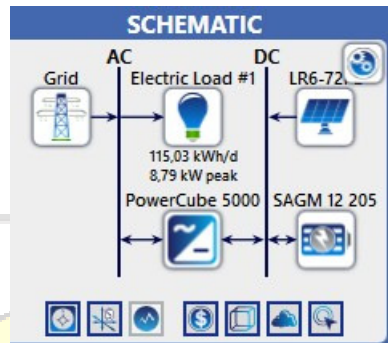
**Gambar 4.20 Parameter Ekonomi**

Parameter ekonomi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tingkat diskonto nominal (%), tingkat inflasi yang diharapkan (%) masa pakai proyek (tahun), biaya modal lainnya (Rp), biaya O&M lainnya (Rp/Tahun) dengan mata uang dalam bentuk Indonesia Rupiah (RP).

## B. Pemodelan dan Simulasi Sistem Pembangkit

Dengan data-data yang telah diperoleh, dilakukan pemodelan dan simulasi sistem PLTS Atap di RS Mata Makassar. Pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak HOMERpro dengan komponen Converter (33 kW), PV LONGi Solar LR6-72PE dengan optimalisasi HOMER tidak boleh diatas (35 kW) dan dibawah (33 Kw), dan baterai Trojan SAGM 12v-220 Ah dengan optimalisasi HOMER. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar berikut:





Gambar 4.21 Hasil Pemodelan

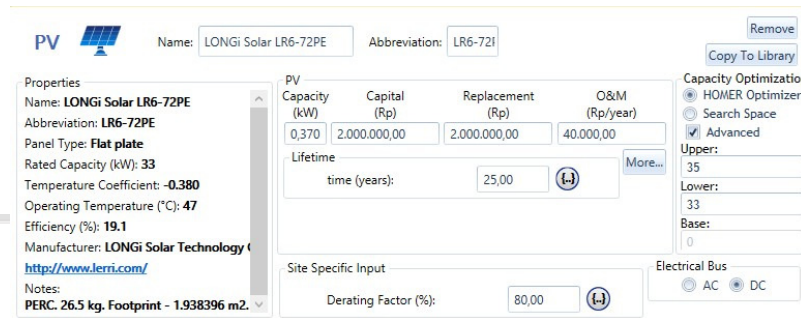
### C. Rating Komponen

#### 1) Grid

Gambar 4.22 Format Grid Information

Sistem Grid PLN yang digunakan di RS Mata Makassar memiliki harga listrik per kWh sebesar Rp 1.522,88, dalam desain ini penulis memaksimalkan penggunaan PLTS dibandingkan Grid PLN dengan memilih Net purchases calculated pada desain.

#### 2) Panel Surya



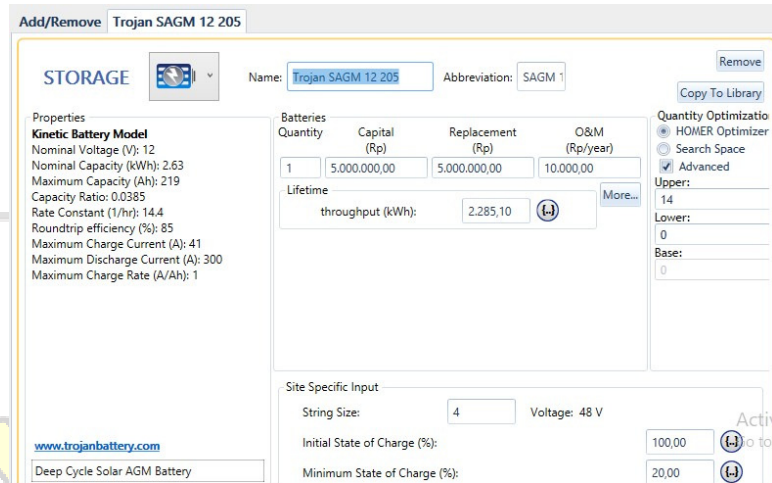
Gambar 4.23 Spesifikasi Panel Surya

sistem panel surya yang digunakan oleh RS Mata Makassar berkapasitas 33 kWp dengan rincian sebagai berikut:

- Tipe : LONGi Solar LR6-72PE
- Jumlah : 89
- Daya nominal : 370 Wp
- Total Kapasitas : 33 kW
- Harga : Rp 2.000.000 per 0,370 Wp
- Biaya Pemeliharaan : Rp 40.000/tahun

Biaya pemeliharaan merupakan biaya operasional dan pemeliharaan modul surya, diperhitungkan besarnya adalah 2% dari total investasi awal.

### 3) Baterai



Gambar 4.24 Tampilan Spesifikasi Baterai

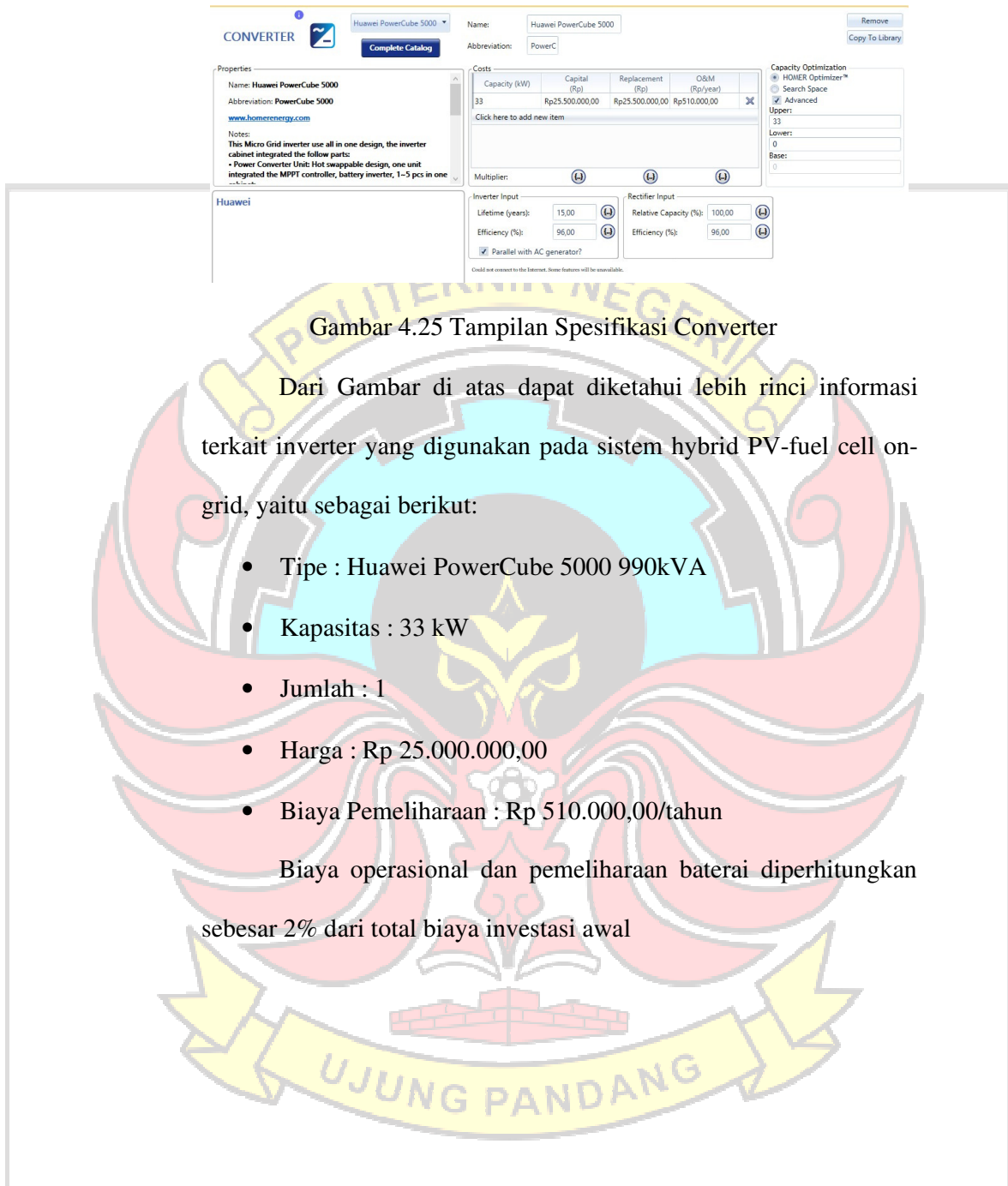
Gambar di atas menunjukkan tampilan desain baterai yang digunakan pada PLTS Atap RS Mata Makassar. Dari gambar tersebut, dapat diketahui lebih rinci informasi terkait baterai yang digunakan yaitu sebagai berikut:

- Tipe : Trojan SAGM 12V- 205 Ah
- Kapasitas Nominal : 2,63 kWh
- Jumlah : 4 (seri)
- Total Kapasitas : 10.5 kWh
- Harga Satuan : Rp 5.000.000,00
- Biaya Pemeliharaan : Rp 10.000,00/tahun

Biaya operasional dan pemeliharaan baterai diperhitungkan

sebesar 2% dari total biaya investasi awal.

#### 4) Converter



Gambar 4.25 Tampilan Spesifikasi Converter

Dari Gambar di atas dapat diketahui lebih rinci informasi terkait inverter yang digunakan pada sistem hybrid PV-fuel cell on-grid, yaitu sebagai berikut:

- Tipe : Huawei PowerCube 5000 990kVA
- Kapasitas : 33 kW
- Jumlah : 1
- Harga : Rp 25.000.000,00
- Biaya Pemeliharaan : Rp 510.000,00/tahun

Biaya operasional dan pemeliharaan baterai diperhitungkan sebesar 2% dari total biaya investasi awal

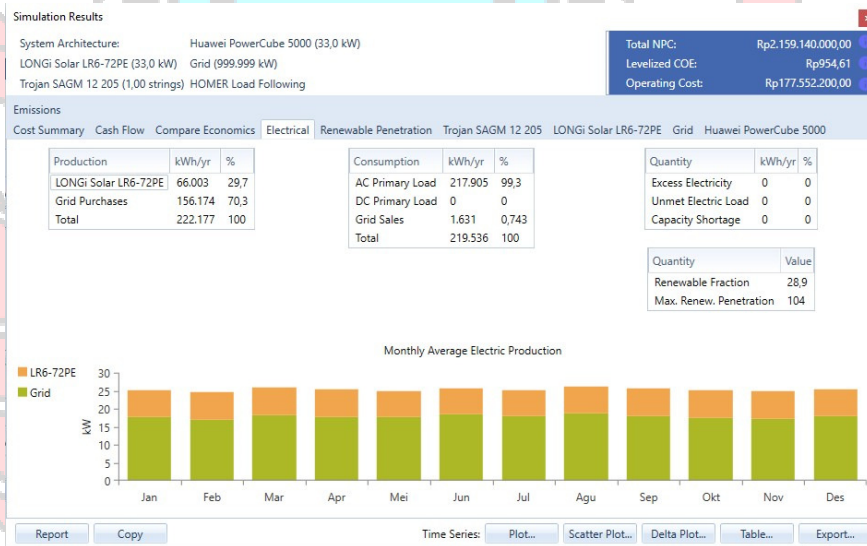
#### D. Hasil Analisis

##### 1) Analisis Kelistrikan

Berdasarkan design system yang telah dirancang didapatkan hasil simulasi konfigurasi sistem sebanyak 4 dan yang paling optimal berada pada urutan kedua dengan pemanfaatan system PLTS dan juga Grid PLN. Dengan PV 33 kW, Baterai 4 Buah, konverter 33 kW dan Grid PLN.

Architecture	Cost	System	LRS-72PE
LR6-72PE (33.0 kW) SAGM 12.205 (33.0 kW) PowerCube 5000 (33.0 kW) Dispatch	COE (Rp) NPC (Rp) Operating cost (Rp/yr) Initial capital (Rp) Ren. Fra. (%) Total Fuel (kg/yr) Capital Cost (Rp) Production (kWh/yr) Autonomy (%) Annual	LR6-72PE	
33.0 4 999.999 33.0	LF Rp930.96 Rp2.118 Rp178M Rp270M 28.9 0 178378.384 66.003 0.338 0		
33.0 4 999.999 33.0	LF Rp954.61 Rp2.168 Rp178M Rp330M 28.9 0 178378.384 66.003 0.338 0		

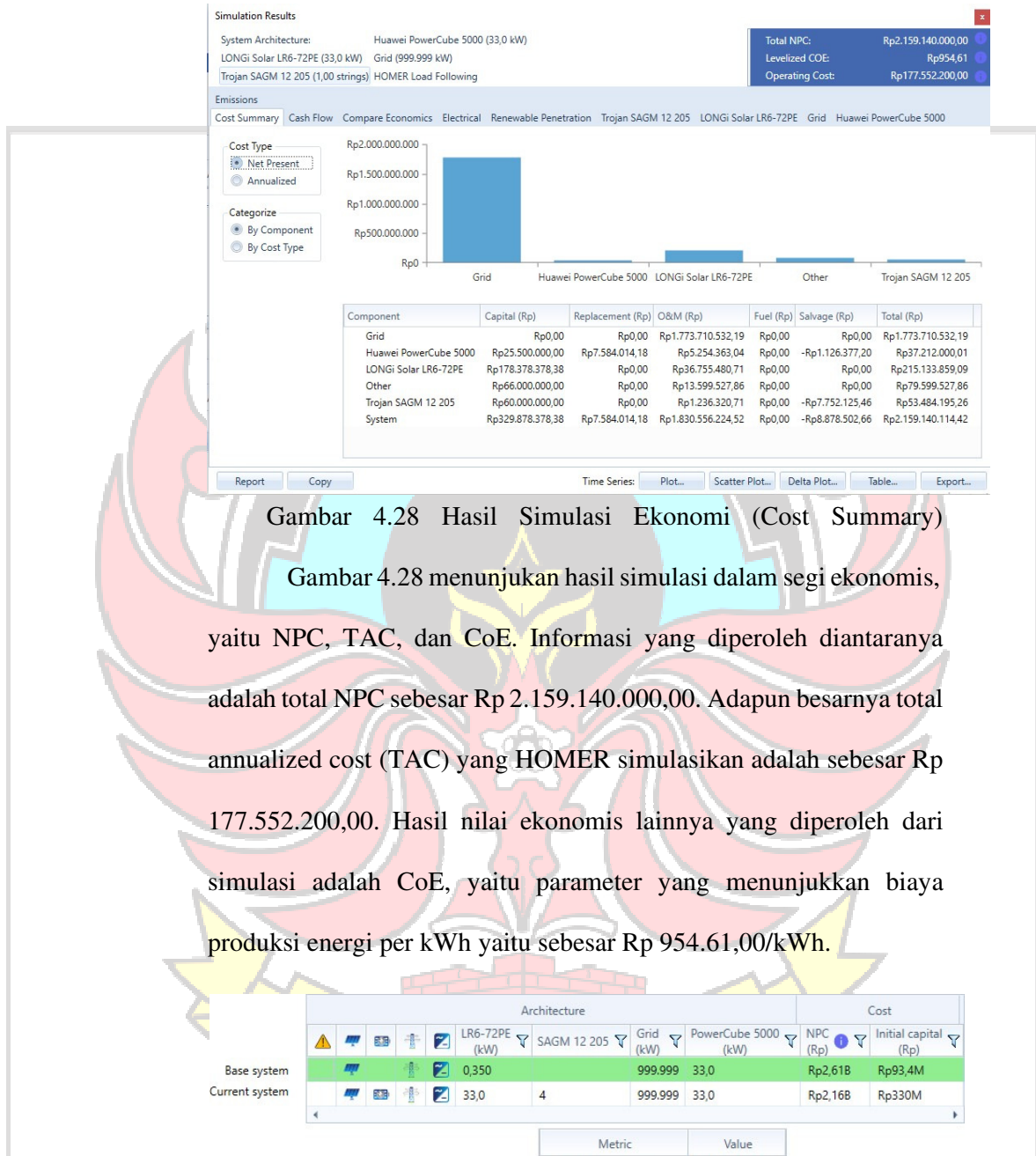
Gambar 4.26 Hasil Pengoptimalan Sistem



Gambar 4.27 Hasil Simulasi Kelistrikan

Dari hasil simulasi diketahui produksi listrik yang dihasilkan system secara keseluruhan sebesar 222.177 kWh/yr. Dimana PV menghasilkan listrik sebesar 66.003 kWh/yr dengan persentase 29.7 % dari total produksi listrik system dan jumlah listrik yang dibeli dari PLN sebesar 156.174 kWh/yr dengan persentase 70.3 %. Konsumsi daya beban primer AC sebesar 41.987 kWh/yr.

## 2) Analisis Ekonomi



Gambar 4.28 Hasil Simulasi Ekonomi (Cost Summary)


Gambar 4.28 menunjukkan hasil simulasi dalam segi ekonomis, yaitu NPC, TAC, dan CoE. Informasi yang diperoleh diantaranya adalah total NPC sebesar Rp 2.159.140.000,00. Adapun besarnya total annualized cost (TAC) yang HOMER simulasikan adalah sebesar Rp 177.552.200,00. Hasil nilai ekonomis lainnya yang diperoleh dari simulasi adalah CoE, yaitu parameter yang menunjukkan biaya produksi energi per kWh yaitu sebesar Rp 954.61,00/kWh.







Gambar 4.29 Hasil Simulasi Ekonomi (Compare Economics)

Dari hasil compare economics antara system Hybrid PLTS dibandingkan dengan Base system yang hanya menggunakan Grid PLN sebagai sumber listrik utama diketahui present worth dari system PLTS ialah sebesar Rp. 453.174.500,00 dengan keuntungan Rp.43.986.110,00/Tahun, nilai ROI sebesar 25 %, IRR sebesar 27.9 % dan payback period selama 4.44 tahun. Dari Hasil ini dapat disimpulkan bahwa system PLTS hybrid ini menguntungkan dan dapat diterapkan.

#### 4.3.2 PLTS On-Grid

##### A. Perhitungan Ekonomi

**ECONOMICS** ⓘ 

Nominal discount rate (%):	8,42	
Expected inflation rate (%):	3,52	
Project lifetime (years):	25,00	
System fixed capital cost (Rp):	66.000.000,	
System fixed O&M cost (Rp/yr)	1.320.000	
Capacity shortage penalty (Rp/kWh)	0,00	
Currency:	Indonesian Rupiah (Rp) ▾	

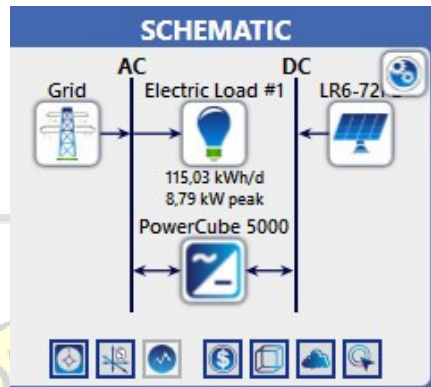
**Gambar 4.30 Parameter Ekonomi**

Parameter ekonomi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tingkat diskonto nominal (%), tingkat inflasi yang diharapkan (%) masa pakai proyek (tahun), biaya modal lainnya (Rp), biaya O&M lainnya (Rp/Tahun) dengan mata uang dalam bentuk Indonesia Rupiah (RP).

**B. Pemodelan dan Simulasi Sistem Pembangkit**

Dengan data-data yang telah diperoleh, dilakukan pemodelan dan simulasi sistem PLTS Atap On Grid di RS Mata Makassar. Pemodelan dan simulasi menggunakan perangkat lunak HOMERpro dengan komponen Converter (33 kW), PV LONGi Solar LR6-72PE dengan optimalisasi HOMER tidak boleh diatas (35 kW) dan dibawah (33 Kw) dan Grid PLN. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar berikut:





Gambar 4.31 Hasil Pemodelan

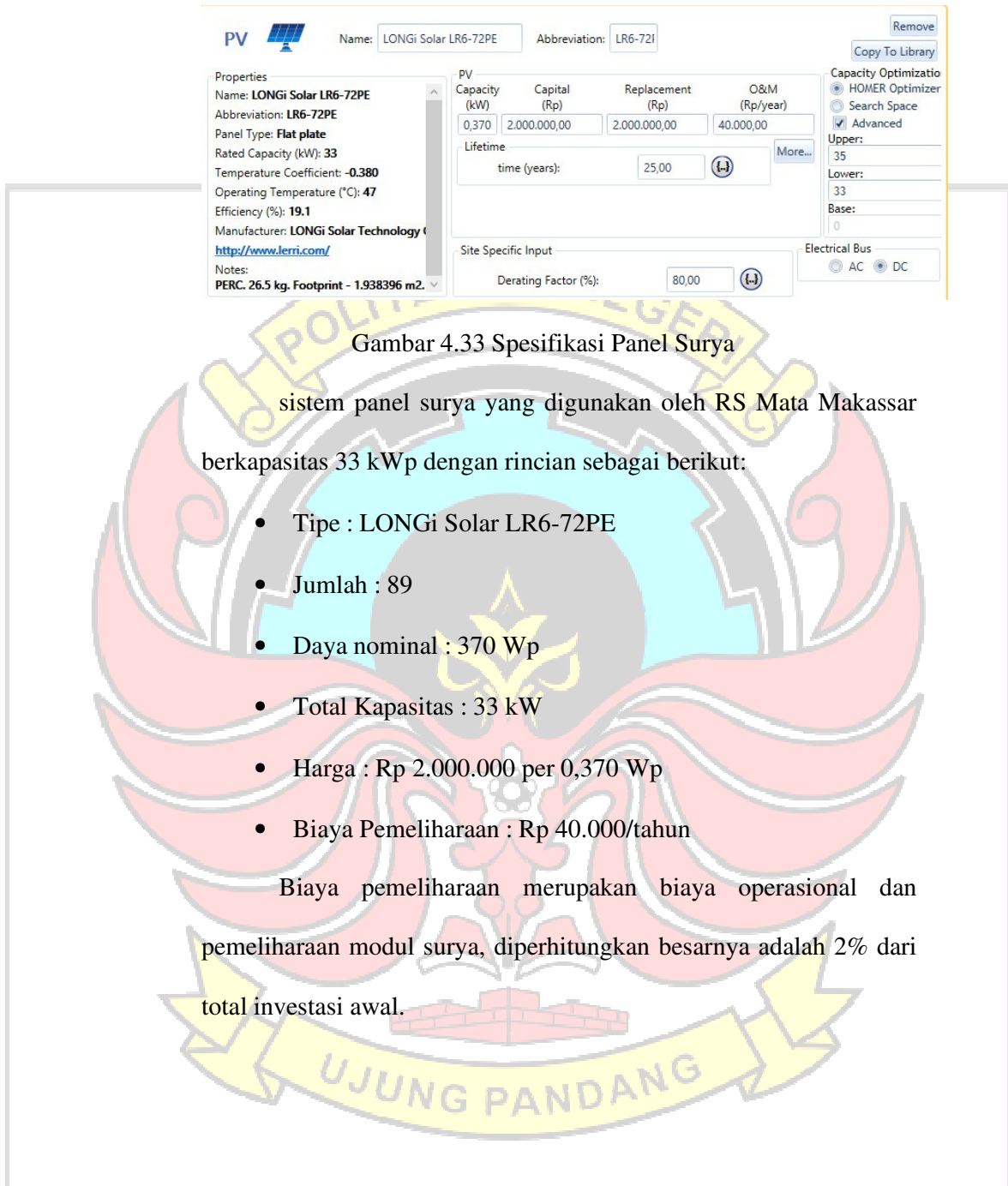
### C. Rating Komponen

#### 1) Grid

Sistem Grid PLN yang digunakan di RS Mata Makassar memiliki harga listrik per kWh sebesar Rp 1.522,88, dalam desain ini penulis memaksimalkan penggunaan PLTS dibandingkan Grid PLN dengan memilih Net purchases calculated pada desain.

Gambar 4.32 Format Grid Information

#### 2) Panel Surya



Gambar 4.33 Spesifikasi Panel Surya

sistem panel surya yang digunakan oleh RS Mata Makassar berkapasitas 33 kWp dengan rincian sebagai berikut:

- Tipe : LONGi Solar LR6-72PE
- Jumlah : 89
- Daya nominal : 370 Wp
- Total Kapasitas : 33 kW
- Harga : Rp 2.000.000 per 0,370 Wp
- Biaya Pemeliharaan : Rp 40.000/tahun

Biaya pemeliharaan merupakan biaya operasional dan pemeliharaan modul surya, diperhitungkan besarnya adalah 2% dari total investasi awal.

### 3) Converter

**Gambar 4.34** Tampilan Spesifikasi Converter

Dari Gambar di atas dapat diketahui lebih rinci informasi terkait inverter yang digunakan pada sistem hybrid PV-fuel cell on-grid, yaitu sebagai berikut:

- Tipe : Huawei PowerCube 5000 990kVA
- Kapasitas : 33 kW
- Jumlah : 1
- Harga : Rp 25.000.000,00
- Biaya Pemeliharaan : Rp 510.000,00/tahun

Biaya operasional dan pemeliharaan baterai diperhitungkan sebesar 2% dari total biaya investasi awal

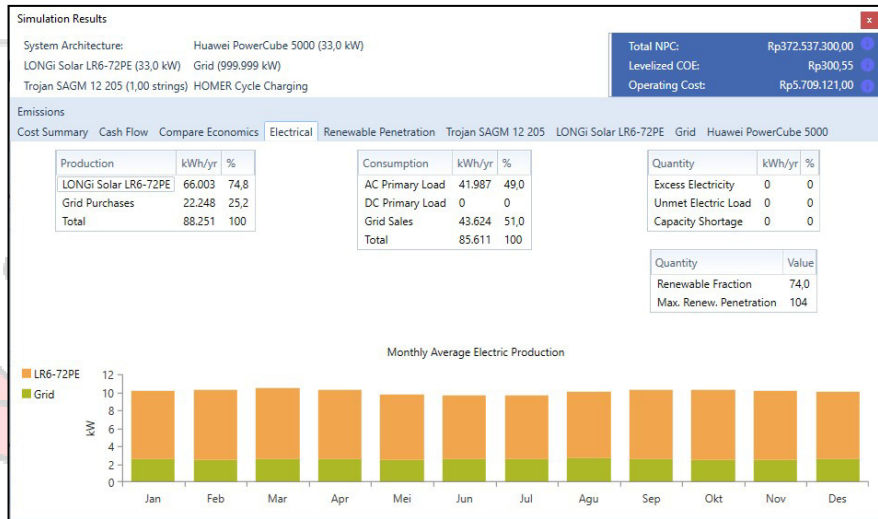
D. Hasil Analisis

1) Analisis Kelistrikan

Berdasarkan design system yang telah dirancang didapatkan hasil simulasi konfigurasi sistem sebanyak 2 dan yang paling optimal berada pada urutan pertama dengan pemanfaatan system PLTS dan juga Grid PLN. Dengan PV 33 kW, konverter 33 kW dan Grid PLN.

