

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
(PLTS) PADA ATAP KANTOR PT. SINOPACIFIC PERALATAN  
INDONUSA MAKASSAR DENGAN SISTEM HYBRID



SKRIPSI

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

A. IRMA ARYANTI	44222206
CHAERANI ANGEL T.	44222212
MUH REZKY	44222223

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2023

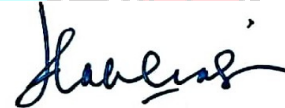
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem *Hybrid*” oleh A. Irma Aryanti NIM 44222206, Chaerani Angel T. NIM 44222212 dan Muh. Rezky NIM 44222223 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 08 September 2023

Pembimbing I

Pembimbing II




Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP. 197808042001121001

Ir. Dahlia Nur M., M.T.  
NIP.196412311991032003

Mengetahui,

Koordinator Program Studi



  
Ir. Chandra Buana, M.T  
NIP. 19650319 199103 1 003



## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 14 September 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: A. Irma Aryanti NIM 44222206, Chaerani Angel T. NIM 44222212 dan Muh. Rezky NIM 44222223 dengan judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem *Hybrid*”.

Makassar, 14 September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir

- |   |            |         |
|---|------------|---------|
| 1. Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph. D.       | Ketua      | (.....) |
| 2. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.               | Sekretaris | (.....) |
| 3. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph. D                | Anggota    | (.....) |
| 4. Ir. Remigius T, M.Eng. Sc.                 | Anggota    | (.....) |
| 5. Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph. D | Anggota    | (.....) |
| 6. Ir. Dahlia Nur M., M.T.                    | Anggota    | (.....) |

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi ini yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem *Hybrid*”.

Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi. Diharapkan skripsi ini bisa menjadi evaluasi dan pembelajaran bagi penulis dan masyarakat luas yang ingin belajar dalam hal mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Dalam Pelaksanaan dan Penyusunan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lambaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua yaitu Ibu dan Bapak yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan tak henti-hentinya mendoakan dan mendukung penulis.
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 Koordinator Program Studi Teknik Pembangkit Energi.

5. Bapak Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. sebagai pembimbing I dan Ibu Ir. Dahlia Nur M., M.T. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

6. PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar, sebagai tempat penulis melakukan penelitian ini.

7. Dosen dan tenaga kependidikan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya dosen pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan dan pengalaman bagi penulis.

8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi angkatan 2022 yang telah membantu dan memberikan ilmu serta dukungannya.

9. Buat semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu yang berjasa dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, September 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMBUTAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
SURAT PERNYATAAN .....	xvii
RINGKASAN.....	xx
<i>SUMMARY</i> .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Ruang Lingkup Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Tinjauan Literatur .....	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Potensi Energi Surya di Indonesia .....	9
2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	9

2.2.3 Prinsip Kerja PLTS .....	11
2.2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	11
2.2.5 Sistem PLTS <i>Hybrid</i> .....	12
2.2.6 Prinsip Kerja Sistem Hybrid .....	15
2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	16
2.3.1 <i>Solar cell (Photovoltaic)</i> .....	16
2.3.2 <i>Smart Inverter Hybrid</i> .....	22
2.3.3 Baterai .....	25
2.3.4 Sistem Proteksi dan Pengkabelan .....	27
2.4 Metode Pemasangan Modul PV.....	32
2.5 <i>Software PVsyst</i> .....	33
2.6 HOMER ( <i>Hybrid Optimization Model for Energy Renewable</i> ) .....	35
2.7 <i>Detail Engineering Design (DED)</i> .....	37
2.7.1 Fungsi Detail Engineering Design (DED) .....	37
2.7.2 Bagian-bagian <i>Detail Engineering Design (DED)</i> .....	38
2.7.3 Syarat Membuat Detail Engineering Design (DED).....	39
2.8 Analisis Keekonomian.....	40
2.8.1 Aspek Biaya .....	40
2.8.2 Biaya Energi (Cost of Energy).....	42
2.8.3 Analisis Kelayakan Investasi PLTS .....	43
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>46</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	46
3.2 Alat dan Bahan.....	46
3.3 Jenis Penelitian.....	47
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.5 Teknik Analisis Data.....	48
3.6 Prosedur Penelitian .....	49
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>51</b>
4.1 Profil PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar.....	51

4.1.1 Parameter Data Perencanaan.....	52
4.2 Analisis Perhitungan PLTS.....	54
4.3 Analisis Perencanaan PLTS Menggunakan <i>Software</i> PVsyst .....	62
4.3.1 Perencanaan PVsyst.....	62
4.3.2 Hasil Simulasi PVsyst.....	74
4.4 Analisis Ekonomi.....	81
4.4.1 Analisis Perhitungan Ekonomi.....	81
4.4.2 Analisis Kelayakan Investasi PLTS .....	85
4.4.3 Analisis Ekonomi Menggunakan <i>Software</i> HOMER <i>Pro.</i> ..	91
4.4.4 Analisis Ekonomi Menggunakan <i>Software</i> PVsyst .....	105
4.4.5 Perbandingan Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS.....	108
4.5 <i>Detailed Engineering Design</i> .....	111
4.5.1 Perencanaan Teknis.....	111
4.5.2 Gambar Kerja 2D .....	114
4.5.3 Gambar Kerja 3D .....	118
4.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	119
4.6.1 Perhitungan Komponen Struktur.....	119
4.6.2 Daftar Harga Satuan Dasar Upah.....	119
4.6.3 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat.....	119
4.6.4 Daftar Jumlah Pekerja.....	120
4.6.5 Daftar Harga Satuan Bahan.....	120
4.6.6 Rekapitulasi Anggaran.....	121
4.7 Analisa Teknis .....	121
4.8 <i>Time Schedule</i> PLTS.....	124
4.9 Manajemen Resiko ( <i>Risk Management</i> ).....	125
4.10 Manajemen Stakeholder .....	127
BAB V PENUTUP .....	131
5.1 Kesimpulan .....	131
5.2 Saran .....	133