Optimization Results											
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results											
Architecture				Cost				System			
LR6-72PE (kW)	Grid (kW)	PowerCube 5000 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren. Fra. (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (Rp)	Production (kWh/yr)
33.0	999.999	33.0	CC	Rp376.35	Rp332M	Rp6.02M	Rp270M	74.0	0	178.378.384	66.003
	999.999		CC	Rp1.707	Rp738M	Rp65.3M	Rp66.0M	0	0		0

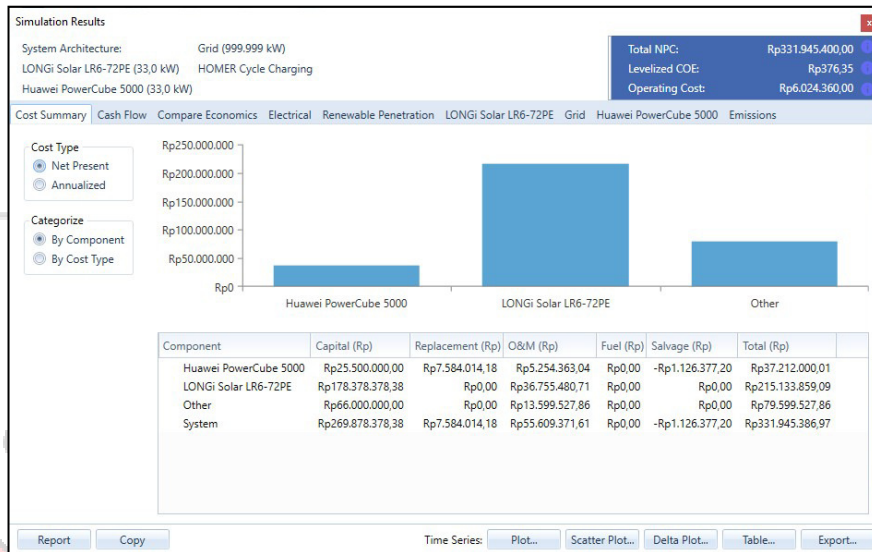
Gambar 4.35 Hasil Pengoptimalan Sistem



Gambar 4.36 Hasil Simulasi Kelistrikan

Dari hasil simulasi diketahui produksi listrik yang dihasilkan system secara keseluruhan sebesar 88.251 kWh/yr. Dimana PV menghasilkan listrik sebesar 66.003 kWh/yr dengan persentase 74,8 % dari total produksi listrik system dan jumlah listrik yang dibeli dari PLN sebesar 22.248 kWh/yr dengan persentase 25,2 %. Konsumsi daya beban primer AC sebesar 41.987 kWh/yr.

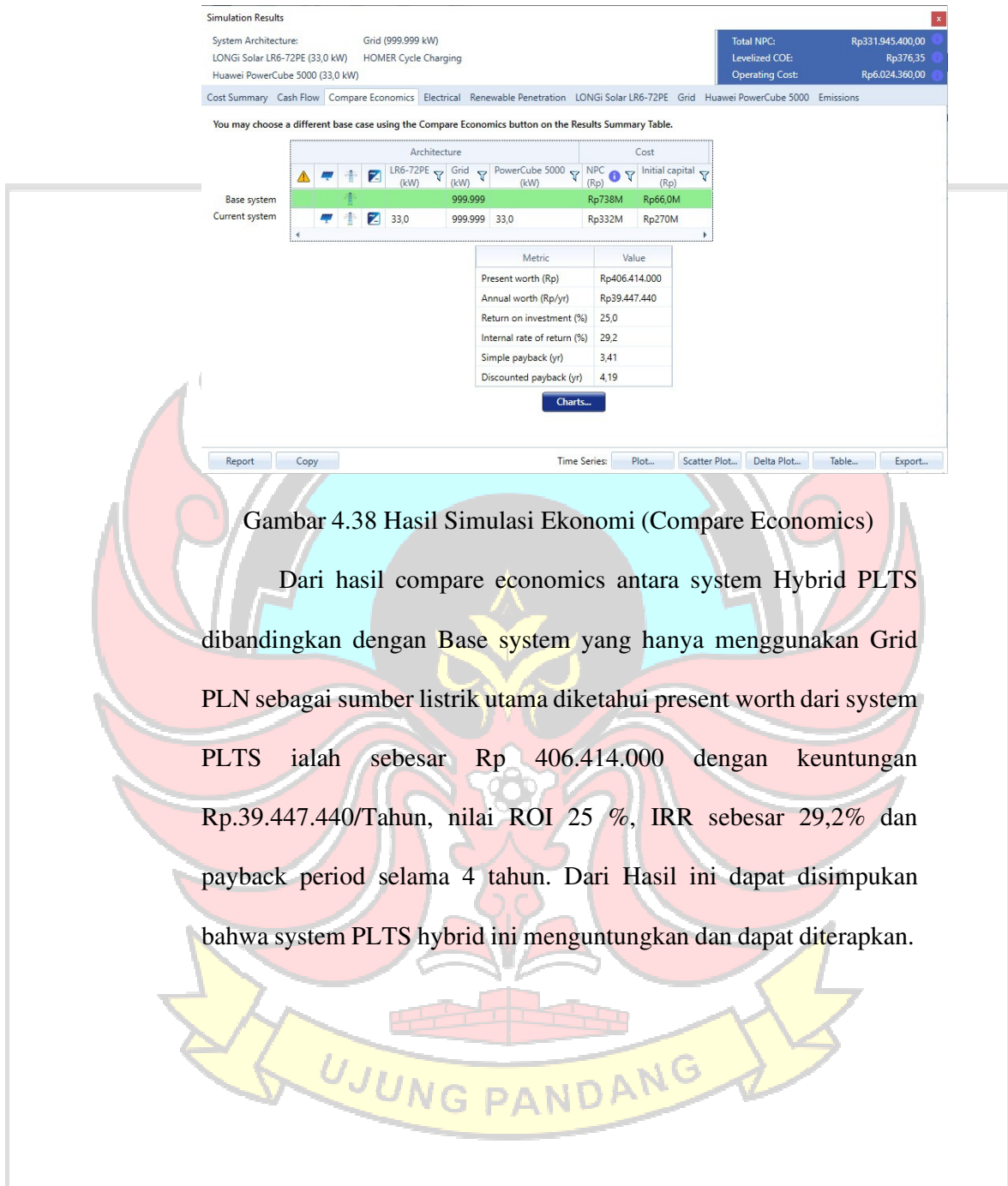
## 2) Analisis Ekonomi



Gambar 4.37 Hasil Simulasi Ekonomi

Gambar 4.37 menunjukkan hasil simulasi dalam segi ekonomis, yaitu NPC, TAC, dan CoE. Informasi yang diperoleh diantaranya adalah total NPC sebesar Rp 331.945.400. Adapun besarnya total annualized cost (TAC) yang HOMER simulasikan adalah sebesar Rp 6.024.360. Hasil nilai ekonomis lainnya yang diperoleh dari simulasi adalah CoE, yaitu parameter yang menunjukkan biaya produksi energi per kWh yaitu sebesar Rp 376,35/kWh.

Dari hasil analisis ini diketahui bahwa biaya terbesar terdapat pada biaya pembelian Panel yaitu Rp. 178.378.378.

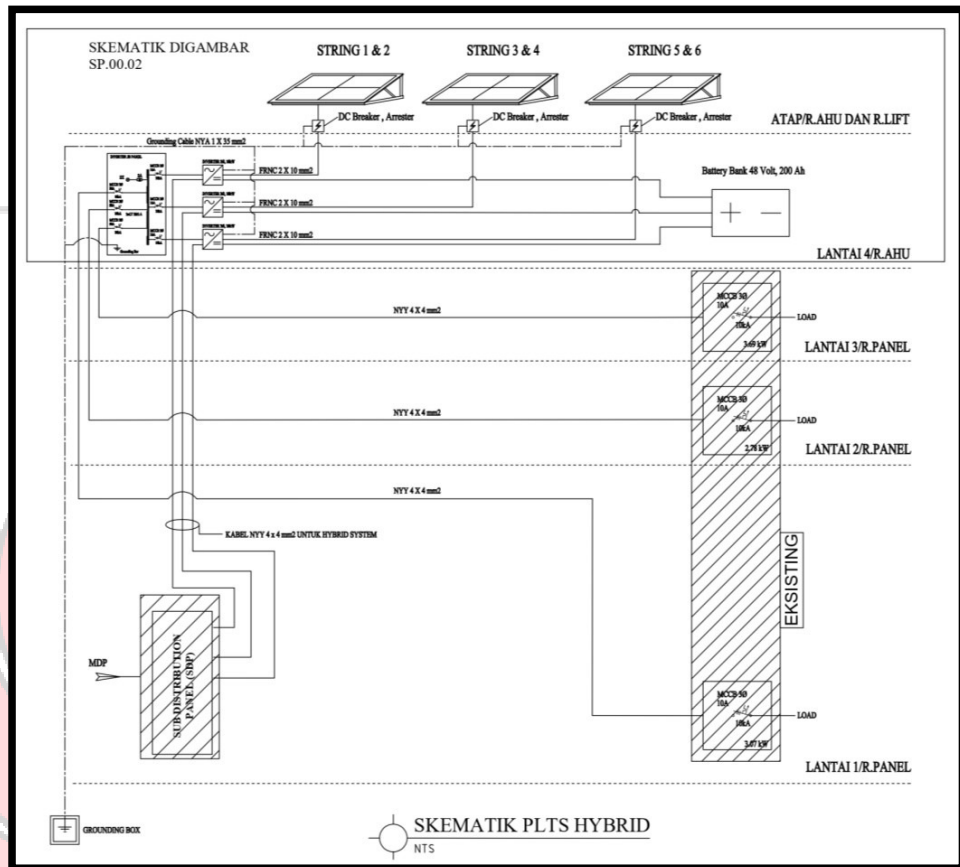


Gambar 4.38 Hasil Simulasi Ekonomi (Compare Economics)

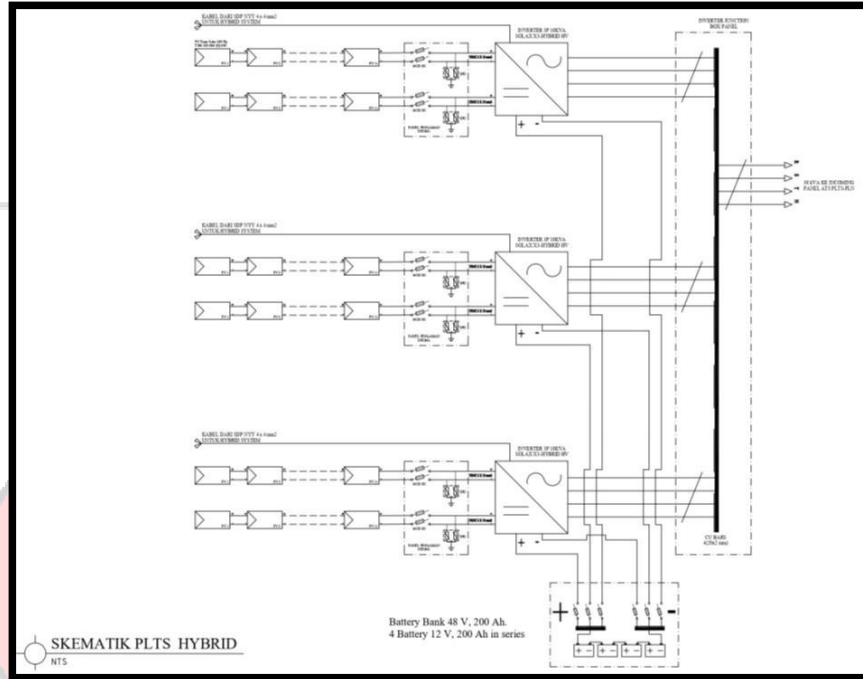
Dari hasil compare economics antara system Hybrid PLTS dibandingkan dengan Base system yang hanya menggunakan Grid PLN sebagai sumber listrik utama diketahui present worth dari system PLTS ialah sebesar Rp 406.414.000 dengan keuntungan Rp.39.447.440/Tahun, nilai ROI 25 %, IRR sebesar 29,2% dan payback period selama 4 tahun. Dari Hasil ini dapat disimpulkan bahwa system PLTS hybrid ini menguntungkan dan dapat diterapkan.

#### 4.4 Single Line Diagram dan Detail Engineering Design (DED) PLTS

##### 4.4.1 Single Line Diagram PLTS Hybrid

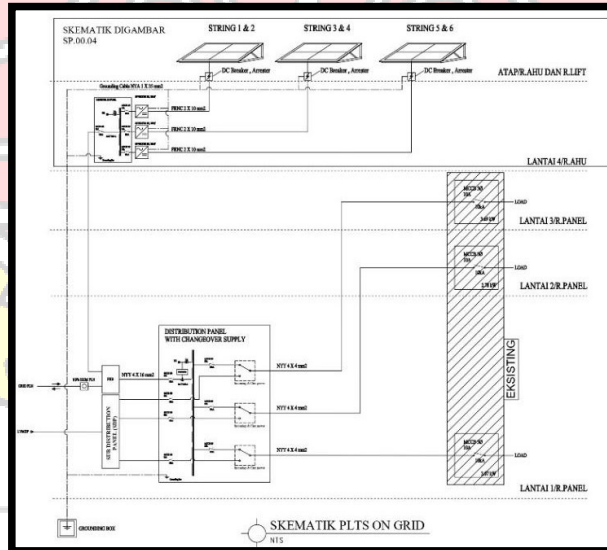


Gambar 4.39 Gambar Skematik PLTS Hybrid



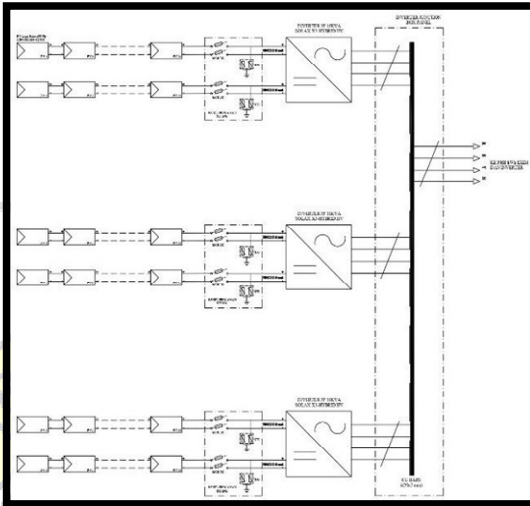
Gambar 4.40 Single Line Diagram PLTS Hybrid

#### 4.4.2 Single Line Diagram PLTS On-Grid



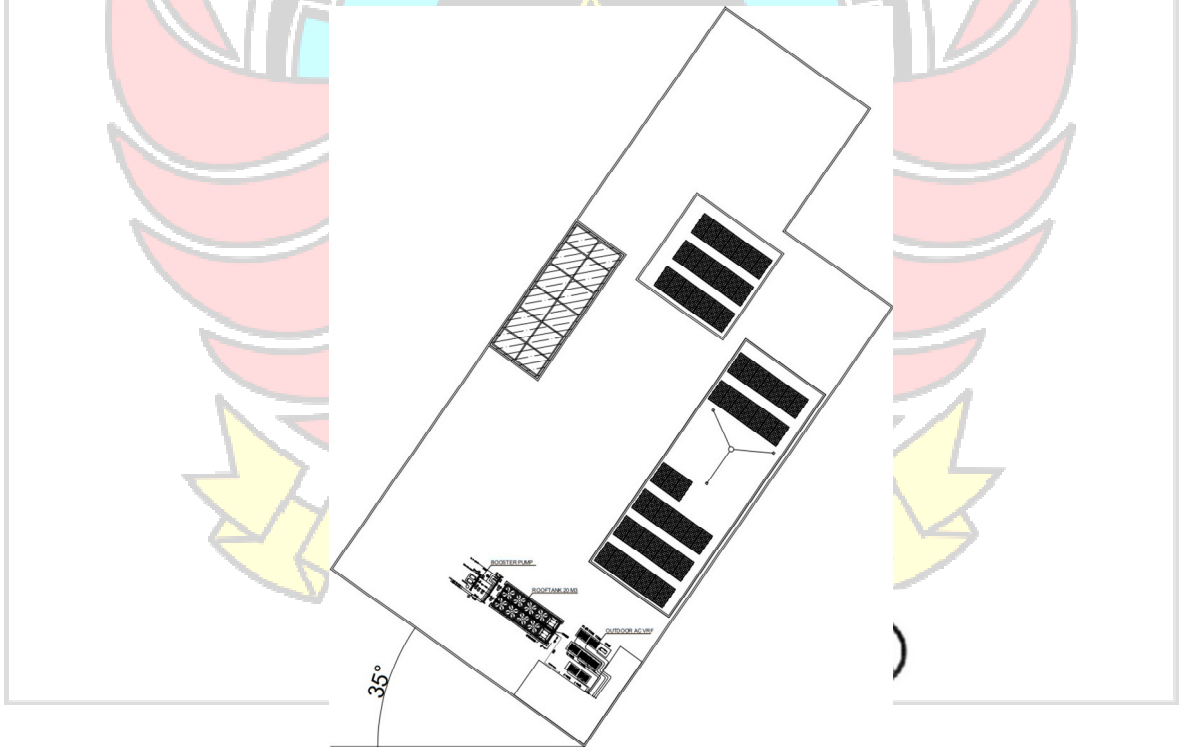
Gambar 4.41 Gambar Skematik PLTS On-Grid



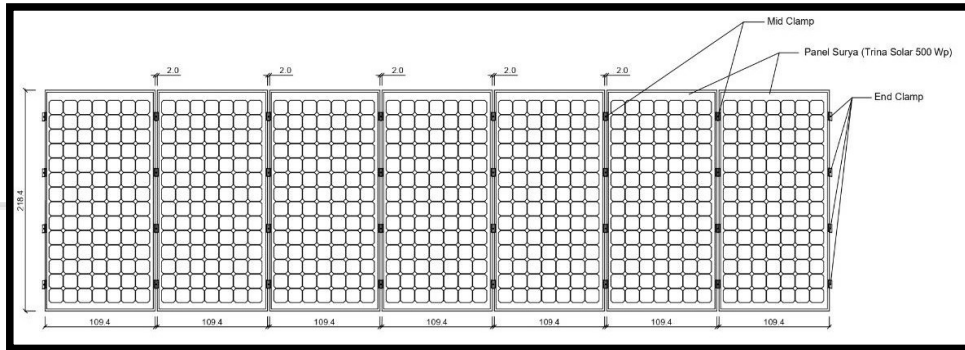


Gambar 4.42 Single Line Diagram PLTS On-Grid

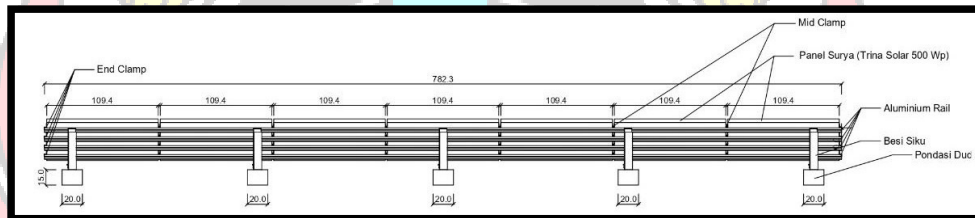
#### 4.4.3 Detail Engineering Design PLTS RS Mata Makassar



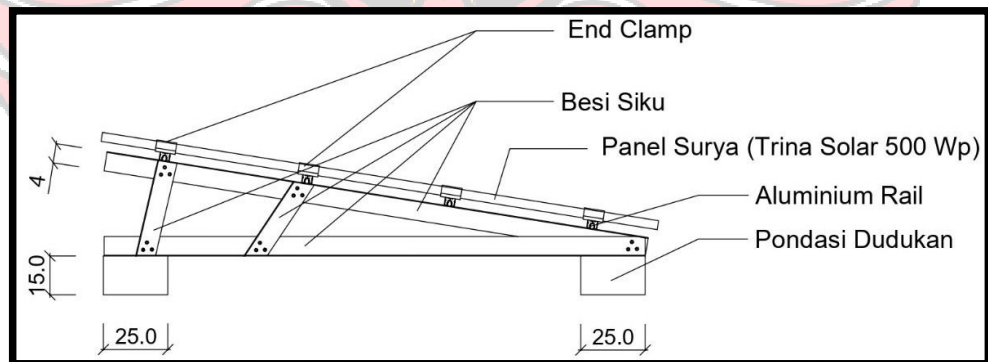
Gambar 4.43 Layout Atap Gedung dan Penempatan Modul PV



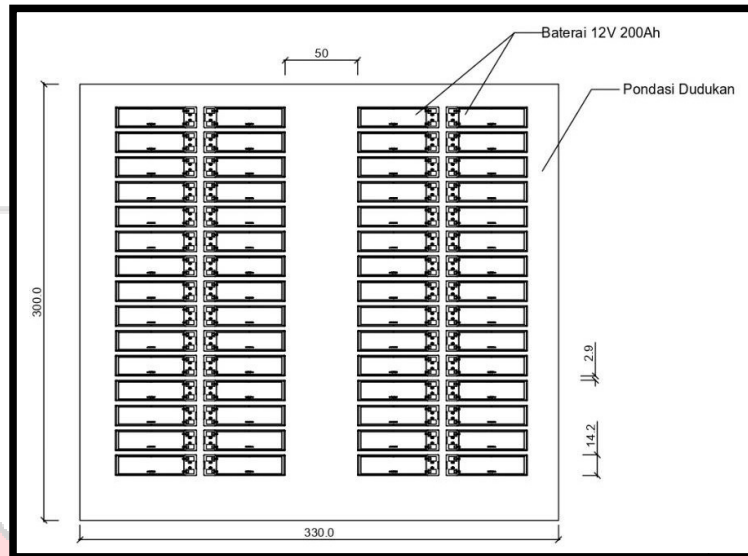
Gambar 4.44 Tampak Atas Susunan PV



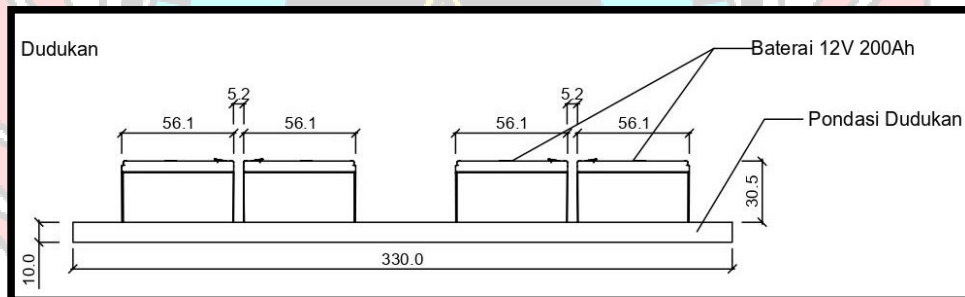
Gambar 4.45 Tampak Belakang Susunan PV



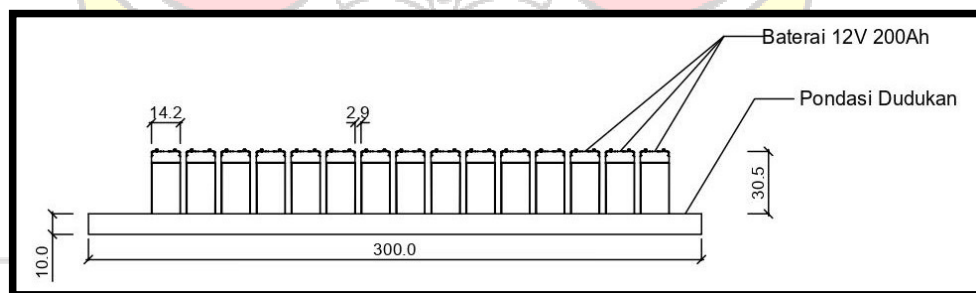
Gambar 4.46 Tampak Samping Susunan PV



Gambar 4.47 Tampak Atas Layout Peletakan Baterai



Gambar 4.48 Tampak Depan Layout Peletakan Baterai



Gambar 4.49 Tampak Samping = Layout Peletakan Baterai

#### 4.5 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

#### 4.5.1 Rancangan Anggaran Biaya PLTS On-Grid

Table 4.8 Bill Of Quantity PLTS On-Grid

Nama		Satuan	Volume	Harga		Total Harga
<b>A.</b>	<b>Panel Surya</b>	buah	66	Rp.	4,216,009	Rp. 278,256,594
<b>B.</b>	<b>Support Modul</b>					Rp. 56,251,643
1.	Railing					Rp. 32,653,118
1.1.	Rail	batang	55	Rp.	478,198	Rp. 26,300,900
1.2.	Aksesoris	unit	1			Rp. 6,352,218
1.2.1.	End Clamp Kit	buah	80	Rp.	15,106	Rp. 1,208,500
1.2.2.	Mid Clamp Kit	buah	224	Rp.	14,804	Rp. 3,316,068
1.2.3.	Rail Joint Splice Kit	buah	55	Rp.	33,230	Rp. 1,827,650
2.	Dudukan					Rp. 23,598,525
2.1.	Rangka Dudukan					Rp. 22,276,650
2.1.1.	Besi	batang	47	Rp.	204,300	Rp. 9,602,100
2.1.2.	Plat Dasar Dudukan 10 mm(15x15cm)	keping	94	Rp.	63,360	Rp. 5,955,850
2.1.3.	Angkur	buah	380	Rp.	16,856	Rp. 6,405,200
2.1.4.	Mur Baut	buah	800	Rp.	392	Rp. 313,500
2.2.	Pondasi					Rp. 1,321,875
2.2.1.	Pondasi Dudukan PV (25x25cm)	m <sup>3</sup>	0.88	Rp.	1,500,000	Rp. 1,321,875
<b>C.</b>	<b>Inverter (Include SCC)</b>	buah	3	Rp.	21,128,448	Rp. 63,385,344
<b>D.</b>	<b>Other Component</b>					Rp. 77,392,700
1.	Wiring	m				Rp. 50,331,600
1.1.	Kabel NYY 4 x 35 mm <sup>2</sup>	m	74	Rp.	294,000	Rp. 21,756,000
1.2.	Kabel FRNC 1 x 10 mm <sup>2</sup>	m	300	Rp.	80,000	Rp. 24,000,000
1.3.	Accessories Kabel + 10%	ls				Rp. 4,575,600
2.	Box Pengaman	unit	3			Rp. 4,813,600
2.1.	MCB DC 2 Pole 20 A	buah	6	Rp.	258,000	Rp. 1,548,000
2.2.	Surge Arrester	buah	6	Rp.	390,000	Rp. 2,340,000
2.3.	Kabel Terminal	buah	6	Rp.	25,000	Rp. 150,000
2.4.	Box Panel	buah	1	Rp.	338,000	Rp. 338,000
2.5.	Accessories Panel + 10%	ls				Rp. 437,600

3	Panel Busbar Inverter	unit	1		Rp.	3.903,900
3.1	MCB 3P 16 A	buah	6	Rp.	258,000	Rp. 1,548,000
3.2	MCB 3P 50 A	buah	1	Rp.	765,000	Rp. 765,000
3.3	Kabel Terminal	buah	10	Rp.	25,000	Rp. 250,000
3.4	Box Panel	buah	1	Rp.	986,000	Rp. 986,000
3.5	Accessories Panel + 10%	ls				Rp. 354,900
4.	Monitoring System, Display Screen (Panel Distribusi)	unit	1			Rp. 8.283,600
4.1	Digital Volt-Amp-Freq	buah	1	Rp.	1,200,000	Rp. 1,200,000
4.2	MCCB 3 phase 20 A	buah	6	Rp.	323,000	Rp. 1,938,000
4.3	MCCB 3 phase 50 A	buah	1	Rp.	765,000	Rp. 765,000
4.4	Box Panel	buah	1	Rp.	3,000,000	Rp. 3,000,000
4.5	Accessories Panel + 20%	LS				Rp. 1,380,600
5.	Measurement System, Pyranometer	unit	1	Rp.	7,000,000	Rp. 7,000,000
<b>E.</b>	<b>Installation</b>					Rp. 55,255,470
1.	Grid Connection	unit	1	Rp.	8,000,000	Rp. 8,000,000
2.	Settings					Rp. 47,255,470
2.1	Perakitan Modul PV	buah	66	Rp.	516,700	Rp. 34,102,200
2.2	Perakitan Inverter	buah	3	Rp.	2,140,000	Rp. 6,420,000
2.3	Perakitan Panel	unit	1	Rp.	1,700,110	Rp. 1,700,110
2.4	Pemasangan Kabel	unit	1	Rp.	5,033,160	Rp. 5,033,160
<b>TOTAL</b>						<b>Rp. 527,481,751</b>

#### 4.5.2 Rancangan Anggaran Biaya PLTS Hybrid

Table 4.9 Bill Of Quantity PLTS Hybrid

	Nama	Satuan	Volume	Harga	Total Harga
<b>A.</b>	<b>Panel Surya</b>	buah	66	Rp. 4,216,009	Rp. 278,256,594
<b>B.</b>	<b>Support Modul</b>				Rp. 57,129,768
1.	Railing				Rp. 32,653,118
1.1.	Rail	batang	55	Rp. 478,198	Rp. 26,300,900
1.2.	Aksesoris	unit	1		Rp. 6,352,218
1.2.1.	End Clamp Kit	buah	80	Rp. 15,106	Rp. 1,208,500
1.2.2.	Mid Clamp Kit	buah	224	Rp. 14,804	Rp. 3,316,068
1.2.3.	Rail Joint Splice Kit	buah	55	Rp. 33,230	Rp. 1,827,650
2.	Dudukan				Rp. 24,476,650

2.1.	Rangka Dudukan				Rp.	22,276,650
2.1.1	Besi	batang	47	Rp.	204,300	Rp. 9,602,100
2.1.2	Plat Dasar Dudukan 10 mm(15x15cm)	keping	94	Rp.	63,360	Rp. 5,955,850
2.1.3	Angkur	buah	380	Rp.	16,856	Rp. 6,405,200
2.1.4	Mur Baut	buah	800	Rp.	392	Rp. 313,500
2.2.	Pondasi					Rp. 2,200,000
2.2.1.	Pondasi Dudukan PV (25x25cm)	m <sup>3</sup>				Rp. 950,000
2.2.2.	Dak Beton Dudukan Baterai	m <sup>3</sup>				Rp. 1,250,000
<b>C.</b>	<b>Baterai</b>	buah	4	Rp.	3,491,607	Rp. 13,966,429
<b>D.</b>	<b>Inverter (Include SCC)</b>	buah	3	Rp.	21,128,448	Rp. 63,385,344
<b>E.</b>	<b>Other Component</b>					Rp. 74,332,700
1.	Wiring	m				Rp. 50,331,600
1.1	Kabel NYY 4 x 35 mm <sup>2</sup>	m	74	Rp.	294,000	Rp. 21,756,000
1.2	Kabel FRNC 1 x 10 mm <sup>2</sup>	m	300	Rp.	80,000	Rp. 24,000,000
1.3	Accessories Kabel + 10%	ls				Rp. 4,575,600
2.	Box Pengaman	unit	3			Rp. 4,813,600
2.1	MCB DC 2 Pole 20 A	buah	6	Rp.	258,000	Rp. 1,548,000
2.2	Surge Arrester	buah	6	Rp.	390,000	Rp. 2,340,000
2.3	Kabel Terminal	buah	6	Rp.	25,000	Rp. 150,000
2.4	Box Panel	buah	1	Rp.	338,000	Rp. 338,000
2.5	Accessories Panel + 10%	ls				Rp. 437,600
3	Panel Busbar Inverter	unit	1			Rp. 3,903,900
3.1	MCB 3P 16 A	buah	6	Rp.	258,000	Rp. 1,548,000
3.2	MCB 3P 50 A	buah	1	Rp.	765,000	Rp. 765,000
3.3	Kabel Terminal	buah	10	Rp.	25,000	Rp. 250,000
3.4	Box Panel	buah	1	Rp.	986,000	Rp. 986,000
3.5	Accessories Panel + 10%	ls				Rp. 354,900
4.	Monitoring System, Display Screen (Panel Distribusi)	unit	1			Rp. 8,283,600
4.1	Digital Volt-Amp-Freq	buah	1	Rp.	1,200,000	Rp. 1,200,000
4.2	MCCB 3 phase 20 A	buah	6	Rp.	323,000	Rp. 1,938,000
4.3	MCCB 3 phase 50 A	buah	1	Rp.	765,000	Rp. 765,000
4.4	Box Panel	buah	1	Rp.	3,000,000	Rp. 3,000,000
4.5	Accessories Panel + 20%	LS				Rp. 1,380,600
5.	Measurement System, Pyranometer	unit	1	Rp.	7,000,000	Rp. 7,000,000
<b>F.</b>	<b>Installation</b>					Rp. 59,455,470
1.	Grid Connection	unit	1	Rp.	8,000,000	Rp. 8,000,000

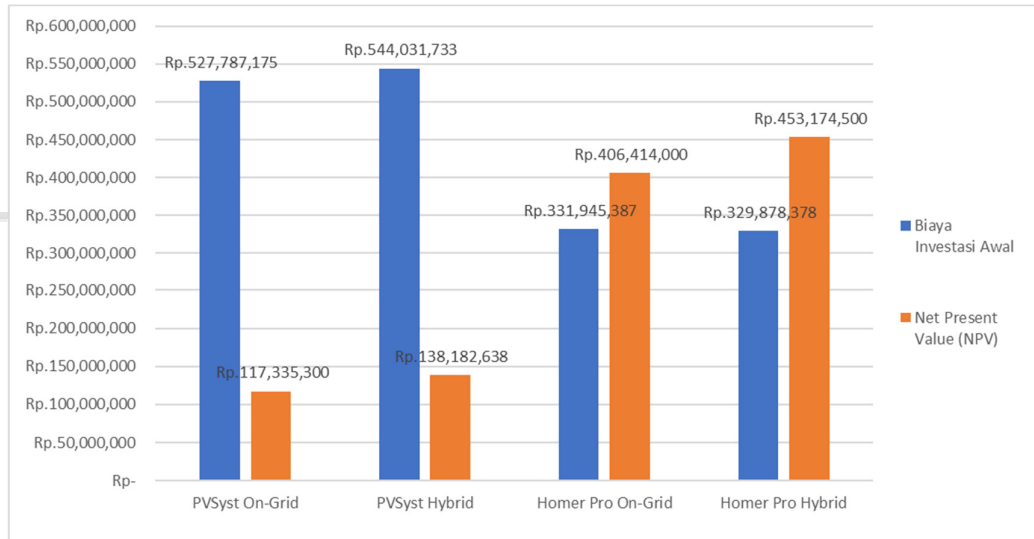
2.	Settings				Rp.	51,455,470
2.1	Perakitan Modul PV	buah	66	Rp.	516,700	Rp. 34,102,200
2.2	Perakitan Baterai	buah	12	Rp.	350,000	Rp. 4,200,000
2.3	Perakitan Inverter	buah	3	Rp.	2,140,000	Rp. 6,420,000
2.4	Perakitan Panel	unit	1	Rp.	1,700,110	Rp. 1,700,110
2.5	Pemasangan Kabel	unit	1	Rp.	5,033,160	Rp. 5,033,160
<b>TOTAL</b>						<b>Rp. 546,526,305</b>

#### 4.6 Perbandingan Perancangan Menggunakan PVSyst dan Homer Pro

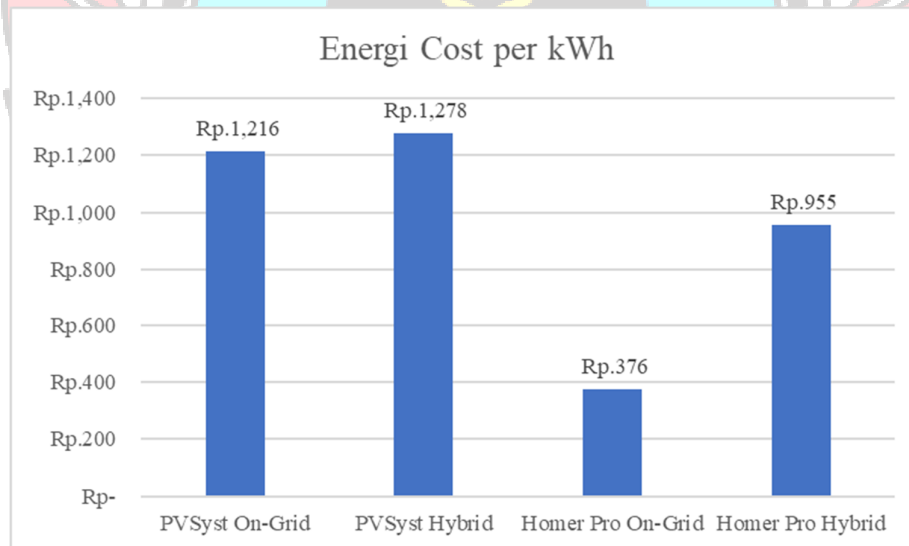
Berdasarkan hasil perancangan menggunakan PVSyst 7.3 dan Homer Pro, didapatkan perbandingan sistem seperti yang tertera pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perbandingan Perancangan PVSyst 7.3 dan HomerPro

variabel rembanang	PVSyst 7.3		Homer Pro	
	On-Grid	Hybrid	On-Grid	Hybrid
Project Lifetime (year)	25	25	25	25
Panel Surya (unit)	66	66	89	89
System Power (kWp)	33	33	33	33
Inverter (unit)	3	3	1	1
Baterai (unit)	0	4	0	4
Beban Kelistrikan (kWh)	114.47	597.00	114.47	597.00
Produce Energy (kWh/year)	54721	54682	66003	66003
Performa Sistem (%)	82.30	81.40	100.00	100.00
Biaya Investasi Awal	Rp. 527,787,175	Rp. 544,031,733	Rp. 331,945,387	Rp. 329.878.378
Energi Cost per kWh	Rp. 1,216	Rp. 1,278	Rp. 376	Rp. 955
Payback Period (year)	14.6	13.8	4.19	4.44
Net Present Value (NPV)	Rp. 117,335,300	Rp. 138,182,638	Rp. 406,414,000	Rp. 453.174.500
IRR	11.13%	11.51%	29.20%	27.90%
Return on Investment (ROI)	22.20%	25.40%	25.00%	25.00%

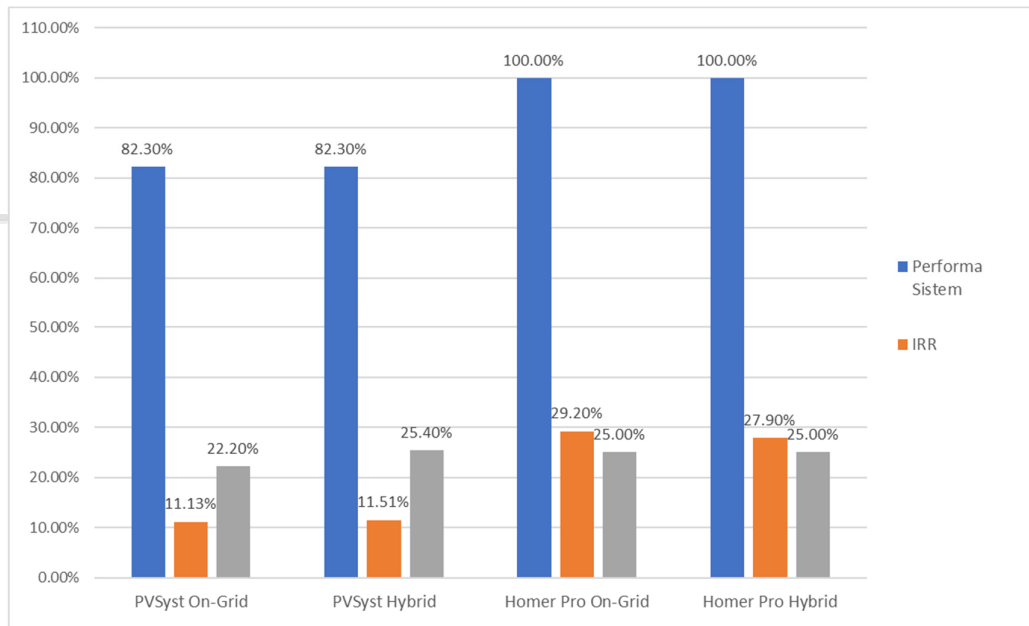


Gambar 4.50 Diagram Perbandingan Biaya Investasi Awal dan NPV PLTS

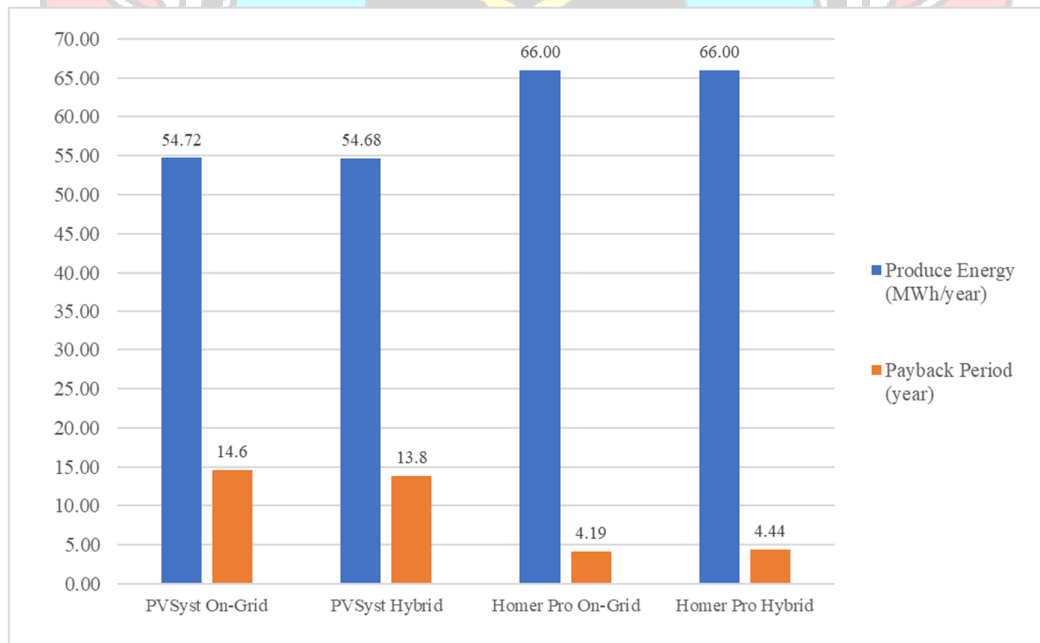


Gambar 4.51 Diagram Perbandingan Energi Cost per kWh PLTS





Gambar 4.52 Diagram Perbandingan Performa Sistem, IRR dan ROI PLTS



Gambar 4.53 Diagram Perbandingan Produced Energy dan Payback Period PLTS

Berdasarkan analisis dan perbandingan yang telah dilakukan, meskipun hasilnya menunjukkan HomerPro jauh lebih menguntungkan

berdasarkan angka yang dihasilkan namun kami lebih menyarankan penggunaan software PVsyst sebagai pilihan yang lebih tepat untuk perencanaan PLTS Atap di Rumah Sakit Mata Makassar. Alasan-alasan utama untuk rekomendasi ini adalah sebagai berikut:

1. Keakuratan Model: PVsyst memiliki model simulasi yang lebih akurat dan canggih untuk menghitung performa PLTS atap. Ini termasuk pengaruh bayangan, perubahan kondisi cuaca, dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil PLTS. Hasil simulasi PVsyst lebih mendekati kenyataan, yang sangat penting dalam merencanakan sistem yang efisien dan andal.
2. Tingkat Detail: PVsyst memberikan tingkat detail yang lebih tinggi dalam hal data cuaca, konfigurasi modul surya, inverter, dan komponen lainnya. Ini memungkinkan perencana untuk membuat keputusan yang lebih tepat dan mengoptimalkan sistem PLTS dengan lebih baik.
3. Fleksibilitas: PVsyst memiliki lebih banyak pilihan dan parameter yang dapat disesuaikan, yang memungkinkan perencana untuk mengadaptasi perhitungan sesuai dengan proyek PLTS yang berbeda-beda. Ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan perhitungan sesuai dengan kondisi lingkungan yang berubah.

4. Perbandingan Kinerja: Berdasarkan uji coba dan perbandingan yang dilakukan dalam penelitian ini, PVsyst secara konsisten menghasilkan

hasil yang lebih akurat dan konsisten dibandingkan dengan Homer Pro dalam berbagai skenario.

Meskipun Homer Pro adalah alat yang berguna untuk beberapa aplikasi, khususnya dalam pemodelan mikrogrid, keunggulan PVsyst dalam merencanakan PLTS tetap membuatnya menjadi pilihan yang lebih disarankan hal ini berdasarkan pengalaman penulis dalam menggunakan kedua software tersebut.



## 4.7 Manajemen Risiko

Dari hasil penelitian ditemukan bahwa di dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini terdapat beberapa risiko yang perlu diperhatikan untuk menerapkan strategi mitigasi yang sesuai. Pada Tabel 4.11 menunjukkan manajemen risiko terhadap perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid yang dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4.11 Manajemen Risiko Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid pada Gedung Rumah Sakit Mata Makassar

Risk	Risk Description (Deskripsi Risiko)	Assesment Before Measure			Nilai	Actions (Tindakan)	Assesment After Measures		
		Probability of Occurrence (Kemungkinan terjadi)	Scope of consequences (Lingkup kerusakan)	Nilai			Probability of Occurrence (Kemungkinan terjadi)	Scope of consequences (Lingkup kerusakan)	Nilai
1	Cuaca ekstrim seperti badai ataupun hujan deras yang berdampak pada penurunan daya listrik yang dihasilkan PLTS	5	5	25	Tidak dapat dihindari	5	5	25	
2	Kerusakan Struktur Atap	4	5	20	Pastikan bahwa struktur bangunan dapat menopang berat tambahan dari sistem PLTS. Konsultasikan dengan seorang insinyur struktural jika diperlukan	4	2	8	
3	Kegagalan Komponen PLTS	4	5	20	Pilih komponen berkualitas tinggi dan lakukan tes dan pemeliharaan rutin	3	1	3	
4	Sistem pembangkit tidak menghasilkan daya yang maksimal atau pengurangan daya	4	5	20	Melakukan pemeliharaan/maintenance secara berkala (seperti membersihkan modul surya dari debu/kotoran)	3	3	9	
5	Gangguan keamanan disekitar pembangkit (pencurian perangkat PLTS)	4	5	20	Diperlukan kamera pemantau (CCTV), petugas keamanan (security) dan perlu dibangun pagar keamanan disekitar pembangkit	3	1	3	
6	Pencemaran akibat tumpahan cairan elektrolit baterai dan limbah baterai	4	5	20	Melakukan koordinasi dengan pihak-pihak pengumpul limbah B3 berizin untuk pengumpulan limbah B3	3	2	6	
7	Perubahan Regulasi	4	4	16	Tetap up-to-date dengan perubahan regulasi, pilih solusi yang fleksibel terhadap perubahan	3	1	3	
8	Pemanfaatan untuk mendukung pembelajaran belum optimum	4	4	16	Dapat dimanfaatkan sebagai tempat praktikum bagi mahasiswa atau pelajar	3	1	3	
9	Belum ada operator/teknisi yang bekerja fulltime	4	4	16	Diperlukan kontrol jarak jauh dengan sistem SCADA	2	2	4	
10	Penurunan kualitas udara, tanah dan air disekitar area proyek	4	4	16	Melaksanakan penghijauan pada lahan terbuka disekitar area proyek, tidak melakukan penebangan pohon jika tidak diperlukan dan melakukan penyiraman di sekitar tapak proyek, khususnya pada area yang berdekatan dengan masyarakat/pemukiman	3	2	6	
11	Terjadi pemadaman listrik/kehilangan daya di jam-jam sibuk	3	5	15	Melakukan penambahan panel di sistem on grid kurang lebih 50kWp dan sebaiknya menambahkan panel di atap ruangan operator/teknisi untuk keperluan pribadi seperti AC dll	3	3	9	
12	Pemanfaatan PLTS belum optimal	3	4	12	Diperlukan investor atau dukungan dari entitas baik dana, tenaga kerja, ide maupun jasa untuk pengembangan PLTS kedepannya	3	3	9	
13	Dukungan dari pemerintah setempat dan masyarakat yang belum optimal	4	3	12	Sosialisasi ke pemerintah daerah dan masyarakat perlu dioptimalkan, sehingga pemda dan masyarakat terinfo dengan baik akan manfaat dari proyek ini	3	1	3	

Assesment scale (Skala penilaian)	Probability of Occurrence (Kemungkinan terjadi)	Scope of consequences (Lingkup kerusakan)
1	not probable at all (tidak mungkin terjadi sama)	declinable (dapat dihindari)
2	not probable (tidak mungkin)	low (rendah)
3	possible (mungkin / 50% terjadi)	medium (sedang)
4	probable (mungkin / 50-70% terjadi)	high (tinggi)
5	certain (yakini)	very high (sangat tinggi)

Dengan menerapkan manajemen risiko yang komprehensif dalam perencanaan PLTS, dapat mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan atau kegagalan sistem, melindungi investasi, meningkatkan keandalan operasional, dan mencapai tujuan keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan dan kualitas udara.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang dilakukan mengenai “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar” maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Perancangan sistem PLTS *Hybrid* Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software PVSyst terdiri dari 66 unit Panel Surya merek Trina Solar dengan daya nominal 500 Wp, 3 unit Inverter Hybrid merek Solax Power yang telah dilengkapi 2 buah scc untuk masing-masing Inverter, 4 buah baterai 12V 200Ah merek Narada dengan konfigurasi 4 seri. Energi yang dapat diproduksi adalah 54.682 kWh/tahun dengan performa sistem 82.3%. Biaya Investasi awal PLTS adalah Rp.544.031.733 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp.1.278 dengan nilai payback periode 13,8 tahun, nilai NPV Rp.138.182.638 yang memiliki nilai IRR 11.51% dan ROI 25.4% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR > Discount Rate (8.43%).
2. Perancangan sistem PLTS *On-Grid* Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software PVSyst terdiri dari 66 unit Panel Surya merek Trina Solar dengan daya nominal 500 Wp, 3 unit Inverter Hybrid merek Solax Power. Energi yang dapat diproduksi adalah 54.721 kWh/tahun dengan performa sistem 82,3%. Biaya Investasi awal PLTS adalah Rp.527.787.175 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar

Rp.1.216 dengan nilai payback periode 14,6 tahun, nilai NPV Rp.117.335.300 yang memiliki nilai IRR 11.13% dan ROI 22.2% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR > Discount Rate (8.43%).

3. Perancangan sistem PLTS *Hybrid* Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software Homer Pro terdiri dari 89 unit Panel Surya merek LONGi dengan daya nominal 370 Wp, 1 unit Inverter Huawei PowerCube 5000 990kVA, 4 buah baterai 12V 205Ah merek Trojan SAGM dengan konfigurasi 4 seri. Energi yang dapat diproduksi adalah 66.003 kWh/tahun dengan performa sistem 100%. Biaya Investasi awal PLTS adalah Rp. 329.878.378 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp. 955 dengan nilai payback periode 4,44 tahun, nilai NPV Rp.453.174.500 yang memiliki nilai IRR 25,0% dan ROI 27,9% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR > Discount Rate (8.43%).
4. Perancangan sistem PLTS *On-Grid* Gedung Rumah Sakit Mata Makassar pada software Homer Pro terdiri dari 89 unit Panel Surya merek LONGi dengan daya nominal 370 Wp, 1 unit Inverter Huawei PowerCube 5000 990kVA, 44 buah baterai 12V 205Ah merek Trojan SAGM dengan konfigurasi 4 seri dan 11 paralel. Energi yang dapat diproduksi adalah 66.003 kWh/tahun dengan performa sistem 100%. Biaya Investasi awal PLTS adalah Rp. 331.945.387 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp. 376 dengan nilai payback periode

4,19 tahun, nilai NPV Rp. 406.414.000 yang memiliki nilai IRR 29,2% dan ROI 25% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai IRR > Discount Rate (8.43%).

5. Berdasarkan perhitungan Carbon Balance pada *software* PVSyst 7.3

didapatkan nilai emisi karbon yang dapat dikurangi apabila proyek ini berjalan sesuai dengan umurnya yaitu 25 tahun adalah 832.322 ton.

6. Berdasarkan analisis dan perbandingan yang telah dilakukan, meskipun hasilnya menunjukkan HomerPro jauh lebih menguntungkan namun penulis lebih menyarankan penggunaan *software* PVSyst sebagai pilihan yang lebih tepat untuk perencanaan PLTS Atap di Rumah Sakit Mata Makassar. Alasan-alasan utama untuk rekomendasi ini ialah keakuratan model, tingkat detail, fleksibilitas serta perbandingan kinerja *Software* Pvsyst yang jauh lebih unggul jika dibandingkan dengan Homerpro.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dibuat, maka saran yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini, antara lain :

1. Pada pengerjaan tugas akhir ini sebaiknya ditambahkan tampilan interface sistem kontrol untuk mendapatkan gambaran dari hasil perancangannya.
2. Menambah jenis pemberitahuan berupa gangguan yang mungkin bisa terjadi pada sistem PLTS pada saat proses monitoring.



3. Menambah aktuator pada sistem PLTS agar ketika terdapat gangguan maka sistem bisa bekerja secara otomatis sesuai gangguan yang dialami.



## DAFTAR PUSTAKA

ABB (2010) Technical Application Papers No.10: Photovoltaic plants:  
<https://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/FILE/Vol.10.pdf>. diakses  
9 januari 2023.

Djamin, Martin. 2010. Penelitian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konsevasi Energi BPPT.

Fachrezy, Muhammad Dendy. 2022. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid di Desa Terpencil Kabupaten Indragiri Hulu. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Farhan. 2013. Perancangan Sistem SCADA pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang

Foster, Robert M. G. 2010. Solar Energi : *Renewable Energi and The Environment*. Boca Raton USA: CRC Press.

Global Solar Atlas. 2023. Search Location : Makassar. Diakses pada 26 Juli 2023.  
<https://globalsolaratlas.info/map?s=-5.129658,119.494517&m=site&c=-5.129674,119.494649,19>

GSES. 2013. Grid Connected PV Systems Design and Installation; India.

Hajir, Noor. 2021. Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Dengan Sistem Hybrid Di PT Koloni Timur. Skripsi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.

Hanif, M, dkk. 2012. *Studying Power Output of PV Solar Panels at Different Temperatures and Tilt Angles*. Pakistan.

Haryanto, Bobby, 2018. OPTIMASI PEMBANGKIT HYBRID PLN-SOLAR CELL PADA APLIKASI HOME INDUSTRY. Skripsi, jurusan teknik elektro, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Hasanah, Aas Wasri, dkk. 2018. Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem OffGrid Di STT-PLN. *Jurnal Energi & Kelistrikan* Vol. 10, No. 2, September 2018 : 93-101.

Indonesian Clean Energy Development (ICED) dan United States Agency for International Development (USAID), Juni 2020. Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia.

Irfan, M. 2017. Analisis teknis dan ekonomis pembangkit listrik tenaga surya (plts) sistem on-grid (studi kasus di PT. Pertamina ru ii dum. Riau: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

solaJ, Patricia Hanna. 2012. Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan berbasis Energi Sel Surya. Depok: Universitas Indonesia.

Marcelino, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat off-grid System untuk Pedesaan Terpencil," pp. 1-51, 2015.

Mdpi.com. 2021. The Effect of Azimuth and Tilt Angle Changes on the Energy Balance of Photovoltaic System Installed in the Southern Slovakia Region.

Diakses pada 20 Januari 2023, dari [https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/8998?type=check\\_update&version=2](https://www.mdpi.com/2076-3417/11/19/8998?type=check_update&version=2).

M. P. Sitohang, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-grid System," Repository.uin-suska.ac.id, 2019

Pratama, Gandhi. 2018. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Grid-Connected Skala Residensial di Kota Pekanbaru (Studi Kasus: Perumahan Citraland Pekanbaru). Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

PT PLN (Persero). 2018. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN Persero 2018-2027. Jakarta

Salman, Rudi. 2013. Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Perumahan (Solar Home System). Medan: Universitas Negeri Medan.

Saputra, Indra. 2019. Inilah 8 Faktor yang Mempengaruhi Energi Output Modul/Panel Surya. Diakses pada 20 Januari 2023, dari <https://mynameis8.wordpress.com/2019/10/18/faktor-faktor-yang-mempengaruhi-daya-output-modul-surya/>

Sedayu.com. 2021. Perbedaan On-Grid, Off-Grid, dan Hybrid PLTS. Diakses pada 10 Agustus 2023, dari <https://sedayu.com/2021/12/27/perbedaan-on-grid-off-grid-dan-hybrid-pada-plts/>

S. M. AL Rasyid, "Perencanaan Energi Surya Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Di Desa Kota Batu Sumatera Selatan," Inst. Teknol. - PLN, 2020.

Solarex, 1996, Discover The Newest World Power, Frederick Court, Maryland  
USA.

USAID. 2021. Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS Atap di Indonesia.  
Jakarta : ICED – Indonesia Clean Energy Development.

www.energy.wsu.edu. 2009. Solar Electric System Design, Operation and  
Installation. Diakses pada 5 April 2023, dari  
<https://www.energy.wsu.edu/documents/solarpvforbuildersoct2009.pdf>.



TUGAS AKHIR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

2023



# LAMPIRAN 1

Report Hasil Simulasi PLTS, Data Sheet  
Dan Detail Engineering Desain (DED)

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP DI GEDUNG  
RUMAH SAKIT MATA MAKASSAR**

TA. 2022/2023



## A. Hasil Simulasi Hybrid



Version 7.3.1

### PVsyst - Simulation report

#### Grid-Connected System

Project: PLTS Atap RS Mata Makassar Hybrid 2

Variant: New simulation variant

Tables on a building

System power: 33.0 kWp

Rumah Sakit Mata Makassar - Indonesia







**PVsyst V7.3.1**  
 VCO, Simulation date:  
 08/13/23 19:23  
 with v7.3.1

Project: PLTS Atap RS Mata Makassar Hybrid 2

Variant: New simulation variant

**Project summary**

<b>Geographical Site</b>	<b>Situation</b>	<b>Project settings</b>
Rumah Sakit Mata Makassar Indonesia	Latitude -5.13 °S Longitude 119.49 °E Altitude 23 m Time zone UTC+8	Albedo 0.20
<b>Meteo data</b>		
Rumah Sakit Mata Makassar Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Synthetic		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b>	<b>Tables on a building</b>	<b>User's needs</b>
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 9 / -35 °	<b>Near Shadings</b> Linear shadings	Daily household consumers Constant over the year Average 597 kWh/Day
<b>System information</b>	<b>Inverters</b>	<b>Battery pack</b>
<b>PV Array</b> Nb. of modules 66 units Pnom total 33.0 kWp	Nb. of units 3 units Pnom total 30.0 kWac Pnom ratio 1.100	Storage strategy: Self-consumption Nb. of units 4 units Voltage 48 V Capacity 200 Ah

**Results summary**

Produced Energy 54682 kWh/year	Specific production 1657 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 82.26 %
Used Energy 217993 kWh/year		Solar Fraction SF 25.08 %

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	5
Detailed User's needs	6
Main results	7
Loss diagram	8
Predef. graphs	9
Single-line diagram	10
Cost of the system	11
Financial analysis	12
CO <sub>2</sub> Emission Balance	15



PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:  
08/13/23 19:23  
with v7.3.1

Project: PLTS Atap RS Mata Makassar Hybrid 2

Variant: New simulation variant

Main results

System Production

Produced Energy	54682 kWh/year	Specific production	1657 kWh/kWp/year
Used Energy	217993 kWh/year	Performance Ratio PR	82.26 %
		Solar Fraction SF	25.08 %

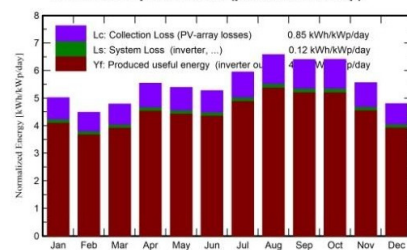
Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW	96.4 %
Static SOW	91.7 %
Battery lifetime	12.0 years

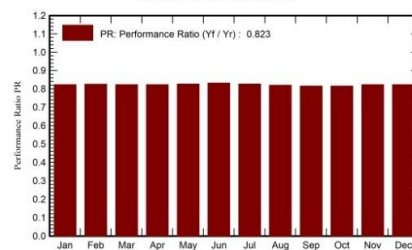
Economic evaluation

<b>Investment</b>		<b>Yearly cost</b>		<b>LCOE</b>	
Global	544031733.00 IDR	Annuitities	0.00 IDR/yr	Energy cost	1278 IDR/kWh
Specific	16486 IDR/Wp	Run. costs	19613014.98 IDR/yr		
		Payback period	13.8 years		

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	EUnused kWh	EFrGrid kWh
January	163.0	73.42	26.57	155.4	150.7	4340	18514	4220	0.073	14294
February	127.6	75.97	26.81	125.5	121.7	3522	16723	3417	1.885	13306
March	148.7	84.55	26.96	148.3	144.0	4151	18514	4029	1.986	14485
April	162.0	71.29	26.99	166.0	162.1	4636	17917	4508	1.123	13410
May	159.2	72.78	27.57	167.0	163.0	4681	18514	4555	0.323	13959
June	149.0	62.77	26.70	158.1	154.3	4456	17917	4336	0.000	13581
July	174.1	57.99	26.72	184.3	180.1	5160	18514	5026	0.000	13489
August	196.4	59.15	27.02	203.8	199.5	5664	18514	5516	0.000	12998
September	188.6	64.23	27.24	191.9	187.6	5308	17917	5162	3.303	12755
October	201.6	76.48	27.90	198.6	193.8	5491	18514	5347	0.000	13167
November	172.8	79.46	27.04	166.8	161.9	4652	17917	4526	0.000	13391
December	156.2	76.58	27.02	148.6	143.8	4157	18514	4038	0.000	14476
Year	1999.3	854.66	27.05	2014.3	1962.6	56218	217993	54682	8.693	163311

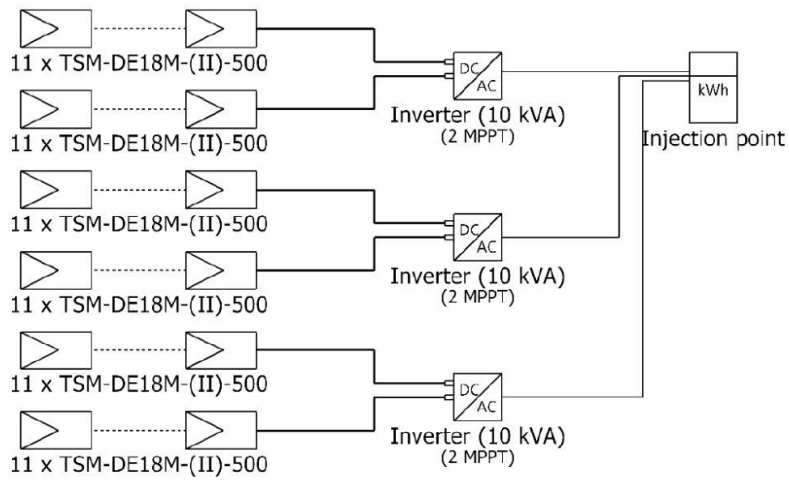
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	EUnused	Unused energy (battery full, no grid injection)
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



PVsyst V7.3.1  
VC0, Simulation date:  
08/13/23 19:23  
with v7.3.1

# Single-line diagram



PV module	TSM-DE18M-(II)-500
Inverter	X3-Hybrid-10.0kW
String	11 x TSM-DE18M-(II)-500

PLTS Atap RS Mata Makassar Hybrid 2

VC0 : New simulation variant

08/17/23

## B. Hasil Simulasi On-Grid



Version 7.3.1

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

Project: PLTS Atap RS Mata Makassar On-Grid

Variant: New simulation variant

Tables on a building

System power: 33.0 kWp

Rumah Sakit Mata Makassar - Indonesia

| Author



# Project: PLTS Atap RS Mata Makassar On-Grid

Variant: New simulation variant

## PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:  
07/16/23 18:13  
with v7.3.1

### Project summary

<b>Geographical Site</b> Rumah Sakit Mata Makassar Indonesia	<b>Situation</b> Latitude -5.13 °S Longitude 119.49 °E Altitude 23 m Time zone UTC+8	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Rumah Sakit Mata Makassar Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% - Synthetic		

### System summary

<b>Grid-Connected System</b> <b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 9 / -35 °	<b>Tables on a building</b> <b>Near Shadings</b> Linear shadings	<b>User's needs</b> Daily household consumers Constant over the year Average 114 kWh/Day
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 66 units Pnom total 33.0 kWp	<b>Inverters</b> Nb. of units 3 units Pnom total 30.0 kWac Pnom ratio 1.100	

### Results summary

Produced Energy 54721 kWh/year	Specific production 1658 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 82.32 %
Used Energy 41785 kWh/year		Solar Fraction SF 41.78 %

### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Near shading definition - Iso-shadings diagram	4
Detailed User's needs	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8
Single-line diagram	9
Cost of the system	10
Financial analysis	11
CO <sub>2</sub> Emission Balance	14



Project: PLTS Atap RS Mata Makassar On-Grid

Variant: New simulation variant

PVsyst V7.3.1

VC0. Simulation date:  
07/16/23 18:13  
with v7.3.1

Main results

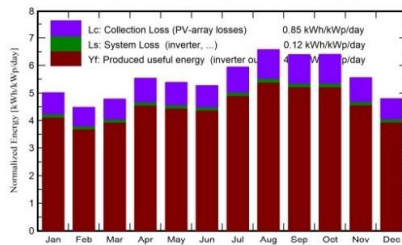
System Production

Produced Energy	54721 kWh/year	Specific production	1658 kWh/kWp/year
Used Energy	41785 kWh/year	Performance Ratio PR	82.32 %
		Solar Fraction SF	41.78 %

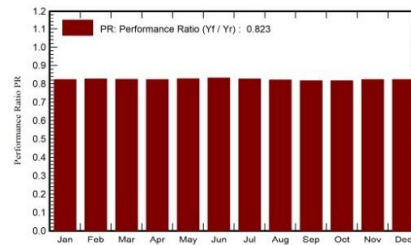
Economic evaluation

<b>Investment</b>		<b>Yearly cost</b>		<b>LCOE</b>	
Global	527787175.00 IDR	Annuitiies	0.00 IDR/yr	Energy cost	1216 IDR/kWh
Specific	15994 IDR/Wp	Run. costs	17558516.69 IDR/yr		
		Payback period	14.6 years		

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	163.0	73.42	26.57	155.4	150.7	4340	3549	1457	2763	2092
February	127.6	75.97	26.81	125.5	121.7	3522	3205	1290	2130	1915
March	148.7	84.55	26.96	148.3	144.0	4151	3549	1429	2605	2120
April	162.0	71.29	26.99	166.0	162.1	4636	3434	1409	3103	2025
May	159.2	72.78	27.57	167.0	163.0	4681	3549	1465	3091	2084
June	149.0	62.77	26.70	158.1	154.3	4456	3434	1403	2934	2031
July	174.1	57.99	26.72	184.3	180.1	5160	3549	1482	3545	2067
August	196.4	59.15	27.02	203.8	199.5	5664	3549	1513	4008	2036
September	188.6	64.23	27.24	191.9	187.6	5308	3434	1481	3693	1954
October	201.6	76.48	27.90	198.6	193.8	5491	3549	1585	3767	1964
November	172.8	79.46	27.04	166.8	161.9	4652	3434	1502	3026	1932
December	156.2	76.58	27.02	148.6	143.8	4157	3549	1442	2598	2107
Year	1999.3	854.66	27.05	2014.3	1962.6	56218	41785	17458	37263	24327

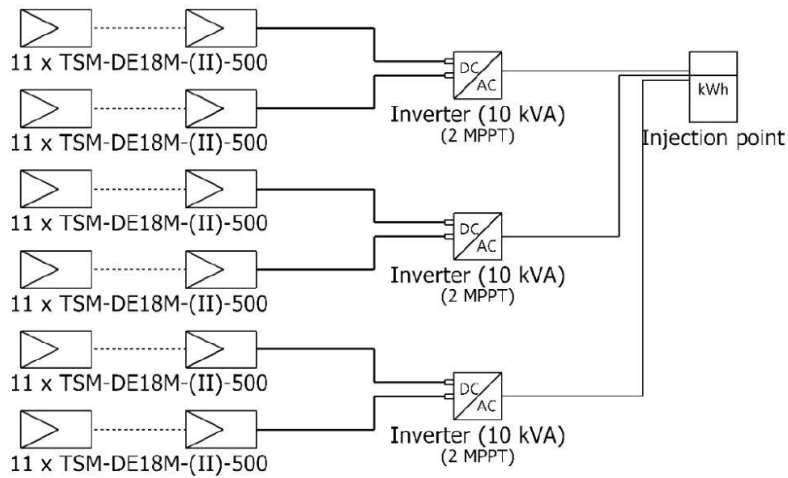
Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



**PVsyst V7.3.1**  
VC0, Simulation date:  
07/16/23 18:13  
with v7.3.1

# Single-line diagram



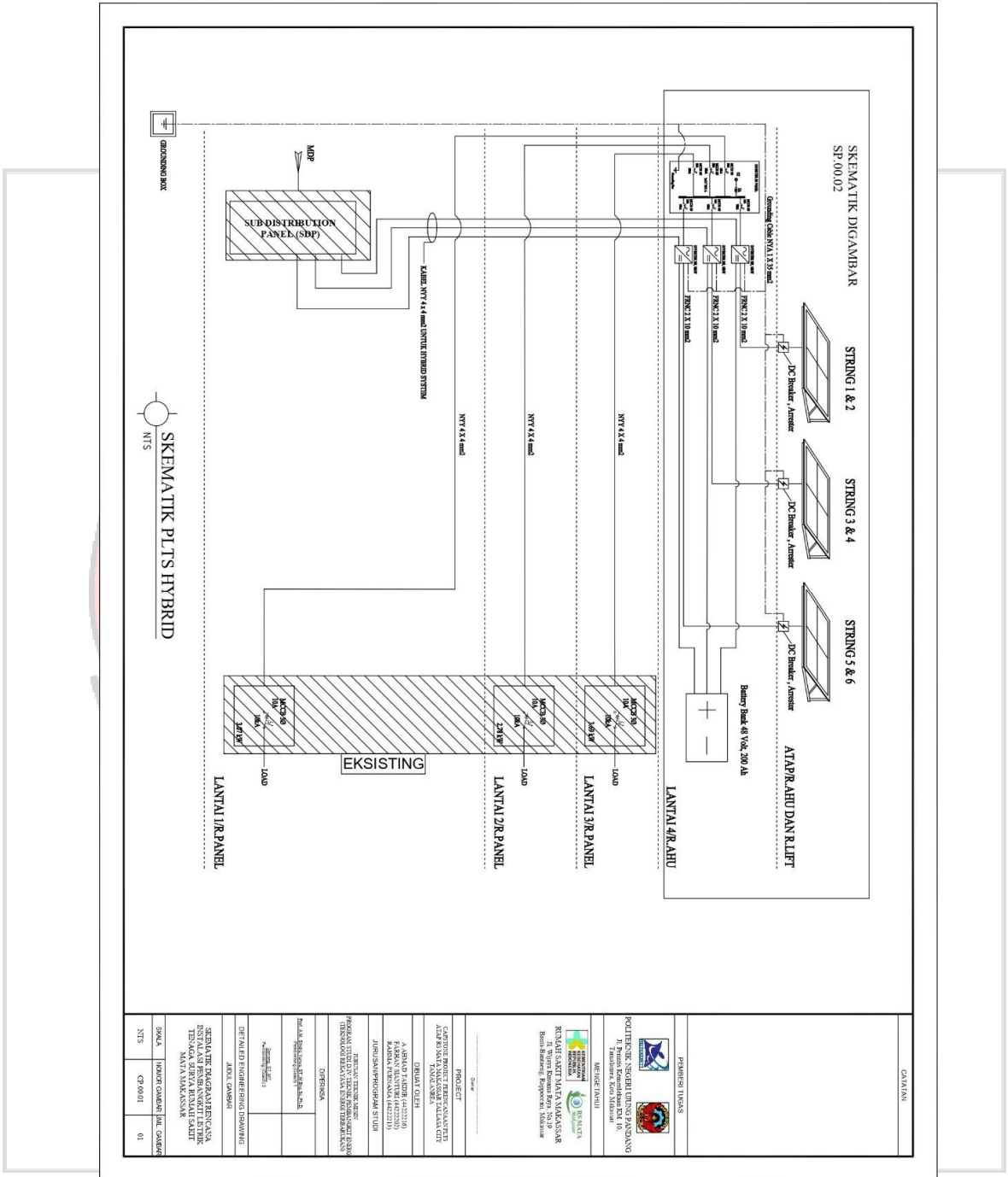
PV module	TSM-DE18M-(II)-500
Inverter	X3-Hybrid-10.0kW
String	11 x TSM-DE18M-(II)-500

PLTS Atap RS Mata Makassar On-Grid

VC0 : New simulation variant

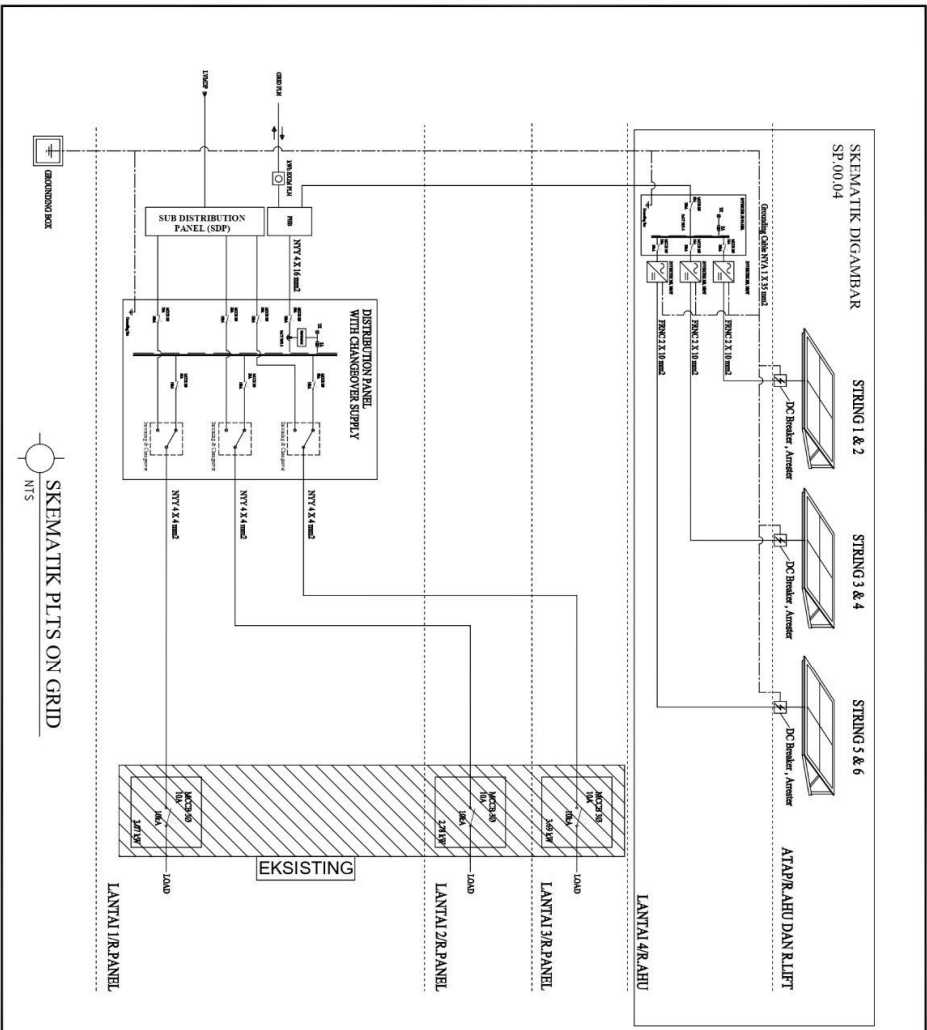
08/17/23

### C. Gambar DED PLTS





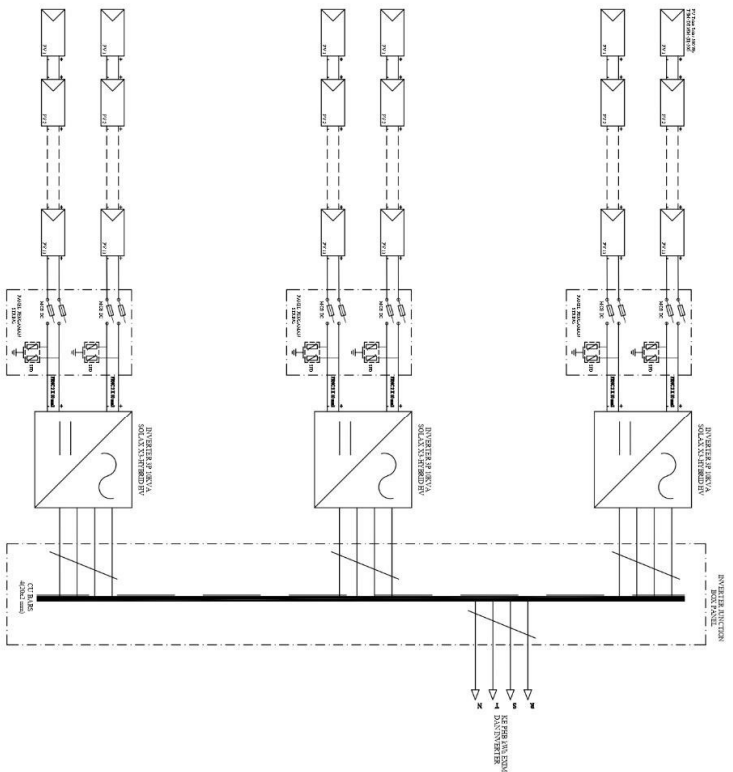




SKEMATIK PLTS ON GRID  
NTS

DAFTAR ISI	
PENGANTAR	
PEMBERI TUGAS	
POLTEKNEK NEGERI GUNUNG PANDANG Jl. Pahlawan Veteran No. 10 Bandar Lampung, Kota Bandar Lampung	
LEHIRIEN ENHUI	
REKAMAT SAKIT MATA MAKASSAR Jl. Seroja Kencana No. 50-52 Bukit Segel, Kecamatan Segel, Kabupaten	
PROJECT	
LAPORAN PROJEK PERENCANAAN PLTS ALTAH RATA RATA, KOTA SIAK, KABUPATEN DELUK, CELEBES	
A. BAKUO FADHER (4422210)	
S. KAMALYAN ALYAN (4422210)	
J. HUSNUSALWATI (4422210)	
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FACULTY OF CHEMISTRY INDONESIA	
PERENCANAAN	
POLTEKNEK NEGERI GUNUNG PANDANG	
JALUR GAMBANG	
DEFINIED ENGINEERING DRAWING	
SKEMATIK PERENCANAAN PERENCANAAN TEKNOLOGI SISTEM PLTS RATA RATA MATA MAKASSAR	
SKALA	1:1000
NTS	CP/003 03


**SKEMATIK PLTS ON GRID**



DIVISION

PEMERINTAH



POLITEKNIK NEGERI GUNUNG PANDANG

Jl. Pemuda, Kota Pangandaran, Pangandaran, Jawa Barat 40132  
 Telp. (0264) 3610000  
 Fax. (0264) 3610000  
 Email: pnp@pnp.ac.id

KELOMPOK

REKAMATI-SAFETYMATA MUKASSAR

2. Ropika Komara Permana, Ns.010  
 3. Rizki Nur Hafidha, Ns.010  
 4. Rizki Nur Hafidha, Ns.010

PROJEK

LAPORAN PROJEK REKONSTRUKSI PERUSAHA  
 ALUMINIUM MATA MUKASSAR WILAYAH KOTA  
 PANGANDARAN

DIREKTORI PERUSAHA

A. RABULO FALDIAN (4422110)

B. KURNIAWAN (4422110)

C. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

D. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

E. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

F. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

G. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

H. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

I. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

J. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

K. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

L. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

M. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

N. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

O. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

P. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

Q. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

R. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

S. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

T. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

U. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

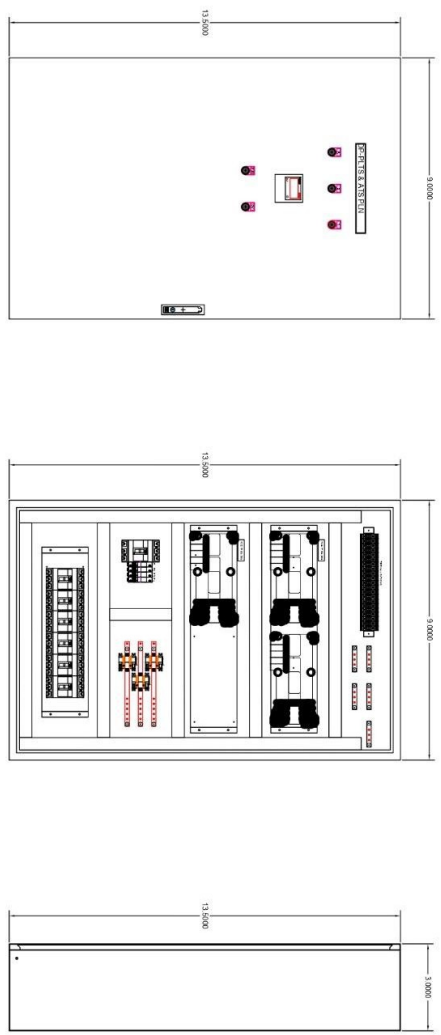
V. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

W. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

X. RIZKI NUR HAFIDHA (4422110)

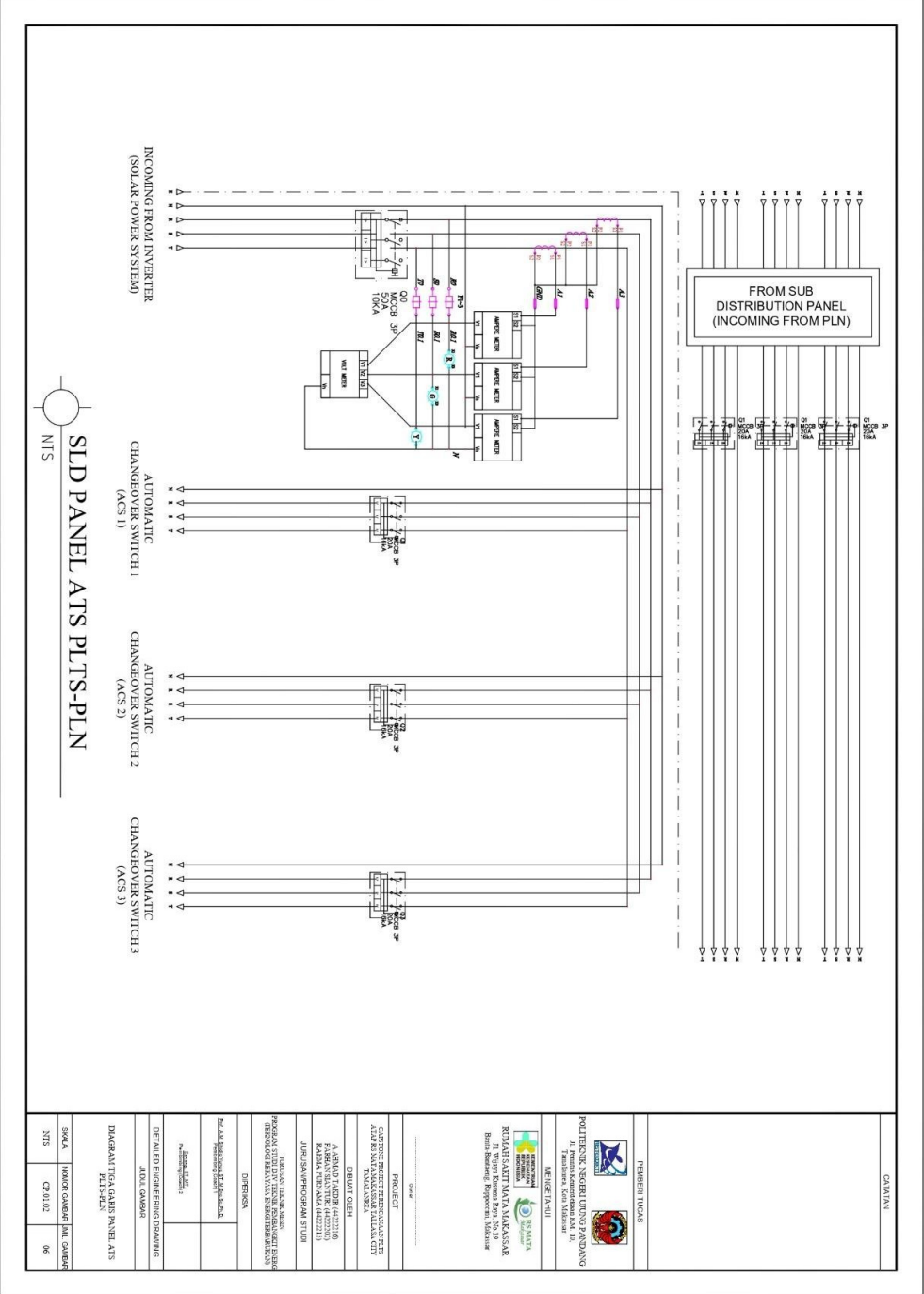
SKALA	1:1000
NTS	04

CHAMAN



DETAIL PANEL ATS PLTS-PLN

PAMERIN TUGAS	
POLITEKNIK NEGERI LINGGY PANDANG Jl. Pahlawan Veteran No. 100 Linggypandag, Kota Mandor, PR	
MAFI HIKELIMAU 	
REKAMATI SAFETY MATA KAKASKASAR Jl. Smpn Kembang Kaya No. 10 Bukit Kemuning, Kertajati, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 47132	
PROJEK	LAPORAN PROJEK PERENCANAAN RIB ALTAH RUMAH TANGGA KAWASAN RTB NAWA MATA KAWASAN KALILAKSA CITY DEWALU CILI
DISAIN	A. ABULLO FADHIR (6422210) F. KURNIAVA (6422210) J. HUSNADIPERSONAL (6422210)
PROGRAM	TEKNIK TEKNIK KEBANGUNAN PERENCANAAN DAN KONSTRUKSI PERENCANAAN DAN KONSTRUKSI
DISERVISI	
REVISI	
No. & Tanggal Revisi Alasan Revisi	
DEFINED ENGINEERING DRAWING JIKAL GAMBAR	
DETAIL PANEL ATS PLTS-PLN	
SKALA	RUMAH GAMBAR BAL. GAMBAR NTS
CP 01 01	05



DIVISION

PERMITS TO WORK



POLITEKNIK NEGERI LINGGAPANDANG  
 Jl. Pahlawan Veteran No. 100  
 Linggapandang, Cirebon, Jawa Barat 47152  
 Telp. (0261) 8510000  
 Fax. (0261) 8510000  
 Email: info@politekniklinggapanrang.ac.id

REKAMATI SARI MATA KAKASAKAR  
 Jl. Raya Kertanegara No. 50-52  
 Bandung, Jawa Barat 40132  
 Telp. (021) 5200000  
 Fax. (021) 5200000  
 Email: rekamati@rekamati.com

PROJECT  
 LAYOUT PROJECT PERENCANAAN RIB  
 ALTAH RUMAH KAKASAKAR WILAYAH KOTA  
 DEWATA CILI  
 A. ABULLO FALDIAN (4422210)  
 S. KURNIAWAN (4422210)  
 J. HENDRIK PERCUMBAH (4422210)

PROGRAM STUDI TEKNIK KEBUMIHAN  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN PERENCANAAN BANGUNAN

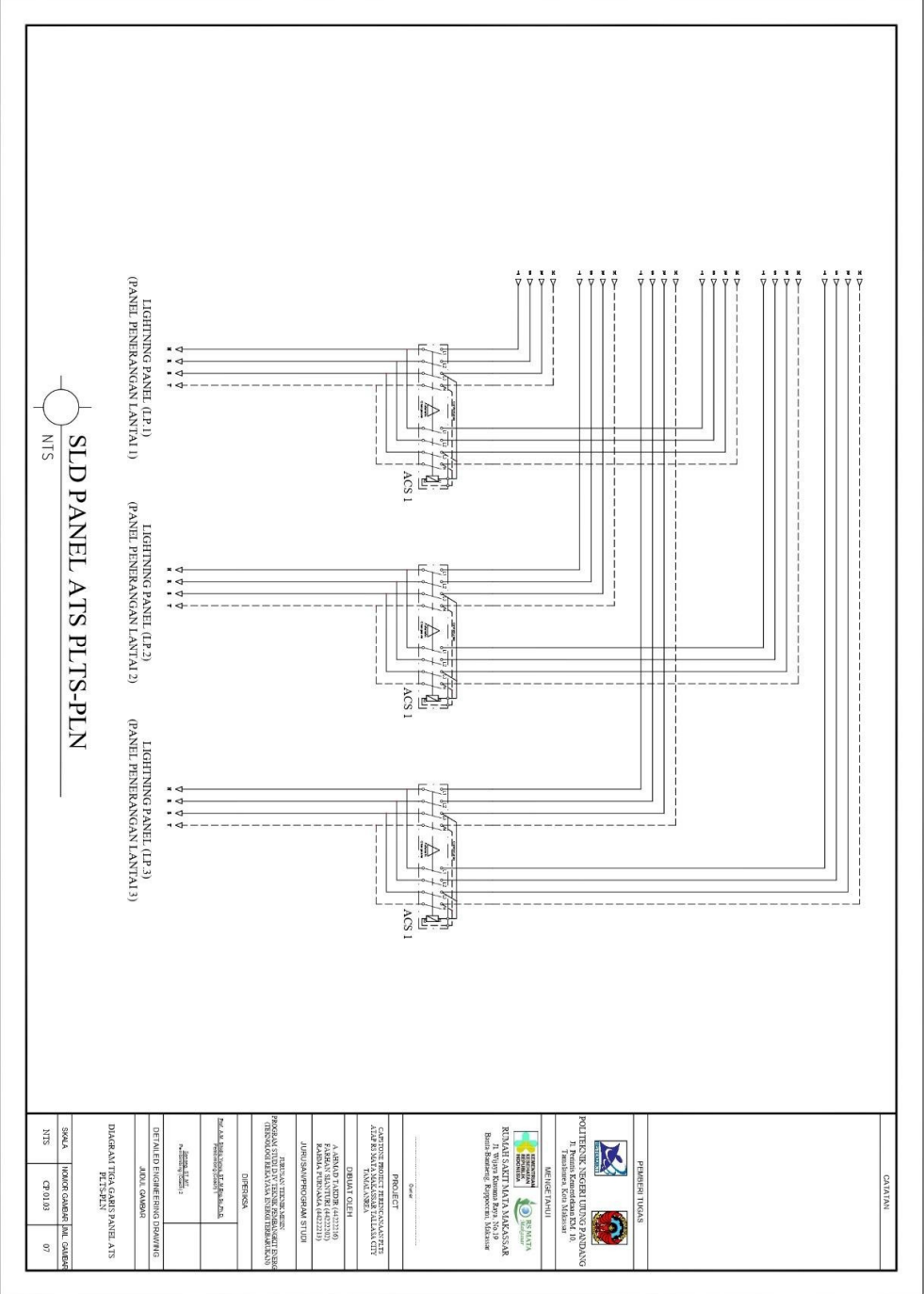
DISERVISI  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN

DEFINITION OF ENGINEERING DRAWING  
 JIKOL GAWARA

DAFTAR ISI  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN

NO. 10  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN

NO. 10  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN  
 PERENCANAAN SISTEM BANGUNAN



DAFTAR ISI

**PAMERITUS**



REPUBLIK INDONESIA  
 POLITEKNIK NEGERI LINGGAPANDANG  
 Jl. Pemuda, Kota Makassar 91211  
 Telp. (0831) 4511111  
 Website: www.pnl.lingga.ac.id

**MEKELINDAH**

REKAYASA  
 2. Sistem Tenaga Listrik  
 Rekayasa Sistem Tenaga Listrik

**PROJEK**

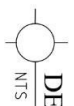
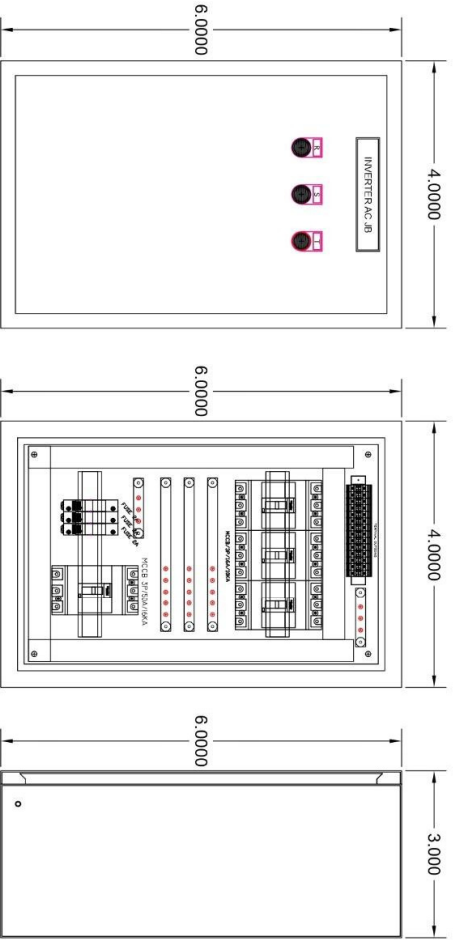
LOKASI PROJEK: PERENCANAAN RIB  
 ALUM KEMAH, MAKASSAR, SULLAWESI  
 SELATAN  
 DIBUAT OLEH:  
 A. RABUO LAHDIR (4422110)  
 F. RAMLIYAN (4422110)  
 J. HUSNAN (4422110)

**PERENCANAAN**

PERENCANAAN SISTEM TENAGA LISTRIK  
 PERENCANAAN SISTEM TENAGA LISTRIK  
 PERENCANAAN SISTEM TENAGA LISTRIK

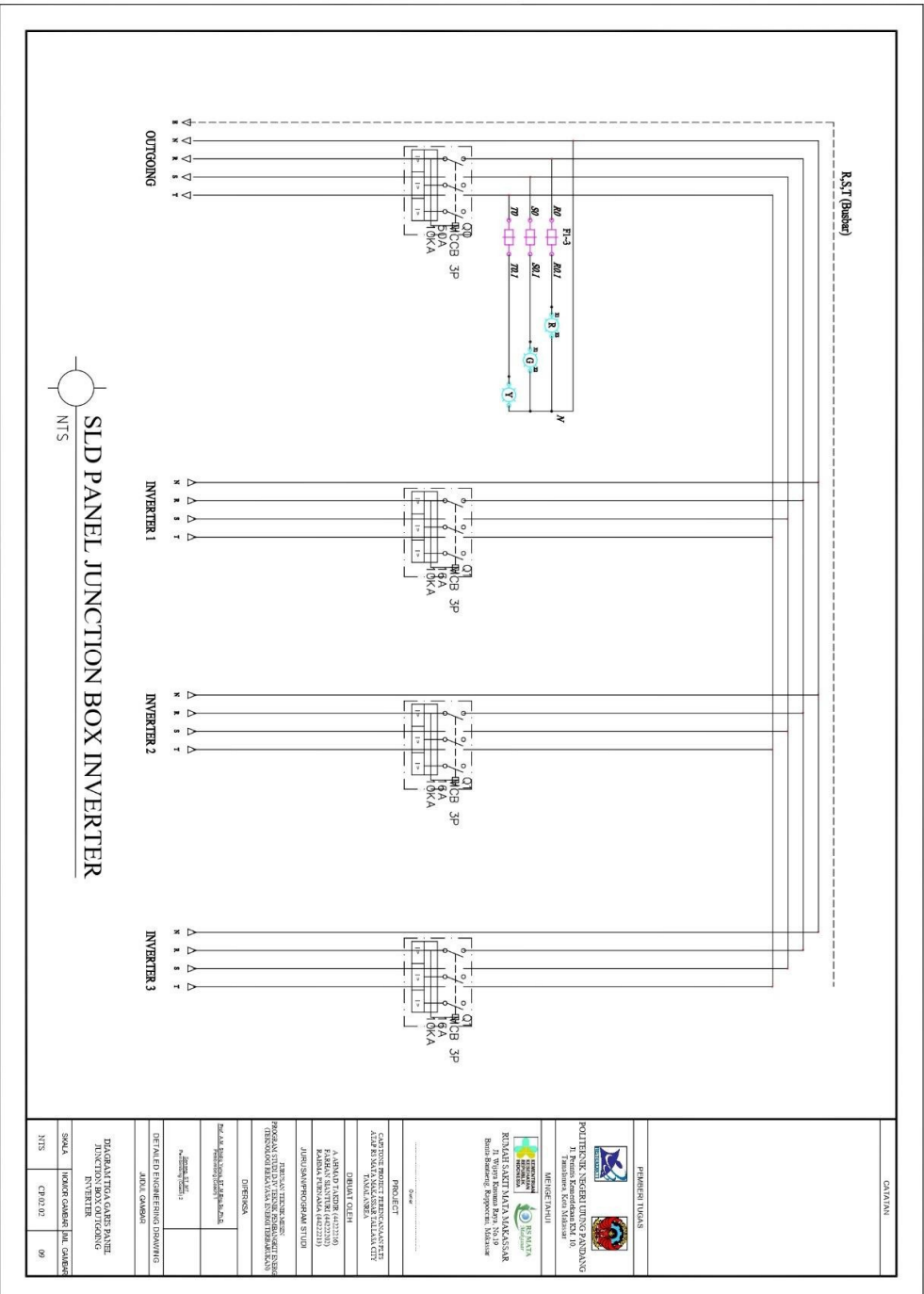
NO. SKALA: 10000  
 NTS: CP.01.03 07

DAFTAR ISI  
 PLTS-PLN




DETAIL PANEL JUNCTION BOX INVERTER

DRAWING		
PEMBERI TUGAS		
POLITEKNIK NEGERI GUNUNG PANDANG Jl. Pemuda, Kota Mandor, PO. Bandung, Jawa Barat 40132		
MATERI ENJINIR		
REKAMATI SAFIT MATA MUKASSAR Jl. Satria Kencana Blok No.10 Bandung, Jawa Barat 40132		
PROJECT		
LAMPUNG PROJECT TERBUK-CANAL-RTB ALUR BAWA MATA MUKASSAR WILAYAH KOTA DETAIL CEMET		
A. ABULLO FALDIAN (4422210) S. KURNIAWAN (4422210) J. HENDRIK (4422210)		
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI INSTITUT TEKNIK NEGERI GUNUNG PANDANG		
DISERVISI		
No. 144 144 144 144 144 144 No. 144 144 144 144 144 144		
DETAIL ENGINEERING DRAWING JILID GAMBAR 01		
DETAIL PANEL JUNCTION BOX OTTOLOGO INVERTER		
SKALA	INVERTER GAMBAR BAL. GAMBAR	
NTS	CP/02/01	08




**SLD PANEL JUNCTION BOX INVERTER**

DAFTAR ISI	
<b>PEMERINTAH KABUPATEN PANGANDARAN</b> POLITEKNIK NEGERI LINGKUP PANGANDARAN Jl. Pendidikan, Kota Pangandaran, Kab. Pangandaran, Jawa Barat 40132	
<b>LEHIRI ENHUI</b> 	
<b>REKAMATI-SAFETY/ALTA MALKASSAR</b> Jl. Sripura Kemuning, Kota Sula, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat 40132	
<b>PROJECT</b> CUSTOMER PROJECT: REKAMATI-SAFETY ALTA MALKASSAR, MALANG CITY DIBUAT OLEH: A. ABULLO F. ANDRI (44221210) F. RAMADANI ALYANTRI (44221210) J. HOS. SAKTI PERCANGKAM (44221210)	
<b>PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA</b> FAKULTAS TEKNIK DAN PERTANIAN INSTITUT TEKNIK SEPANG (ITS)	
<b>DISERIKAN</b>	
<b>REVISI</b>	
<b>DEFINITION OF ENGINEERING DRAWING</b> JK04.000004	
<b>REKAMATI-SAFETY/ALTA MALKASSAR</b> JUNCTION BOX OUTGOING INVERTER	
SKALA	HEKAT GAMBAR BAL GAMBAR
NTS	CP.02.02
	09



DAFTAR ISI

PEMERINTAH KABUPATEN PADANG PANDANG

POLITEKNIK NEGERI PADANG PANDANG  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

MEKKA ENGINEERING  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

REKAYASA TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

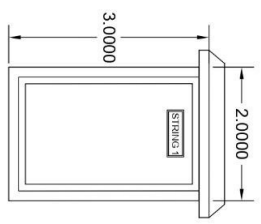
PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

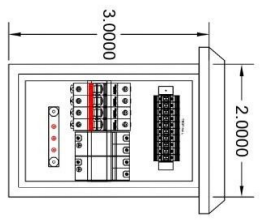
PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat

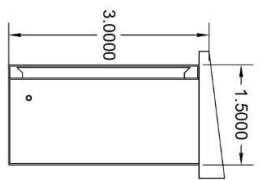
PROJEKSI TEKNIK ELEKTRO  
Jl. Pemuda, Kota Padang  
25139 Padang, Sumatera Barat



FRONT VIEW  
Door Closed



FRONT VIEW  
Removed Cover



SIDE VIEW  
Door Closed



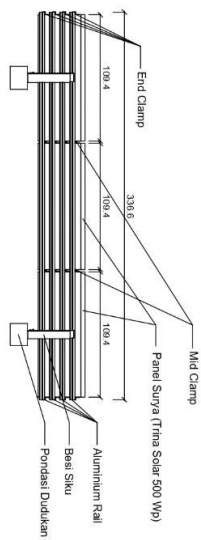
### DETAIL PANEL JUNCTION BOX PHOTOVOLTAIC

NOVA	REKAYASA TEKNIK ELEKTRO	10
NTS	CP 03.101	10



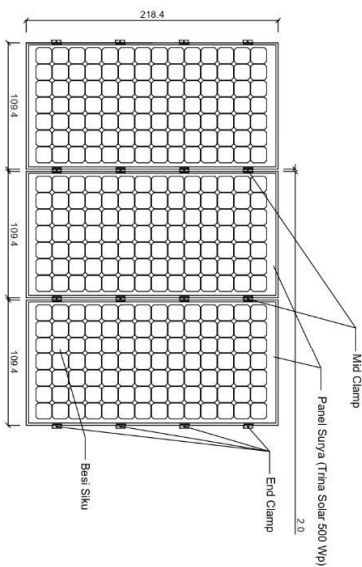


CAVITAN



TAMPAK BELAKANG 3PV

SKALA



TAMPAK ATAS 3PV

SKALA

PERUBAH TUJUAN



KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

KEKOLABORASIKAN

SKALA	10000 GAMBAR 1:1	1:1
NIS	CP/102	13



DAFTAR ISI

PERUBAHAN TUGAS



KEJURUTAHAN NEGERI UNGGUNG PANDANG  
KABUPATEN UNGGUNG  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN DAN RISET TINGGI  
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN INOVASI

KEJURUTAHAN

REKAYASA SAKIT MATA MANGKASAR  
Jl. Widyaprima No. 10  
Kampus Widyaprima, Unggung, Indonesia

PROJEK

CADD PROJECT PERENCANAAN LAY  
ATAP BILIKALIA, KALASAR, TALLAH CITY  
INDAH CILI

INDAH CILI

A. LAMBAT TERBES (400000)  
P. LAMBAT TERBES (400000)  
M. LAMBAT TERBES (400000)

PROGRAM PERENCANAAN LAY  
ATAP BILIKALIA, KALASAR, TALLAH CITY

PERENCANAAN

Per.Am. Revisi/Am. Revisi/Am. Revisi  
Revisi/Am. Revisi/Am. Revisi

REVISI/AM. REVISI/AM. REVISI

DETAILS ENGINEERING DRAWING  
ATAK GAMBAR

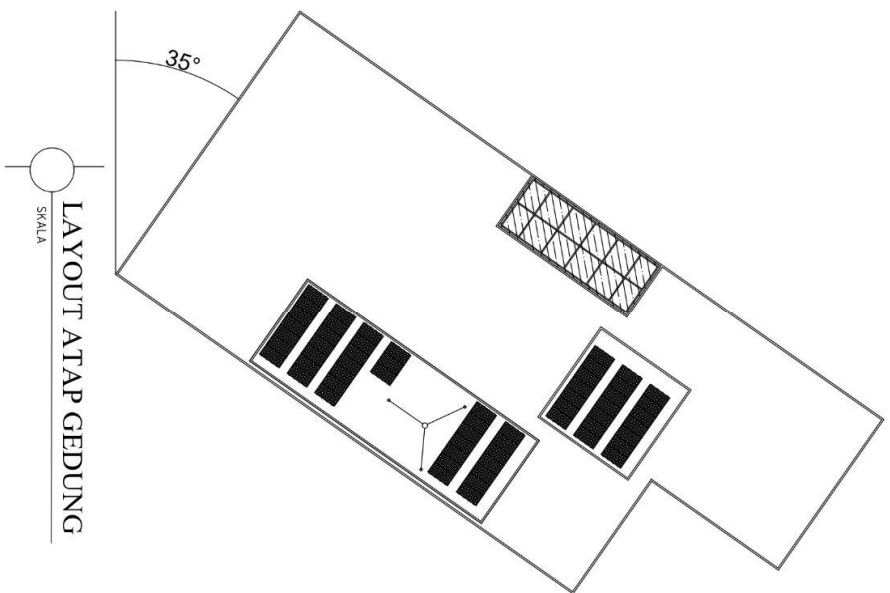
ATAK GAMBAR

LAYOUT ATAP GEDUNG

SKALA | 10000 GAMBAR | 10000 GAMBAR  
M15 | C15104 | 15



35°



LAYOUT ATAP GEDUNG  
SKALA

CATATAN

PERUBAHAN TUGAS



PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

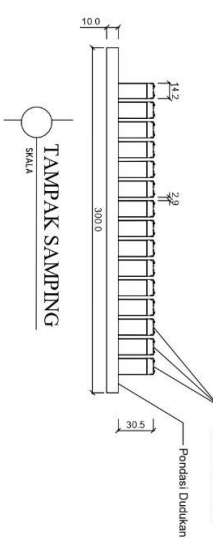
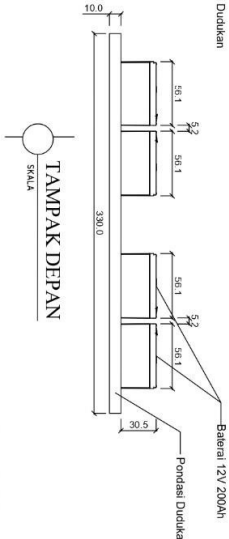
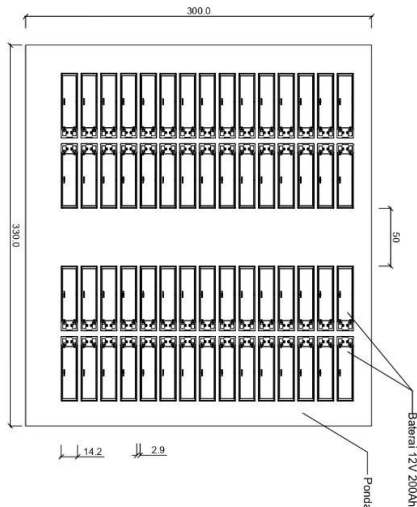
PT. PUPUK INDONESIA

PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA

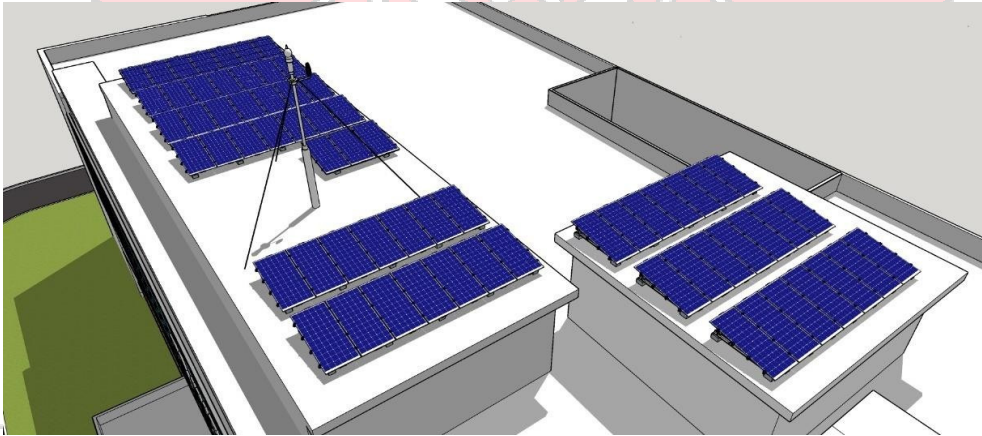
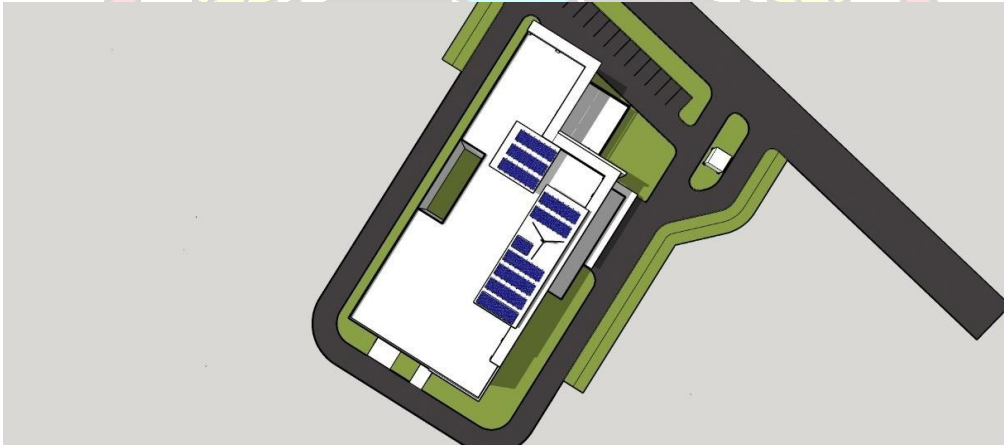
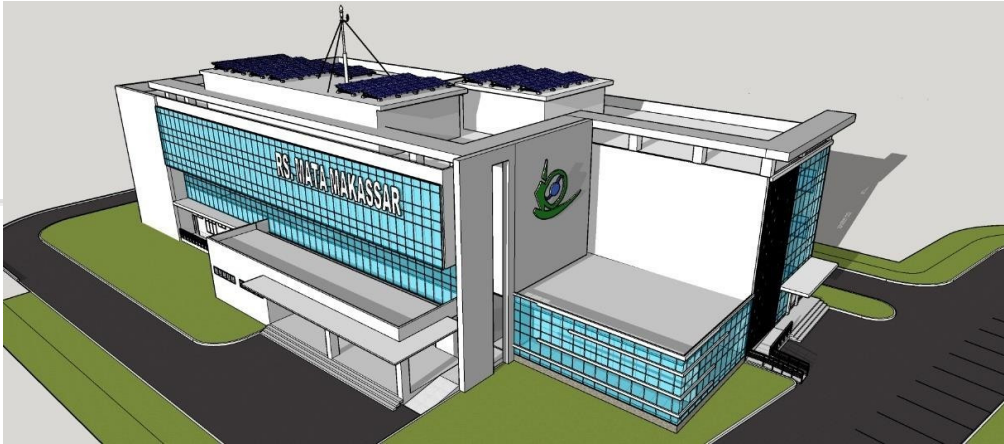
PT. PERTAMINA

PT. PUPUK INDONESIA



SKALA	HONOR GAMBAR	NO. GAMBAR
NIS	CP30/01	16

D. Gambar 3D PLTS





## E. Data Sheet

Trinasolar



# Vertex

500W+ Ultra-High Power with 21% High Efficiency  
Vertex Multi-busbar Module

Bifacial Module	485W	490W	495W	500W	505W
V <sub>oc</sub> (V)	50.9	51.1	51.3	51.5	51.7
I <sub>sc</sub> (A)	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17
V <sub>mp</sub> (V)	42.5	42.8	43.1	43.4	43.7
I <sub>mp</sub> (A)	11.42	11.45	11.49	11.53	11.56
Module dimension	2187 × 1102 × 30 mm				

Back Sheet Module	485W	490W	495W	500W	505W
V <sub>oc</sub> (V)	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
I <sub>sc</sub> (A)	12.01	12.05	12.09	12.13	12.17
V <sub>mp</sub> (V)	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
I <sub>mp</sub> (A)	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Module dimension	2176 × 1098 × 35 mm				



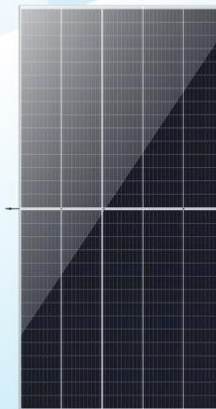
Trinasolar

Subject to change.  
© Trinasolar Vertex Brochure 2020\_01\_Rev01.EN  
<http://www.trinasolar.com/>

# Vertex

## OPENING THE NEW ERA OF 500W+ OUTPUT

The 500W+ Vertex series modules, with a module conversion efficiency reaching 21%, boast a power output over 500W. Incorporating 210mm cells, the 500W+ Vertex series modules come in two versions - the bifacial double-glass modules and back sheet modules, delivering high customer value.



**Utility Cost** Designed for utility and C&I projects

**500W+ 21%** 500W+ ultra-high power with 21% high efficiency

**1/3 cut** Best system compatibility from 1/3-cut cells and innovative 5\*30 string cell layout

**12-30** 12-year product warranty, 30-year power warranty

**-0.35%** Better temperature coefficient (<-0.35%), lower working temperature result in more generated power

**↑ options** Monofacial and bifacial options

**+30%** Up to 30% additional power gain from rear side in different installation environments

**IAM** Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low-light performance, validated by 3rd party certifications

**↑** Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load





## X3-HYBRID HV (THREE PHASE)

X3-HYBRID-5.0T

X3-HYBRID-6.0T

X3-HYBRID-8.0T

X3-HYBRID-10.0T

	X3-HYBRID-5.0T	X3-HYBRID-6.0T	X3-HYBRID-8.0T	X3-HYBRID-10.0T
<b>INPUT (DC)</b>				
Max.PV array power [Wp]	A:3000/B:3000	A:4000/B:4000	A:6000/B:4000	A:8000/B:5000
Max.DC voltage [V]	3000	1000	3000	1000
Nominal DC operating voltage [V]	720	720	720	720
Max. input current (Input A/Input B) [A]	11/11	11/11	20/11	20/11
Max. short circuit current (Input A/Input B) [A]	14/14	14/14	23/14	23/14
MPPT voltage range[V]	180-950	180-950	180-950	180-950
Start operating voltage[V]	180	180	180	180
No. of MPPT trackers	2	2	2	2
Strings per MPPT tracker	A:1/B:1	A:1/B:1	A:2/B:1	A:2/B:1
<b>INPUT AC</b>				
Max. apparent AC power[VA]	5000	6000	8000	10000
Max. AC current[A]	9,5	9,5	12,8	16,0
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]	400/230,380/220	400/230,380/220	400/230,380/220	400/230,380/220
Nominal grid Frequency(range) [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
<b>OUTPUT AC</b>				
Nominal AC power [VA]	5000	6000	8000	10000
Max. apparent AC power [VA]	5000	6000	8000	10000
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]		400/230,380/220		
Nominal grid frequency(range) [Hz]		50/60		
Nominal AC current [A]	9,2	8,7	11,6	14,5
Max. AC current [A]	8,0	9,5	12,8	16,0
Displacement power factor		0,8 leading... 0,8 lagging		
THDi, rated power [%]		<3		
<b>OUTPUT DC (BATTERY)</b>				
Battery voltage range [V]		160-800		
Max.continuous charge/discharge current [A]		25		
Communication interfaces		CAN/RS485		
Reverse connect protection		Yes		
<b>EPS OUTPUT (WITH BATTERY)</b>				
EPS MAX. continuous apparent power [VA]	5000	6000	8000	10000
EPS rated voltage[V], Frequency [Hz]		400/230VAC, 380/220VAC, 50/60		
EPS MAX. continuous current [A]	9,2	8,7	11,6	14,5
EPS peak apparent power [VA], Duration[s]	<10000 60	<12000 60	<14000 60	<15000 60
Changeover time [s]			<1,5	
THDi, linear Load [%]			<2	
<b>EFFICIENCY</b>				
MPPT efficiency [%]			99,9	
Euro efficiency [%]			97,0	
Max. efficiency [%]			97,8	
Battery charge/discharge efficiency [%]	93,0/96,0	97,0/96,0	91,5/96,5	97,5/96,5
<b>POWER CONSUMPTION</b>				
Standby consumption (Night) [W]		50 in standby mode, 10 in idle mode		
<b>STANDARD</b>				
Safety		IEC62109-1/+2		
EMC		EN61000-6-1/EN61000-6-2/EN61000-6-3		
Certification		VDE 0126-1-1 A1:2012 / VDE-AR-N 4105 / G98 / AS4777 / EN50549 / CEI B-21 / and so on		
<b>ENVIRONMENT LIMIT</b>				
Degree of protection(according to IEC60529)		IP65		
Operating temperature range [°C]		-20~+60 (derating at +45)		
Max. operation altitude [m]		2000		
Humidity [%]		0-100 (non-condensing)		
Storage temperature [°C]		-20~+60		
Typical noise emission [dB]		40		
<b>DIMENSION AND WEIGHT</b>				
Dimensions(WxHxD) [mm]		457*654*228		
Weight[kg]		45		
Cooling concept		Natural		
Topology		Non-isolated		
Communication interfaces		Ethernet/Meter/Pocket WiFi(optional)/Pocket LAN(optional)/Pocket GPRS(optional)/DRM/USB/EO alarm/CAN/BMS/NTC		
LCD display		Backlight 20*4 character		
Standard warranty [years]		5+0		

stored energy solutions for a demanding world

**Narada**

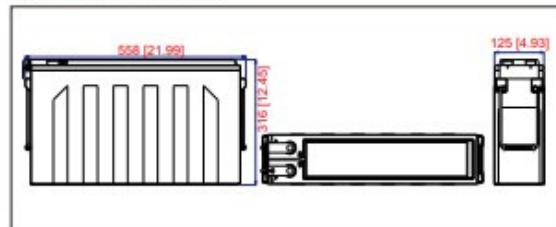
Model: **12NDT200**

**Acme**

The Acme T range of front access VRLA batteries has been specifically designed for applications using 19" and 23" cabinets, especially telecoms. Reliability is assured with the patented post seal and a state-of-the-art design developed to comply with the latest IEC, British and Telcordia standards. A 12+ years design life and centralised venting system add to the suitability and flexibility of this superior range.



**Dimensions-mm [inch]**



**Specifications**

Battery Model	12NDT200
Nominal Voltage	12V
Rated Capacity	200Ah (10 hour rate) to 1.80V/cell @25°C(77°F)
Typical Weight	61.0 kg
Internal Resistance	Approx 3.50 mΩ
Temperature Ranges	Operation (maximum): -40°C to 50°C(-40°F to 122°F) Operation (recommended): 15°C to 25°C(59°F to 77°F) Storage: -20°C to 40°C(-4°F to 104°F)
Float Voltage	2.25V/cell@25°C(77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	50 A
Equalize and Cycle Service	2.35V~2.40V/cell@25°C(77°F)
Self Discharge	The residual capacity is above 90% after 90 days storage(25°C/77°F)
Terminal	M6 Female
Terminal Hardware Torque	8 ± 1.0Nm
Container Material	ABS (V0 optional)

**Constant Current Discharge Characteristics Units: Amperes (25°C, 77°F)**

End Voltage	1MIN	15MIN	30MIN	45MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	6HR	8HR	10HR	12HR	20HR	24HR
1.60V	554.4	347.6	228.8	168.3	137.5	78.8	55.9	44.1	37.5	32.0	25.3	20.4	17.5	10.9	9.13
1.67V	519.2	342.1	225.5	168.3	136.4	78.1	55.6	44.1	37.2	31.7	25.1	20.3	17.4	10.8	9.05
1.70V	500.5	335.5	222.2	167.2	135.3	77.7	55.4	44.0	37.1	31.6	25.0	20.2	17.3	10.7	9.01
1.75V	475.2	321.2	213.4	163.9	134.2	77.1	55.1	43.8	36.9	31.2	24.8	20.1	17.2	10.6	8.93
1.80V	426.8	294.8	201.3	156.2	129.8	75.5	54.2	43.3	36.3	30.7	24.6	20.0	17.1	10.6	8.89
1.83V	389.4	276.1	191.4	149.6	127.6	73.5	53.2	42.8	35.5	29.9	24.3	19.8	16.9	10.5	8.84
1.85V	369.6	262.9	187.0	144.1	124.3	71.5	52.3	42.2	35.0	29.6	24.0	19.6	16.8	10.5	8.79

**Discharge Data with Constant Power Units: Watts per cell (25°C, 77°F)**

End Voltage	1MIN	15MIN	30MIN	45MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	6HR	8HR	10HR	12HR	20HR	24HR
1.60V	967	642	411	330	281	166	118	91.9	77.3	65.8	50.5	43.3	37.5	22.9	19.1
1.67V	914	625	408	328	279	166	118	91.5	77.0	65.6	50.4	43.2	37.4	22.8	19.0
1.70V	881	613	406	327	278	165	117	91.3	76.7	65.5	50.3	43.2	37.3	22.7	19.0
1.75V	814	590	398	322	274	164	117	90.8	76.2	65.1	49.9	43.1	37.2	22.4	18.9
1.80V	748	558	386	312	267	161	114	89.7	75.1	64.6	49.6	42.9	37.0	22.1	18.9
1.83V	726	528	374	304	260	156	112	88.6	74.0	63.9	49.4	42.6	36.7	21.9	18.8
1.85V	712	504	366	297	254	153	109	87.5	72.7	63.1	49.1	42.5	36.5	21.6	18.8

TUGAS AKHIR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

2023



# LAMPIRAN 2

Dokumentasi Pengerjaan Tugas Akhir

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP DI GEDUNG  
RUMAH SAKIT MATA MAKASSAR**

TA. 2022/2023



Survey Lokasi Atap Gedung RS Mata  
Makassar



Mengecek Sistem Kelistrikan RS Mata  
Makassar



Mengecek Sistem Jaringan Listrik RS Mata Makassar



Diskusi Lokasi Penempatan Panel Melalui Miniatur RS Mata Makassar



Diskusi mengenai penggambaran Layout dan Penyusunan Laporan









TUGAS AKHIR

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

2023



# LAMPIRAN 3

Kartu Asistensi Pengerjaan Tugas Akhir

**STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP DI GEDUNG**

**RUMAH SAKIT MATA MAKASSAR**

TA. 2022/2023





Program Studi Pembangkit Energi Spesialis Energi Terbarukan  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang  
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245  
Telepon : (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043  
Website : <http://www.poliupg.ac.id/>  
E-mail : [pnup@poliupg.ac.id](mailto:pnup@poliupg.ac.id)

### KARTU KONTROL BIMBINGAN CAPSTONE PROJECT

Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)  
Atap Di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar

Nama : Farhan Sianturi / 44222204  
Rahma Purnama / 44222213  
A. Ahmad Takdir / 44222216

Jurusan/Prodi : Teknik Mesin / D4 Teknik Pembangkit Energi

No.	Hari/Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf Pembimbing
1	03/04/23	Mengidentifikasi lokasi penelitian berdasarkan lokasi strategi perencanaan	
2	11/04/23	Tahapan-tahapan dalam mengolah data pada lokasi penelitian	
3	17/04/23	menganalisa data sekunder radiasi matahari dan temperatur pada lokasi	
4	03/05/23	Merancang skematik dengan konfigurasi terbaik dalam perencanaan PLTS Hybrid	
5	09/05/23	Tahap lanjutan menentukan konfigurasi dalam perencanaan	
6	15/05/23	identifikasi komponen utama dalam perencanaan PLTS	
7	29/05/23	permodelan skematik yang diberikan ke simulasi customer	
8	29/05/23	penyempurnaan permodelan agar memiliki konfigurasi terbaik	
9	03/06/23	<del>Per</del> Analisis teknis	



**Program Studi Pembangkit Energi Spesialis Energi Terbarukan  
Jurusan Teknik Mesin**

**Politeknik Negeri Ujung Pandang**

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245

Telepon : (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043

Website : <http://www.poliupg.ac.id/>

E-mail : [pnup@poliupg.ac.id](mailto:pnup@poliupg.ac.id)

10	07/06/23	Analisis perbandingan kelayakan pursyst dan homerpro	
11	14/06/23	mendesain layout perencanaan PLTS Hybrid <del>dan</del> menggunakan Autocad	
12	21/06/23	penyesuaian detail layout PLTS hybrid	
13	08/07/23	identifikasi risk Management	
14	27/07/23	perbaikan dan kesesuaian lampiran skripsi sesuai standar	
15	7/08/23	pembuatan caption report sesuai standar penulisan	
16	16/08/23		

Makassar, 16/08 - 2023

Pembimbing I

Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

NIP. 19780804 200112 1 001



Program Studi Pembangkit Energi Spesialis Energi Terbarukan  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang  
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245  
Telepon : (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043  
Website : <http://www.poliupg.ac.id/>  
E-mail : [pnpup@poliupg.ac.id](mailto:pnpup@poliupg.ac.id)

### KARTU KONTROL BIMBINGAN CAPSTONE PROJECT

Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)  
Atap Di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar

Nama : Farhan Sianturi /44222204  
Rahma Purnama /44222213  
A. Ahmad Takdir /44222216

Jurusan/Prodi : Teknik Mesin / D4 Teknik Pembangkit Energi


No.	Hari/Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf Pembimbing
1	09/04/23	penentuan lokasi penelitian, tujuan penelitian dan penentuan judul	
2	17/04/23	Mengidentifikasi kebutuhan energi listrik RS Mata Makassar	
3	27/04/23	Metalakan pengumpulan data radiasi matahari	
4	5/05/23	pemilihan komponen PLTS Hybrid	
5	11/05/23	Pengumpulan data yang diperoleh kedalam Pysst	
6	23/05/23	Pengumpulan data yang diperoleh kedalam HOMERpro	
7	3/06/23	analisis ekonomi	
8	10/06/23	Analisis keberlanjutan	
9	17/06/23	perbandingan analisis Pysst dan HOMERpro	



Program Studi Pembangkit Energi Spesialis Energi Terbarukan  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang  
Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245  
Telepon : (0411)-585365, 585367, 585368; Faksimili: (0411)-586043  
Website : <http://www.poliupg.ac.id/>  
E-mail : [pnup@poliupg.ac.id](mailto:pnup@poliupg.ac.id)

10	26/06/23	Analisis kontribusi masing-masing pembangkit	9
11	3/07/23	system ketenagaan dan alat grid	9
12	15/07/23	perancangan gambar DED system	9
13	29/07/23	Analisis hasil simulasi hasil masing-masing software	9
14	1/08/23	analisis laporan skripsi sesuai standar	9
15	7/08/23	analisis laporan capstone sesuai standar	9
16	16/08/23	ACC	9

Makassar, 16/08/2023  
Pembimbing II

  
Sonong, S.T., M.T.  
NIP. 19621202 199203 1 002

STUDI PERENCANAAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP  
DI GEDUNG RUMAH SAKIT MATA MAKASSAR



CAPSTONE PROJECT

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

FARHAN SIANTURI 44222204

RAHMA PURNAMA 44222213

A. AHMAD TAKDIR 44222216

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2023



## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Capstone Project dengan judul “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar” oleh Farhan Sianturi NIM 44222204, Rahma Purnama NIM 44222213, dan A. Ahmad Takdir NIM 44222216 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 12 Agustus 2023

Anggota 1



Farhan Sianturi  
NIM. 44222204

Anggota 2



Rahma Purnama  
NIM. 44222213

Anggota 3



A. Ahmad Takdir  
NIM. 44222216

Pembimbing 1



Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D  
NIP. 19780804 200112 1 001

Pembimbing 2



Sonong, S.T., M.T.  
NIP. 19621202 199203 1 002

Mengetahui

Koordinator Program Studi



Ir. Chandra Buana, M.T  
NIP. 19630319 199103 1 003



## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa, 22 Agustus 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Farhan Sianturi NIM 44222204, Rahma Purnama NIM 44222213 dan A. Ahmad Takdir NIM 44222216 dengan judul "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar".

Makassar, Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir

1. Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D

Ketua



2. Ir. Herman, M.T.

Sekretaris



3. Ir. La Ode Musa, M.T.

Anggota



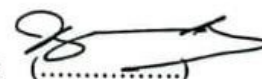
4. Dr. Andi Muh. Subhan S, S.T., M.T.

Anggota



5. Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

Pembimbing



6. Sonong, S.T., M.T.

Pembimbing



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul

“Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di Gedung Rumah Sakit Mata Makassar”.

Penulisan Tugas Akhir ini kami susun guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Empat (D4) Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi penyempurnaan penulisan laporan ini.

Dan juga dalam penyusunan laporan ini, kami mendapat bimbingan, bantuan, maupun dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya melalui kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, pengertian dan perhatian serta dorongan, baik berupa moril maupun materi.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. Chandra Buana, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

5. Bapak Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D dan Bapak Sonong, S.T., M.T. yang merupakan pembimbing I dan pembimbing II yang selama ini dengan tekun dan sabar serta jerih payah memberikan bimbingan dan bantuan yang tulus dan Ikhlas diberikan kepada penulis dalam

menyelesaikan tugas akhir.

6. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh Staf dan Karyawan Politeknik Negeri Ujung Pandang.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis berupa semangat, tenaga dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Akhir kata semoga laporan proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya dalam dunia pendidikan di Indonesia.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i

HALAMAN PENGESAHAN ..... ii

HALAMAN PENERIMAAN..... iii

KATA PENGANTAR..... iv

DAFTAR ISI ..... vi

DAFTAR GAMBAR..... viii

DAFTAR TABEL ..... ix

RINGKASAN EKSEKUTIF..... 1

BAB I PENDAHULUAN ..... 2

BAB II DESKRIPSI LOKASI AWAL ..... 4

BAB III METODE PENELITIAN..... 5

3.1 Observasi ..... 5

3.2 Data Iklim ..... 8

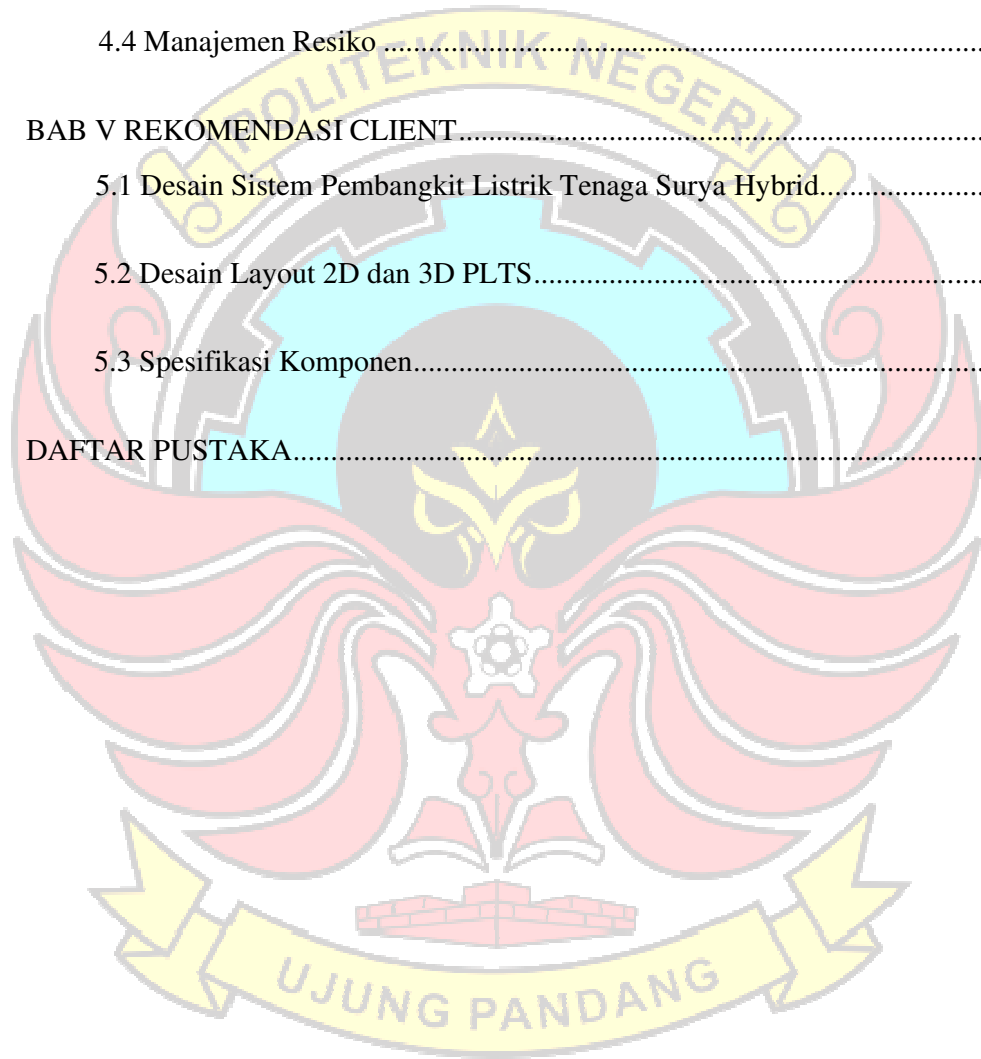
3.3 Desain Sistem Hybrid Dengan Software PVSyst..... 9

3.4 Aspek Penelitian ..... 11

3.5 Target Perencanaan ..... 13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 14

4.1 Analisa Teknis .....	14
4.2 Analisa Ekonomi .....	15
4.3 Analisa Kelayakan .....	17
4.4 Manajemen Resiko .....	17
<b>BAB V REKOMENDASI CLIENT.....</b>	<b>20</b>
5.1 Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid.....	20
5.2 Desain Layout 2D dan 3D PLTS.....	21
5.3 Spesifikasi Komponen.....	24
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>28</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Letak Rumah Sakit Mata Makassar.....	4
Gambar 3.1 Orientasi dari panel surya.....	10
Gambar 3.2 Skema Sistem Desain PLTS.....	10
Gambar 5.1 Skematik PLTS Hybrid.....	20
Gambar 5.2 3D Tampak Depan PLTS Rumah Sakit Mata Makassar.....	21
Gambar 5.3 Tampak Atas PLTS Rumah Sakit Mata Makassar.....	21
Gambar 5.4 Tampak Atas PLTS Rumah Sakit Mata Makassar.....	22
Gambar 5.5 Tampak Atas Pemasangan Modul PV.....	22
Gambar 5.6 Gambar Tampak Belakang Pemasangan Modul PV.....	23
Gambar 5.7 Tampak Samping Pemasangan Modul PV.....	23
Gambar 5.8 Detail Dimensi Baterai.....	23
Gambar 5.9 Panel Surya Trina Solat Atlas.....	24
Gambar 5.10 Inverter Solaxpower X3 Hybrid 10.0kW.....	25
Gambar 5.11 Baterai Narada 12NDT200.....	27

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tinjauan Pustaka.....	5
Tabel 3.2 Estimasi Kebutuhan Daya Listrik Rumah Sakit Mata Makassar.....	8
Tabel 3.3 Data Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin.....	9
Tabel 4.1 Perbandingan Analisa Teknis PVSyst 7.3 dan Homer Pro.....	14
Tabel 4.2 Bill Of Quantity PLTS Hybrid.....	15
Tabel 4.3 Biaya O&M, Replacement dan Operation Cost.....	16
Tabel 4.4 Perbandingan Analisa Kelayakan PVSyst 7.3 dan Homer Pro.....	17
Tabel 4.5 Manajemen Resiko .....	18
Tabel 5.1 Spesifikasi Panel Surya (Trina Solar).....	25
Tabel 5.2 Spesifikasi Inverter (Solaxpower - X3-Hybrid-10.0kW) .....	26
Tabel 5.3 Spesifikasi Baterai (Narada 12NDT200).....	27



## RINGKASAN EKSEKUTIF

Rumah Sakit Mata Makassar yang terletak di Jalan Lingkaran Barat, Kawasan Tallasa City, Tamalanrea, Kota Makassar. Rumah sakit ini merupakan bagian dari proyek Kementerian Kesehatan Tahun Anggaran 2022 yang selesai dibangun pada akhir Desember tahun 2022. Saat ini Rumah Sakit Mata Makassar di supply dari listrik tegangan rendah (TR) PLN 197 KVA namun secara konstruksi rumah sakit ini mendukung untuk tahap pengembangan mencapai 500 KVA. Namun, dalam penggunaannya listrik pada suatu rumah sakit memerlukan daya yang besar guna untuk menunjang penggunaan peralatan medis maupun non-medis di dalamnya.

Dibuatlah sebuah perancangan untuk menggabungkan kelistrikan PLN dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS berperan sebagai pembangkit listrik utama, sementara PLN berfungsi sebagai sumber yang memenuhi kekurangan energi yang dihasilkan dari PLTS. Sistem yang menggabungkan antara PLTS dan Sumber Kelistrikan PLN disebut sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid. Perancangan Sistem ini menggunakan software simulasi PVSyst 7.3 dan Homer Pro untuk menghitung potensi, performa dan keekonomian dari sistem yang dirancang serta menggunakan software Autocad dan SketchUP untuk menghasilkan gambaran 2D dan 3D dari perancangan.

Terdapat dua pemodelan sistem yang dihasilkan dari masing-masing software PVSyst 7.3 dan Homer Pro yang menerapkan sistem PLTS Hybrid. Perancangan PLTS Hybrid pada PVSyst menghasilkan analisa teknis yang meliputi produksi energi sebesar 54.137 kWh/tahun dengan performa sistem 81.4%. Biaya investasi awal PLTS Hybrid ini adalah sebesar Rp.574.764.589 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp.1.278 dengan lama waktu pengembalian 13,8 tahun dan nilai NPV Rp. 138.182.638 yang memiliki nilai IRR 11,51% dan ROI 25,4%. Perancangan PLTS Hybrid pada Homer Pro menghasilkan analisa teknis yang meliputi produksi energi sebesar 66.003 kWh/tahun dengan performa sistem 100%. Biaya investasi awal PLTS Hybrid ini

adalah sebesar Rp. 385.429.600 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp. 437 dengan lama waktu pengembalian 5,76 tahun dan nilai NPV Rp. 352.929.800 yang memiliki nilai IRR 22,4% dan ROI 19,3%



## BAB I PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar didunia yang terdiri dari sekitar 17.500 pulau. Jumlah penduduk Indonesia adalah sekitar 220 juta jiwa dimana 60% dari penduduk bertempat tinggal di daerah pedesaan (Djamin, 2010). Mayoritas pembangkit listrik di Indonesia masih mengandalkan energi fosil. Berdasarkan Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik (RUPTL) PLN tahun 2018-2027 menyebutkan bahwa lebih dari 82% dari listrik yang dihasilkan berasal dari bahan bakar fosil, 18% sisanya berasal dari sumber energi terbarukan. Salah satu cara untuk perlistrikan daerah pedesaan terpencil adalah dengan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena potensi energi terbarukan di Indonesia cukup memadai seperti energi matahari. Data menunjukkan potensi energi matahari bernilai 207.898 MW sedangkan pemanfaatannya masih minim yakni 0.04% (PT. PLN Persero, 2018).

Selain dikenal sebagai negara kepulauan Indonesia juga merupakan negara tropis mempunyai potensi energi surya yang tinggi dengan radiasi harian rata-rata (insolasi) sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup> /hari (Solarex, 1996). Potensi ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang murah dan tersedia sepanjang tahun. Oleh karena itu, penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya tersedia merupakan solusi yang tepat.

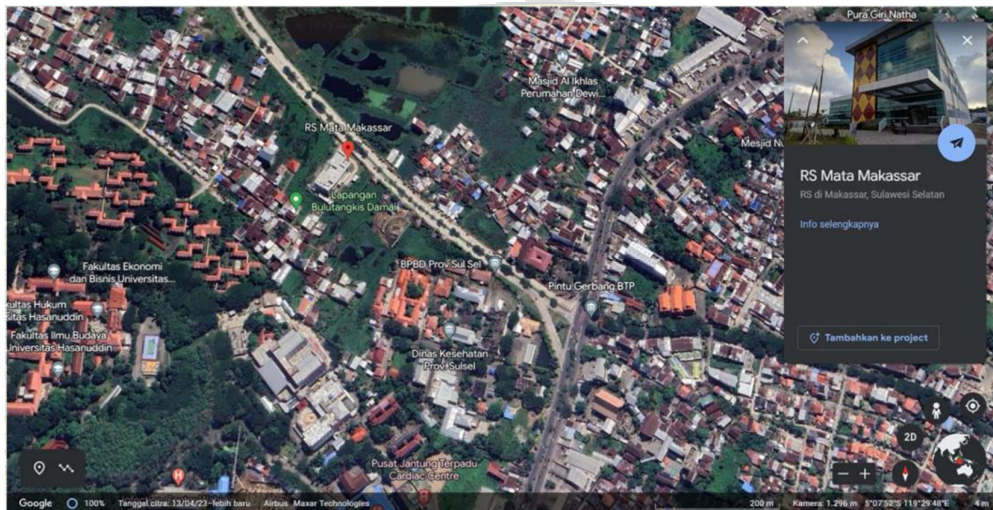
Dikarenakan sulitnya mendapatkan lahan yang luas pada daerah perkotaan untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), sehingga pemanfaatan pada rooftop atau atap menjadikan solusi terbaik untuk pembangunan PLTS. Solusi yang tepat untuk mengurangi penggunaan listrik yang cukup besar pada gedung perkantoran maupun rumah sakit adalah dengan menggunakan rooftop atau atap sebagai lahan untuk PLTS. Salah satu gedung yang memiliki potensi tersebut adalah Rumah Sakit Mata Makassar.

Saat ini Rumah Sakit Mata Makassar di supply dari listrik tegangan rendah (TR) PLN 197 KVA namun secara konstruksi rumah sakit ini mendukung untuk tahap pengembangan mencapai 500 KVA. Selain itu sebagai daya back-up terdapat Generator Set kapasitas 500 KVA untuk keadaan darurat. Sebagai salah satu fasilitas kesehatan tentunya memerlukan supply listrik yang andal. Namun, dalam penggunaannya listrik pada suatu rumah sakit memerlukan daya yang besar guna untuk menunjang penggunaan peralatan medis maupun non-medis di dalamnya. Dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tidak hanya menghemat biaya penggunaan listrik PLN tetapi juga dapat turut andil dalam upaya pemerintah untuk mengembangkan Energi Baru dan Terbarukan (EBT).



## BAB II DESKRIPSI LOKASI AWAL

Rumah Sakit Mata Makassar yang terletak di Jalan Lingkaran Barat, Kawasan Tallasa City, Tamalanrea, Kota Makassar. Rumah sakit ini merupakan bagian dari proyek Kementerian Kesehatan Tahun Anggaran 2022 yang selesai dibangun pada akhir Desember tahun 2022.



Gambar 2.1 Lokasi Letak Rumah Sakit Mata Makassar

Saat ini Rumah Sakit Mata Makassar di supply dari listrik tegangan rendah (TR) PLN 197 KVA namun secara konstruksi rumah sakit ini mendukung untuk tahap pengembangan mencapai 500 KVA. Selain itu sebagai daya back-up, terdapat Generator Set kapasitas 500 KVA untuk keadaan darurat.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Observasi

Observasi yang peneliti lakukan bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan sistem yang diusulkan sesuai dengan batasan realistis yang ditentukan serta telah mengakomodasi kebutuhan energi yang telah disesuaikan dengan keinginan pengguna. Untuk mencapai hal tersebut, tahapan observasi ini diawali dengan mengumpulkan informasi-informasi dasar tentang kebutuhan sistem yang akan di implementasikan.

Terdapat beberapa hal utama sebagai output dari proses observasi ini yaitu memperoleh sumber informasi yang solutif, data primer dan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini serta spesifikasi komponen dari sistem yang akan dirancang dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Tabel 3.1 merupakan kumpulan beberapa sumber informasi yang akan memberikan informasi solutif dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini

Tabel 3.1 Tinjauan Pustaka

Penulis	Usulan Solusi	Evaluasi
Husnayain, & Derry (2020)	Merancang pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) on-grid dengan backup baterai pada Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia (FTUI) dengan melakukan pengujian dengan dua metode yang berbeda menggunakan PvSyst	Dengan rata-rata penggunaan beban harian pada hari kerja sebesar 4,649 kW dan penggunaan beban harian pada hari libur sebesar 1,8 kW di dapati hasil simulasi sebagai berikut: - Dengan Metode pertama Kontribusi konfigurasi PLTS Berdasarkan Beban Harian Hasil simulasi

		<p>dari perencanaan menghasilkan kontribusi energi sebesar 96,20% pada hari kerja dan 254,54% pada hari libur. Dengan penggunaan battery backup pada konfigurasi ini menghasilkan kontribusi sebesar 91,51% pada hari kerja dan 241,69% pada hari libur.</p> <p>- Dengan Metode kedua, Kontribusi konfigurasi PLTS Berdasarkan Luas Area Tersedia menghasilkan kontribusi energi terhadap beban adalah sebesar 68,98% pada hari kerja dan 182,18% pada hari libur. Dengan penggunaan battery backup pada konfigurasi ini menghasilkan kontribusi sebesar 68,98% pada hari kerja</p>
--	--	---

		dan 179,27% pada hari libur.
Nugroho, dkk (2021)	Merancang System PLTS Hybrid dengan Baterai yang dapat memenuhi kebutuhan gedung ICT Universitas Diponegoro dengan beban harian pada hari kerja 178,853 kW dan pada hari libur 100,960 Kw menggunakan Software PvSyst 7.0	Dari hasil simulasi diketahui komponen system PLTS terdiri dari 135 modul berkapasitas 310 Wp/modul, 144 baterai dengan kapasitas 12v200 Ah/baterai, 9 unit inverter 5 kW dan 9 unit SCC 100 A/unit, energi listrik yang dihasilkan sebesar 99,1 MWh setiap tahunnya. Setelah melalui proses konversi energi listrik berkurang menjadi 68,230 MWh dengan pembagian 57,180 MWh mensuplai beban dan 11,050 MWh dikirim ke baterai sebagai cadangan dengan efisiensi sebesar 67%.
Prayogi (2018)	Merancang sistem hybrid baik secara teknik maupun ekonominya sesuai dengan kondisi pada gedung FTSP UII Dengan konfigurasi PLTS, PLN dan baterai menggunakan Software HomerPro	Hasil dari perancangan sistem hybrid adalah sebagai berikut : 52 panel surya berkapasitas 320 Wp, 8 baterai berkapasitas 48 V 50 Ah, dan 4 inverter berkapasitas 4 kW. Berdasarkan hasil simulasi HOMER didapatkan total NPC sebesar Rp 236.319.432, COE sebesar 604,349 Rp/kWh, Renewable Fraction sebesar



		87.2 %, dan BEP selama 11 tahun 5 bulan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada Gedung FTSP UII
--	--	--

Saat ini Rumah Sakit Mata Makassar di supply dari listrik tegangan rendah (TR) PLN 197 KVA namun secara konstruksi rumah sakit ini mendukung untuk tahap pengembangan mencapai 500 KVA. Selain itu sebagai daya back-up, terdapat Generator Set kapasitas 500 KVA untuk keadaan darurat.

Tabel 3.2 Estimasi Kebutuhan Daya Listrik Rumah Sakit Mata Makassar

Beban	Waktu (jam/hari)	Daya (kW)	Total Energi Listrik ( kWh/hari )
Lampu Lantai 1	12	3.07	36.84
Lampu Lantai 2	12	2.78	33.36
Lampu Lantai 3	12	3.69	44.27
Power Panel Lt.1	12	10.80	129.60
Power Panel Lt.2	12	8.85	106.20
Power Panel Lt.3	12	8.58	102.96
UPS 10 kVA	24	6.00	144.00
Total			597.228

### 3.2 Data Iklim

Data Iklim dan Intensitas Radiasi Matahari diperoleh dari sumber database Meteoronorm 8.1 melalui software PVSyst 7.3 dengan memilih titik koordinat tepat di lokasi Rumah Sakit Mata Makassar. Adapun data Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin

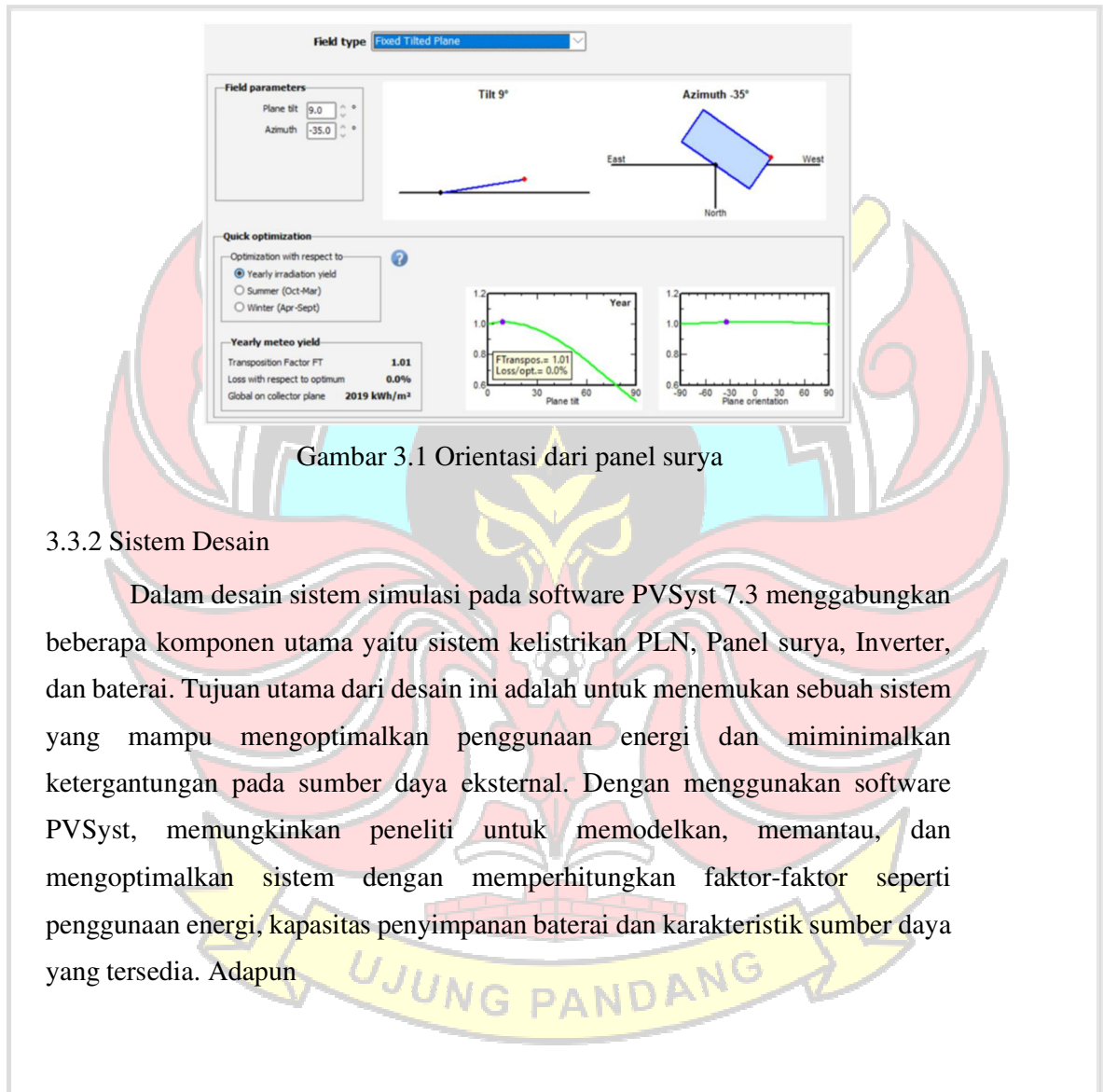
Bulan	Global Horizontal Irradiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Horizontal Diffuse Irradiation (kWh/m <sup>2</sup> /day)	Temperature (°C)	Wind Velocity (m/s)
Januari	5.26	2.37	26.60	1.00
Februari	4.56	2.71	26.80	0.98
Maret	4.80	2.73	27.00	1.00
April	5.40	2.38	27.00	0.99
Mei	5.14	2.35	27.60	1.01
Juni	4.97	2.09	26.70	1.19
Juli	5.62	1.87	26.80	1.50
Agustus	6.34	1.91	27.00	1.69
September	6.29	2.14	27.20	1.61
Oktober	6.50	2.46	27.90	1.19
November	5.76	2.65	27.10	1.31
Desember	5.04	2.47	27.00	1.29
Rata-rata	5.47	2.34	27.06	1.23

Tabel 3.3 menunjukkan data Iradiasi Matahari pada tahun 2016 sampai tahun 2021 di titik koordinat lokasi Rumah Sakit Mata Makassar yang memiliki rata-rata radiasi matahari tahunan sebesar 5.47 kWh/m<sup>2</sup>/hari, rata – rata kecepatan angin sebesar 1.23 m/s dan rata – rata temperatur sebesar 27.06 °C.

### 3.3 Desain Sistem Hybrid Dengan Software PVSyst

#### 3.3.1 Orientation Sistem

Berdasarkan kondisi di lokasi pemasangan, perencanaan PLTS menggunakan tipe penyangga tetap (fixed tilted plane) dengan kemiringan optimum karena atap berupa dak beton sebesar  $9^{\circ}$  dan azimuth  $-35^{\circ}$ .

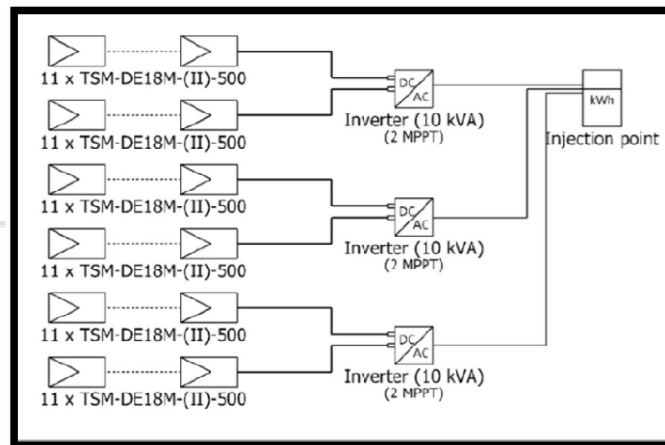


Gambar 3.1 Orientasi dari panel surya

#### 3.3.2 Sistem Desain

Dalam desain sistem simulasi pada software PVSyst 7.3 menggabungkan beberapa komponen utama yaitu sistem kelistrikan PLN, Panel surya, Inverter, dan baterai. Tujuan utama dari desain ini adalah untuk menemukan sebuah sistem yang mampu mengoptimalkan penggunaan energi dan meminimalkan ketergantungan pada sumber daya eksternal. Dengan menggunakan software PVSyst, memungkinkan peneliti untuk memodelkan, memantau, dan mengoptimalkan sistem dengan memperhitungkan faktor-faktor seperti penggunaan energi, kapasitas penyimpanan baterai dan karakteristik sumber daya yang tersedia. Adapun

desain sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3.2 Skema Sistem Desain PLTS

### 3.4 Aspek Penelitian

#### 3.4.1 Analisa Teknis

Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid berupa kombinasi antara PLTS dan PLN yang dapat meningkatkan renewable penetration dan efisiensi energi. Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dari sinar matahari melalui PLTS, diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Analisis curah sinar matahari dan pemodelan sistem akan digunakan untuk menentukan ukuran optimasi panel surya dan kapasitas baterai dalam menyimpan energi berlebih dari PLTS.

Setelah melakukan rancangan sistem PLTS skala ini, dapat dianalisis secara teknis yaitu berdasarkan energi listrik yang dihasilkan dan menghitung performa sistem, analisis teknis ini didapatkan dari hasil simulasi yang diperoleh dari PVSyst.

#### 3.4.2 Analisa Ekonomi

Aspek ekonomi dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini berfokus pada biaya investasi, biaya Operasional dan Perawatan, Net Present Cost dan Cost of Energy. Biaya investasi mencakup pembelian dan pemasangan peralatan, infrastruktur dan biaya konstruksi akan dinilai secara rinci. Kemudian, analisis NPC akan dilakukan dengan memperhitungkan seluruh

arus kas selama masa proyek, termasuk biaya investasi, operasional, perawatan, nilai sisa proyek pada masa akhir proyek dan pergantian komponen. Untuk biaya O&M untuk memperoleh biaya tahunan yang harus dipersiapkan untuk mengoperasikan dan merawat ke seluruhan sistem pembangkit termasuk gaji teknisi. Dan yang terakhir adalah COE yang akan dihitung untuk mengevaluasi efisiensi biaya energi dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid. Dengan membandingkan COE dengan tarif listrik dari sumber energi lain, dapat dinilai apakah proyek ini, memiliki potensi untuk menghasilkan listrik dengan biaya lebih rendah dan berkompetitif. Keseluruhan perhitungan pada aspek ekonomi ini dilakukan melalui Software PVSyst dan Homer Pro.

#### 3.4.3 Analisa Kelayakan

Analisis aspek kelayakan finansial dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini dengan mempertimbangkan Net Present Value, Payback Perode, Internal Rate of Return, Return of Investment. Perhitungan NPV akan memperhitungkan seluruh arus kas yang terkait dengan proyek termasuk biaya investasi, biaya O&M, pendapatan dari penjualan listrik dan nilai sisa proyek pada masa akhir proyek. Sementara itu, IRR akan digunakan untuk menilai tingkat pengembalian yang diharapkan dari investasi proyek. Selain itu, payback periode akan memberikan indikasi berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi awal. Melalui analisis kelayakan ini, diharapkan dapat dievaluasi apakah proyek ini memiliki potensi untuk memberikan keuntungan finansial yang memadai dan apakah proyek ini layak untuk dijalankan dalam jangka waktu yang telah ditetapkan. Hasil analisis ini akan memberikan informasi penting dalam pengembalian keputusan tentang pengembangan sistem pembangkit listrik yan efisien, berkelanjutan, dan berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

#### 3.4.4 Manajemen Resiko

Dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid ini, perlu mengidentifikasi secara komprehensif berbagai risiko yang mungkin timbul selama siklus hidup proyek, termasuk risiko teknis, lingkungan, operasional,

keuangan, dan peraturan. Hal ini membantu dalam mengidentifikasi risiko yang paling signifikan dan memprioritaskan upaya mitigasi. Penilaian risiko juga dapat melibatkan analisis kualitatif dan kuantitatif untuk mengestimasi potensi kerugian finansial, jadwal proyek, atau dampak lingkungan yang mungkin terjadi. Setelah penilaian risiko, langkah selanjutnya adalah merancang dan menerapkan strategi mitigasi yang sesuai. Strategi ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya risiko atau mengurangi dampaknya jika risiko terjadi.

### 3.5 Target Perencanaan

Berdasarkan informasi yang telah diperoleh melalui tahap observasi dan beberapa aspek yang perlu diperhatikan, maka peneliti menentukan mekanisme sistem perencanaan sistem yang akan dikembangkan sebagai solusi dari permasalahan yang diakan diselesaikan yaitu merencanakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid (PLTS Hybrid) dengan kombinasi PLTS-PLN dengan kontribusi sumber pembangkit energi terbarukan yang mampu memberikan performa optimal sehingga harapannya mampu memperoleh biaya yang lebih rendah dan memberikan keuntungan dalam implementasi perancangan ini. Berikut adalah Target yang akan dicapai dari proyek ini:

1. Untuk mendapatkan hasil perencanaan tata letak dan penentuan spesifikasi komponen PLTS perancangan
2. Untuk mendapatkan hasil perencanaan dan analisis penyimpanan energi (baterai) yang sesuai dengan kondisi beban sistem kelistrikan Gedung Rumah Sakit Mata Makassar
3. Untuk mendapatkan hasil perencanaan sistem kelistrikan pada sistem PLTS Rumah Sakit Mata Makassar
4. Untuk mengetahui perhitungan analisis ekonomi perencanaan pembangunan PLTS Rumah Sakit Mata Makassar

## BAB IV HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Analisa Teknis

Berdasarkan analisis teknis yang telah dilakukan, diperoleh hasil akhir berupa Parameter umum seperti Jumlah panel surya, Inverter, dan Baterai serta nilai System Power serta produksi energi masing-masing pembangkit, total produksi dari sistem, dan performa sistem. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Perbandingan Analisa Teknis PVSyst 7.3 dan Homer Pro

Parameter	PVSyst 7.3	Homer Pro
Project Lifetime (year)	25	25
Panel Surya (unit)	66	89
System Power (kWp)	33	33
Inverter (unit)	3	1
Baterai (unit)	4	4
Beban Kelistrikan (kWh)	597.00	144.49
Produce Energy (MWh/year)	54.70	66.00
Performa Sistem (%)	82.30	100.00

Dari tabel diatas, menunjukkan bahwa sistem yang didesain dapat memenuhi kebutuhan energi di Rumah Sakit Mata Makassar dengan menunjukkan angka Produced Energy pada perancangan PVSyst sebesar 54.7 MWh/year dengan performa sistem 82.3%, pada perancangan Homer Pro menunjukkan angka Produced Energy sebesar 66.0 MWh/year dan performa sistem 100%.

## 4.2 Analisa Ekonomi

Berdasarkan analisis ekonomi yang telah dilakukan, diperoleh hasil akhir berupa Biaya Investasi Pembangunan PLTS, dan Biaya O&M.

Adapun hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.2 Bill Of Quantity PLTS Hybrid

	Nama	Satuan	Volume	Harga	Total Harga
A.	Panel Surya	buah	66	Rp. 4,216,009	Rp. 278,256,594
B.	Support Modul				Rp. 57,129,768
1.	Railing				Rp. 32,653,118
1.1.	Rail	batang	55	Rp. 478,198	Rp. 26,300,900
1.2.	Aksesoris	unit	1		Rp. 6,352,218
1.2.1.	End Clamp Kit	buah	80	Rp. 15,106	Rp. 1,208,500
1.2.2.	Mid Clamp Kit	buah	224	Rp. 14,804	Rp. 3,316,068
1.2.3.	Rail Joint Splice Kit	buah	55	Rp. 33,230	Rp. 1,827,650
2.	Dudukan				Rp. 24,476,650
2.1.	Rangka Dudukan				Rp. 22,276,650
2.1.1	Besi	batang	47	Rp. 204,300	Rp. 9,602,100
2.1.2	Plat Dasar Dudukan 10 mm(15x15cm)	keping	94	Rp. 63,360	Rp. 5,955,850
2.1.3	Angkur	buah	380	Rp. 16,856	Rp. 6,405,200
2.1.4	Mur Baut	buah	800	Rp. 392	Rp. 313,500
2.2.	Pondasi				Rp. 2,200,000
2.2.1.	Pondasi Dudukan PV (25x25cm)	<sup>3</sup> m			Rp. 950,000
2.2.2.	Dak Beton Dudukan Baterai	<sup>3</sup> m			Rp. 1,250,000
C.	Baterai	buah	4	Rp. 3,491,607	Rp. 13,966,429
D.	Inverter (Include SCC)	buah	3	Rp. 21,128,448	Rp. 63,385,344
E.	Other Component				Rp. 74,332,700



1.	Wiring	m			Rp. 50,331,600
1.1	Kabel NYY 4 x 35 mm2	m	74	Rp. 294,000	Rp. 21,756,000
1.2	Kabel FRNC 1 x 10 mm2	m	300	Rp. 80,000	Rp. 24,000,000
1.3	Accessories Kabel + 10%	ls			Rp. 4,575,600
2.	Box Pengaman	unit	3		Rp. 4,813,600
2.1	MCB DC 2 Pole 20 A	buah	6	Rp. 258,000	Rp. 1,548,000
2.2	Surge Arrester	buah	6	Rp. 390,000	Rp. 2,340,000
2.3	Kabel Terminal	buah	6	Rp. 25,000	Rp. 150,000
2.4	Box Panel	buah	1	Rp. 338,000	Rp. 338,000
2.5	Accessories Panel + 10%	ls			Rp. 437,600
3	Panel Busbar Inverter	unit	1		Rp. 3,903,900
3.1	MCB 3P 16 A	buah	6	Rp. 258,000	Rp. 1,548,000
3.2	MCB 3P 50 A	buah	1	Rp. 765,000	Rp. 765,000
3.3	Kabel Terminal	buah	10	Rp. 25,000	Rp. 250,000
3.4	Box Panel	buah	1	Rp. 986,000	Rp. 986,000
3.5	Accessories Panel + 10%	ls			Rp. 354,900
4.	Monitoring System, Display Screen (Panel Distribusi)	unit	1		Rp. 8,283,600
4.1	Digital Volt-Amp-Freq	buah	1	Rp. 1,200,000	Rp. 1,200,000
4.2	MCCB 3 phase 20 A	buah	6	Rp. 323,000	Rp. 1,938,000
4.3	MCCB 3 phase 50 A	buah	1	Rp. 765,000	Rp. 765,000
4.4	Box Panel	buah	1	Rp. 3,000,000	Rp. 3,000,000
4.5	Accessories Panel + 20%	LS			Rp. 1,380,600
5.	Measurement System, Pyranometer	unit	1	Rp. 7,000,000	Rp. 7,000,000
F.	Installation				Rp. 59,455,470
1.	Grid Connection	unit	1	Rp. 8,000,000	Rp. 8,000,000
2.	Settings				Rp. 51,455,470
2.1	Perakitan Modul PV	buah	66	Rp. 516,700	Rp. 34,102,200
2.2	Perakitan Baterai	buah	12	Rp. 350,000	Rp. 4,200,000

2.3	Perakitan Inverter	buah	3	Rp. 2,140,000	Rp. 6,420,000
2.4	Perakitan Panel	unit	1	Rp. 1,700,110	Rp. 1,700,110
2.5	Pemasangan Kabel	unit	1	Rp. 5,033,160	Rp. 5,033,160
<b>TOTAL</b>					Rp. 546,526,305

Tabel 4.3 Biaya O&M, Replacement dan Operation Cost

Parameter	PVSyst 7.3	Homer Pro
Biaya O&M (pertahun)	Rp. 4,820,000	Rp. 3,150,000
Biaya Replacement (pertahun)	Rp. 7,735,177	Rp. 510,000
Biaya Operation Cost (pertahun)	Rp. 12,555,177	Rp. 3,660,000

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk Pembangunan PLTS Hybrid adalah Rp. 546.526.305 dan untuk biaya Operation Cost pada perancangan PVSyst adalah Rp.12.555.177 per tahun dan pada Homer Pro adalah Rp. 3.660.000.

#### 4.3 Analisa Kelayakan

Berdasarkan analisis ekonomi yang telah dilakukan, diperoleh hasil akhir berupa Biaya Investasi Awal, Energi Cost per kWh, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), dan Return on Investment (ROI).

Adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Perbandingan Analisa Kelayakan PVSyst 7.3 dan Homer Pro

Parameter	PVSyst 7.3	Homer Pro
Biaya Investasi Awal	Rp. 544,031,733	Rp. 385,429,600
Energi Cost per kWh	Rp. 1,278	Rp. 437

Payback Period (year)	13.8	5.76
Net Present Value (NPV)	Rp. 138,182,638	Rp. 352,929,800
IRR	11.51%	22.40%
Return on Investment (ROI)	25.40%	19.30%

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan untuk hasil perancangan PVSyst memiliki nilai Investasi Awal sebesar Rp.544.031.733 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp.1.278 dengan nilai payback periode 13,8 tahun, nilai NPV Rp.138.182.638 yang memiliki nilai IRR 11.51% dan ROI 25.4% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai  $IRR > Discount Rate (8.43\%)$ . Sementara itu pada perancangan Homer Pro menunjukkan nilai Investasi awal Rp. 385.429.600 dengan nilai produksi energi per kWh sebesar Rp. 437 dengan nilai payback periode 5,76 tahun, nilai NPV Rp.352.929.800 yang memiliki nilai IRR 22,4% dan ROI 19,3% sehingga layak untuk dapat dikerjakan karena nilai  $IRR > Discount Rate (8.43\%)$ .

#### 4.4 Manajemen Resiko

Dari hasil penelitian ditemukan bahwa di dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini terdapat beberapa risiko yang perlu diperhatikan untuk menerapkan strategi mitigasi yang sesuai. Pada Tabel 4.5 menunjukkan manajemen risiko terhadap perencanaan

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid yang dapat dilihat sebagai berikut:

No.	Deskripsi Risiko	Tingkat Risiko	Dampak	Tindakan Pengendalian
1	Kegagalan Inverter/Baterai	Tinggi	Gangguan dalam penyediaan daya listrik dari sistem PLTS dan backup baterai	<input type="checkbox"/> Pilih inverter dan baterai berkualitas tinggi, <input type="checkbox"/> lakukan tes dan pemeliharaan rutin, <input type="checkbox"/> pastikan garansi yang memadai
2	Kegagalan Panel Surya	Tinggi	Berkurangnya daya yang dihasilkan dari sistem PLTS	<input type="checkbox"/> Gunakan panel surya berkualitas, <input type="checkbox"/> lakukan pemantauan dan perawatan berkala.
3	Kapasitas baterai yang tidak cukup	Tinggi	Baterai tidak dapat memberikan daya yang cukup saat pemadaman listrik	<input type="checkbox"/> Hitung kapasitas baterai secara akurat berdasarkan kebutuhan back-up yang diinginkan
4	Kehilangan Daya dari PV Array	Sedang	Berkurangnya daya yang dihasilkan oleh PV array akibat polusi atau kondisi cuaca.	<input type="checkbox"/> Lakukan pembersihan rutin pada panel surya, pilih lokasi yang minim penghalang
5	Bencana Alam	Menengah	Kerusakan fisik pada sistem PLTS akibat bencana seperti badai atau gempa bumi	<input type="checkbox"/> desain sistem yang tahan terhadap bencana, siapkan rencana evakuasi

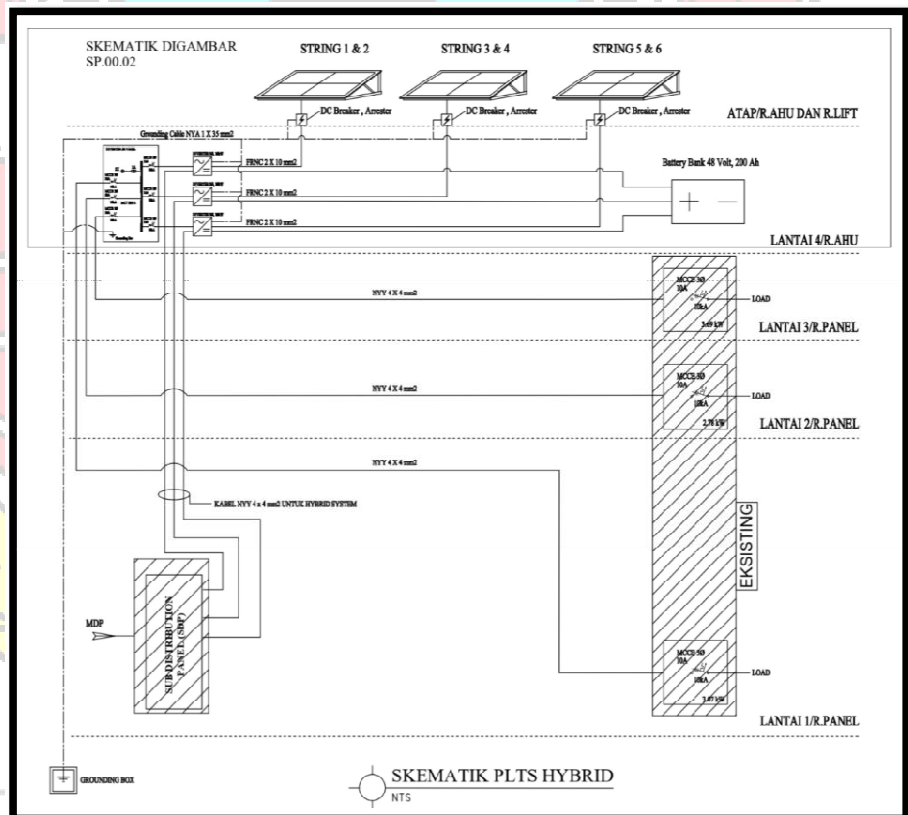
6	Perubahan Regulasi	Menengah	Perubahan regulasi atau kebijakan dapat mempengaruhi insentif atau biaya	<input type="checkbox"/> Tetap up-to-date dengan perubahan regulasi, pilih solusi yang fleksibel terhadap perubahan
7	Kesalahan Instalasi	Menengah	Instalasi yang tidak benar dapat menyebabkan kinerja buruk atau kerusakan pada sistem	<input type="checkbox"/> Gunakan tenaga kerja profesional yang berpengalaman dalam instalasi PLTS
8	Ketersediaan Komponen	Rendah	Kesulitan mendapatkan komponen pengganti jika ada kegagalan	<input type="checkbox"/> Pastikan memiliki pasokan cadangan komponen yang krusial
9	Gangguan Pemeliharaan	Rendah	Tidak melakukan pemeliharaan rutin dapat mengurangi umur dan kinerja sistem.	<input type="checkbox"/> Buat jadwal pemeliharaan teratur dan tindakan pencegahan

Dengan menerapkan manajemen risiko yang komprehensif dalam perencanaan PLTS, dapat mengurangi kemungkinan terjadinya gangguan atau kegagalan sistem, melindungi investasi, meningkatkan keandalan operasional, dan mencapai tujuan keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan dan kualitas udara.

## BAB V REKOMENDASI CLIENT

### 5.1 Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid

Pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini menggunakan 6 buah array set panel surya yang masing-masing array tersusun dari 11 seri, yang dimana disetiap array set panel memiliki kapasitas sebesar 5.5 kWp dan setiap 2 set array terhubung ke 1 unit inverter kapasitas 10 kW. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini menggunakan 4 buah baterai yang disusun secara seri sehingga membentuk tegangan sistem 48 Volt sebagai penyimpanan energi yang dihasilkan. Jaringan PLN terhubung pada panel distribusi dilokasi penelitian ini. Adapun wiring diagram sistem PLTH ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 dibawah ini:

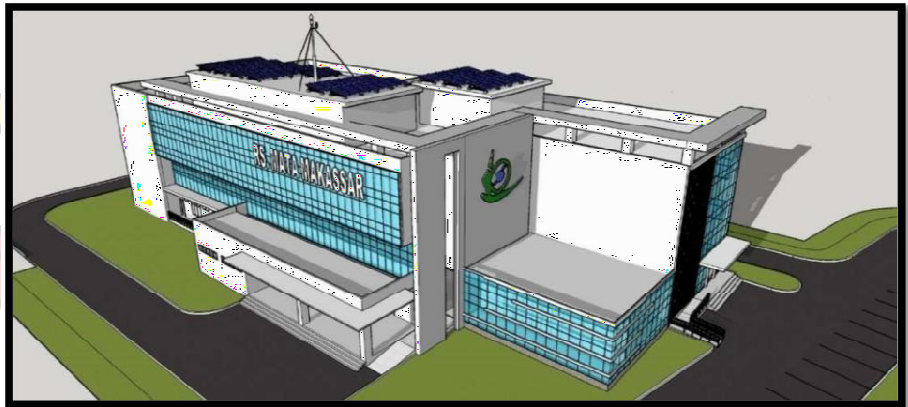


Gambar 5.1 Skematik PLTS Hybrid

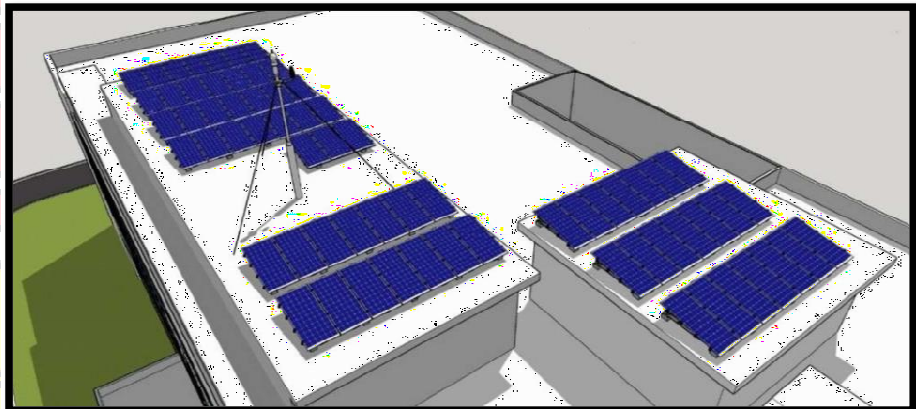
## 5.2 Desain Layout 2D dan 3D PLTS

Pengerjaan proyek ini dilakukan dengan menggambar tata letak penempatan panel surya menggunakan perangkat lunak SketchUp dan Autocad. Setelah desain komponen ini selesai, kombinasi penyesuaian tata letak dan ukuran untuk proyek desain akhir dapat dilihat pada gambar di

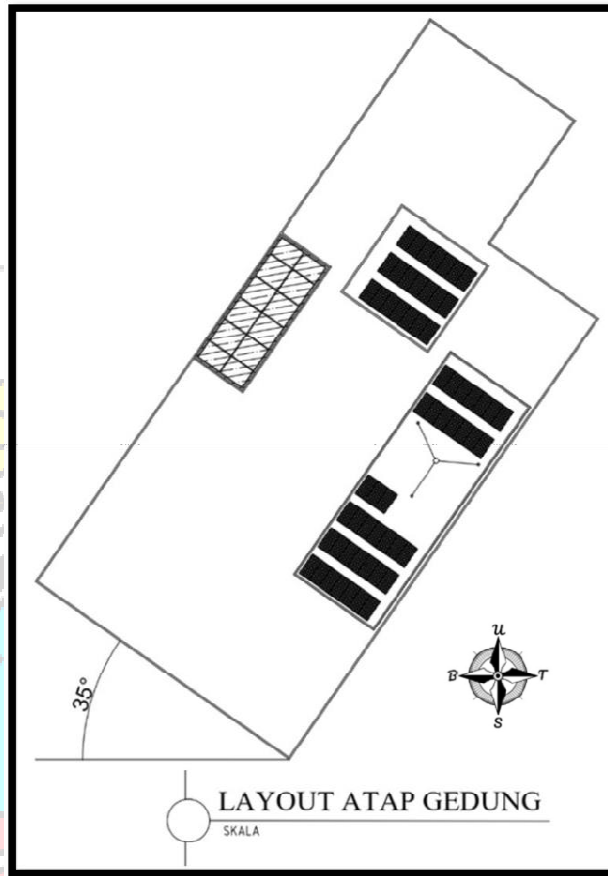
bawah ini :



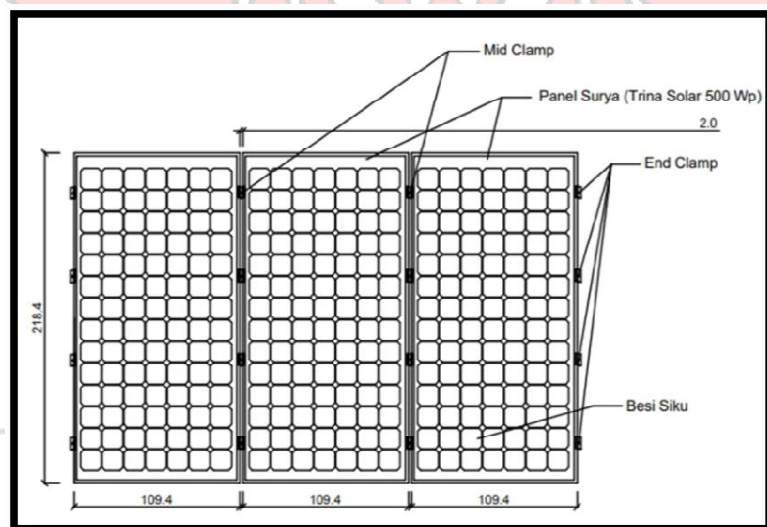
Gambar 5.2 3D Tampak Depan PLTS Rumah Sakit Mata Makassar



Gambar 5.3 Tampak Atas PLTS Rumah Sakit Mata Makassar

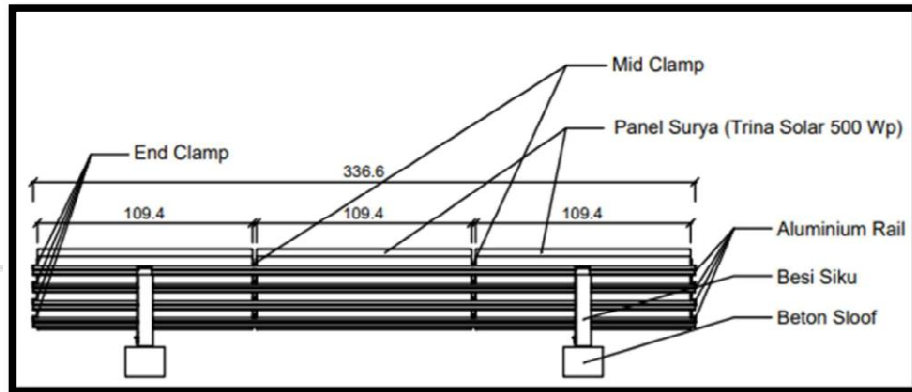


Gambar 5.4 Tampak Atas PLTS Rumah Sakit Mata Makassar

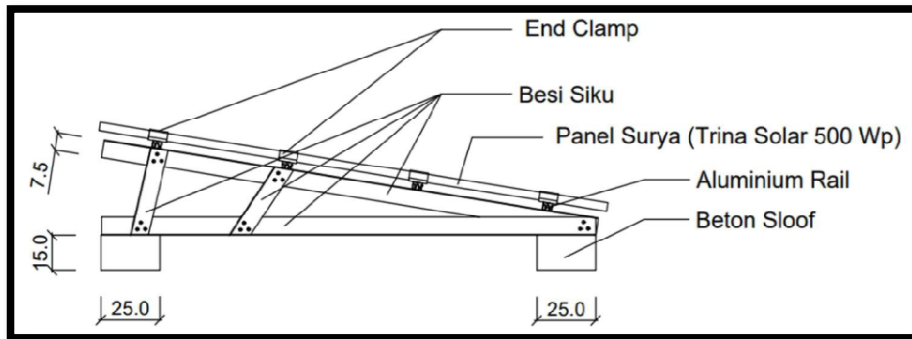


Gambar 5.5 Tampak Atas Pemasangan Modul PV

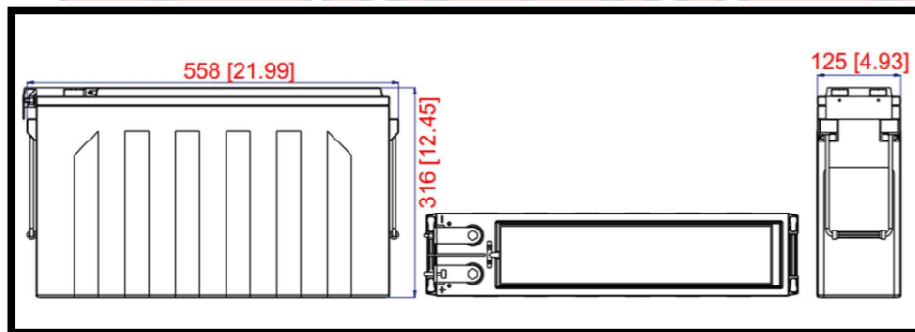




Gambar 5.6 Gambar Tampak Belakang Pemasangan Modul PV



Gambar 5.7 Tampak Samping Pemasangan Modul PV



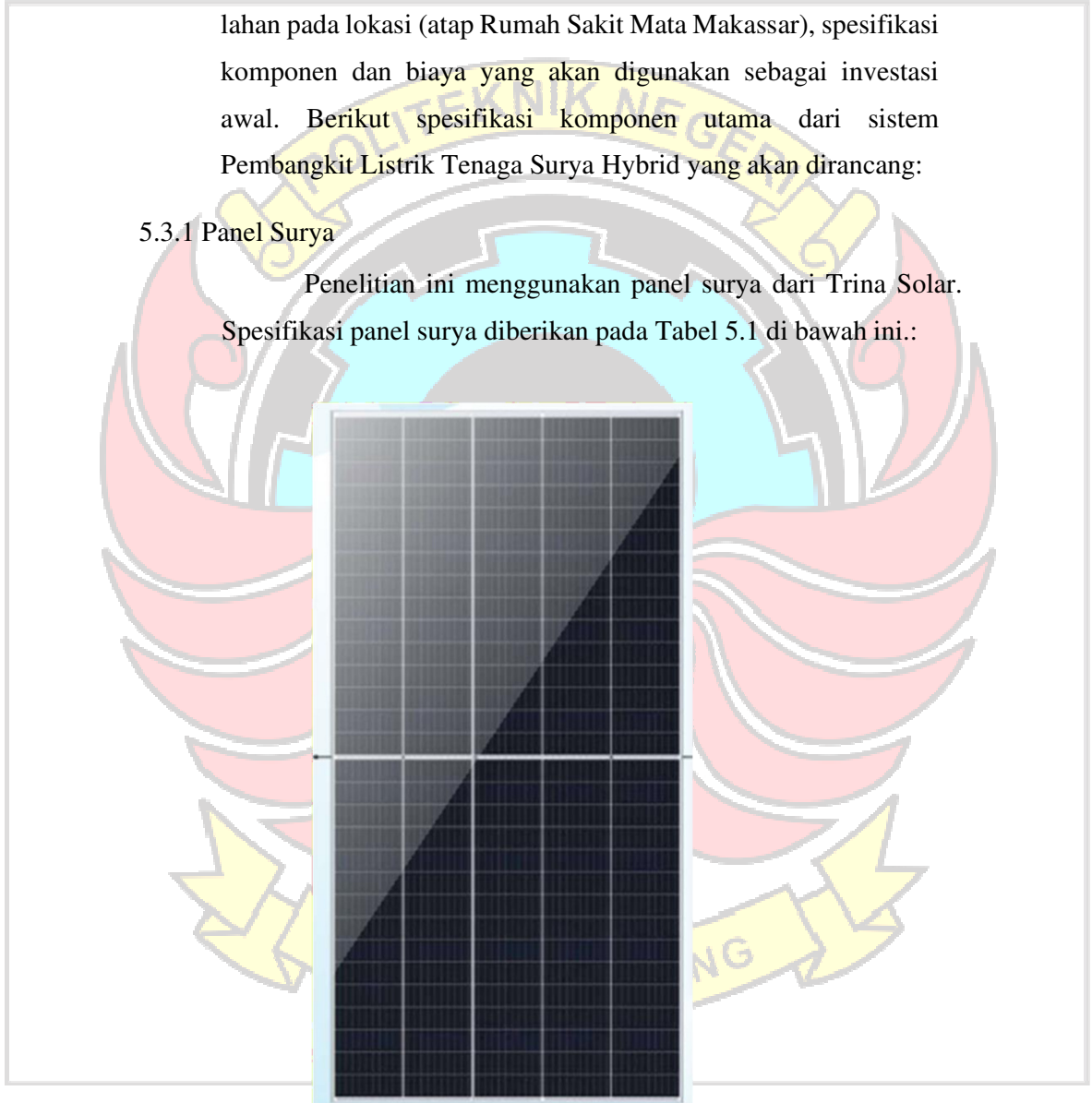
Gambar 5.8 Detail Dimensi Baterai

### 5.3 Spesifikasi Komponen

Adapun komponen utama dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid adalah panel surya, inverter dan baterai. Pemilihan komponen yang akan dipilih disesuaikan dengan profil beban energi listrik dan ketersediaan lahan pada lokasi (atap Rumah Sakit Mata Makassar), spesifikasi komponen dan biaya yang akan digunakan sebagai investasi awal. Berikut spesifikasi komponen utama dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid yang akan dirancang:

#### 5.3.1 Panel Surya

Penelitian ini menggunakan panel surya dari Trina Solar. Spesifikasi panel surya diberikan pada Tabel 5.1 di bawah ini.:



Gambar 5.9 Panel Surya Trina Solat Atlas

Tabel 5.1 Spesifikasi Panel Surya (Trina Solar)

Spesifikasi	Nilai
Jenis Panel Surya	Monocrystalline
Daya Maksimum (Pmax)	500 Wp
Tegangan Rangkaian Terbuka (Voc)	51.7 V
Arus Hubung Singkat (Isc)	12.13A
Tegangan Maksimum (Vmp)	42.88 V
Arus Maksimum (Imp)	11.69 A
Modul Efisiensi	20.9 %
Dimensi (mm x mm x mm)	2176 × 1098 × 35
Lifetime	25 tahun

Sumber : Trinasolar Vertex Brochure 2020\_03\_Rev03\_EN.

### 5.3.2 Inverter

Inverter yang digunakan dalam desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini adalah inverter Solaxpower X3 Hybrid 10.0kW.

Spesifikasi inverter diberikan pada Tabel 5.2 dibawah ini:



Gambar 5.10 Inverter Solaxpower X3 Hybrid 10.0kW

Tabel 5.2 Spesifikasi Inverter (Solaxpower - X3-Hybrid-10.0kW)

Spesifikasi	Nilai
Input DC	
Maximum PV Power	15000 W
Max DC Voltage	1000 V
Nominal DC Operating Voltage	720 V
MPPT Voltage Range	180 - 950 V
Start Operating Voltage	180 V
No. of MPP trackers	2
Input AC	
Max Apparent AC Power	10000 W
Max. AC current	16 A
Nominal Grid Voltage (AC Voltage Range) (V)	400/230 ; 380/220

Nominal Grid Frequency/Range	50/60 HZ
Output AC	
Nominal AC Power	10000 W
Nominal Grid Voltage (AC Voltage Range) (V)	400/230 ; 380/220
Nominal Grid Frequency/Range	50/60 HZ
Nominal AC current	14.5 A
Max. AC current	16 A
General Information	
MPPT Efficiency	99.9 %
Maximum Efficiency	97.8 %
Dimensi (W x H x D)	457 × 654 × 228 mm
Weight	45 kg

Sumber : [www.solaxpower.com](http://www.solaxpower.com)

### 5.3.3 Baterai

Baterai yang digunakan dalam desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid ini adalah merek Narada tipe 12 NDT 200. Baterai ini memiliki masa hidup hingga kurang lebih 12 tahun. Spesifikasi baterai yang diberikan pada Tabel 5.3 dibawah ini :



Gambar 5.11 Baterai Narada 12VNDT200 Tabel 5.3 Spesifikasi Baterai (Narada 12VNDT200)

Spesifikasi	Nilai
Nominal Voltage	12 V
Rated Capacity	200 Ah (10 hour rate)
Recommended Maximum Charging Current Limit	50 A
Design Life at 25°C (77°F)	12+ years
Dimensi (W x H x D)	125 x 316 x 558 mm
Weight	61 kg

sumber : [www.naradabattery.com](http://www.naradabattery.com)

#### DAFTAR PUSTAKA

Djamin, Martin. 2010. Penelitian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan

Dampaknya Terhadap Lingkungan. Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi dan Konsevasi Energi BPPT.

Husnayain, Faiz dan Derry Luthfy. 2020. Analisis Rancang Bangun PLTS On-Grid

Hibrid Baterai Dengan PVSyst Pada Kantin Teknik FTUI. Depok:  
Universitas Indonesia, Indonesia.

Nugrogo, Ragil Adi, dkk. 2021. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(PLTS) Hybrid Gedung ICT Universitas Diponegoro Menggunakan Software PVSyst 7.0. Semarang : Universitas Diponegoro, Indonesia.

Prayogi, Apri Anggi. 2018. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (PLNSolar Cell) Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia Menggunakan Homer. Yogyakarta:  
Universitas Islam Indonesia, Indonesia.

PT PLN (Persero). 2018. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN Persero 2018-2027. Jakarta

Solarex, 1996, Discover The Newest World Power, Frederick Court,  
Maryland

USA.