DAFTAR PUSTAKA .....134  
LAMPIRAN .....138



## DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 2.1 Besaran KHA kabel NYY berdasarkan luas penampang kabel.....	30
Tabel 3.1 Time Schedule .....	46
Tabel 4.1 Data Beban Listrik Harian .....	52
Tabel 4.2 Data Iradiasi Matahari .....	53
Tabel 4.3 Tampilan Menu Monthly Meteo Berupa Data Iradiasi Matahari .....	64
Tabel 4.4 Biaya Investasi PLTS.....	81
Tabel 4.5 Perhitungan DF, NCF dan PVNCF, dengan $i=9.27\%$ .....	86
Tabel 4.6 Perhitungan DF, NCF, dengan $i=8.27\%$ .....	89
Tabel 4.7 Perhitungan DF, NCF, dengan $i=10.27\%$ .....	90
Tabel 4.8 Data Pembagian Beban Listrik .....	93
Tabel 4.9 Detail Economic Result .....	108
Tabel 4.10 Tabel Perbandingan Analisis Ekonomi PLTS .....	108
Tabel 4.11 Daftar Harga Satuan Dasar Upah.....	119
Tabel 4.12 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat .....	119
Tabel 4.13 Daftar Jumlah Pekerja.....	120
Tabel 4.14 Daftar Harga Satuan Bahan .....	120
Tabel 4.15 Rekapitulasi Anggaran.....	121
Tabel 4.16 Analisa Teknis .....	121
Tabel 4.17 Time schedule PLTS.....	124
Tabel 4.18 Manajemen Resiko .....	125



Tabel 4.19 Manajemen Stakeholder .....127



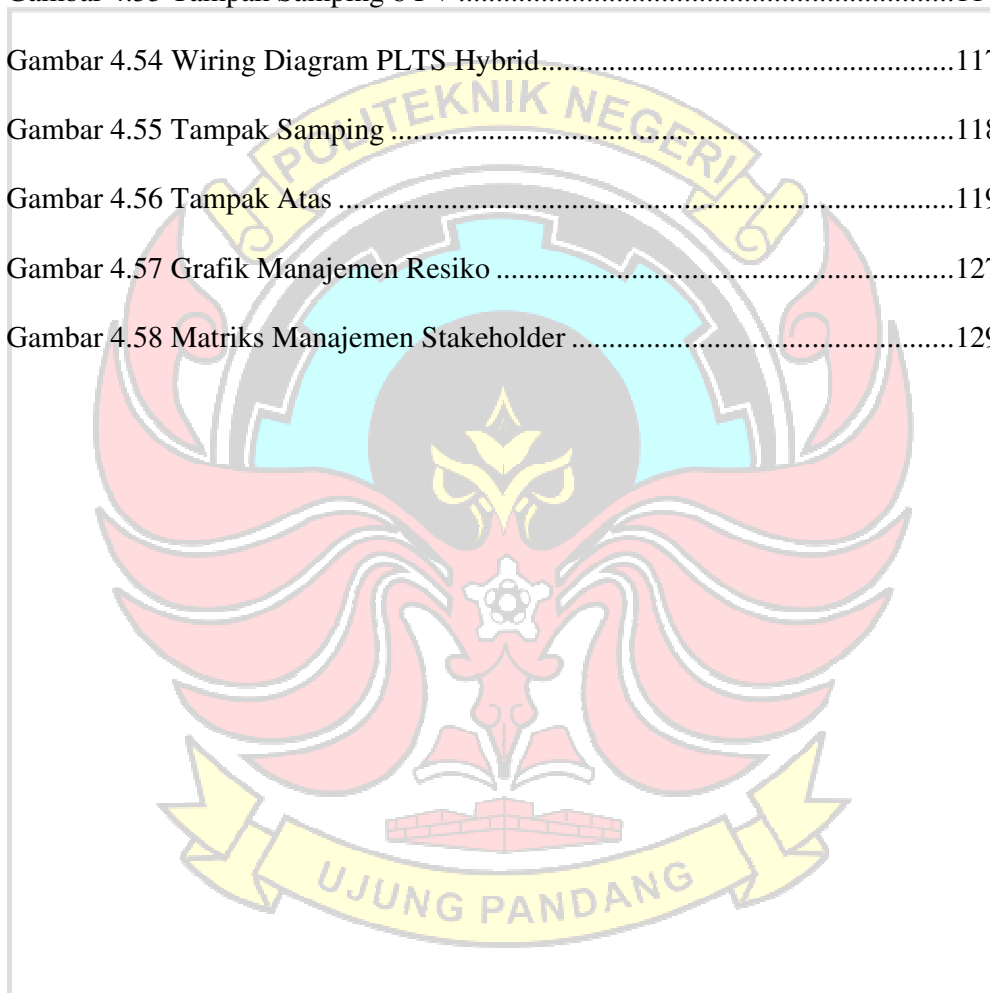
## DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	11
Gambar 2.2 Skema PLTS Sistem Hybrid .....	13
Gambar 2.3 Pola Operasi Pada Pagi dan Siang Hari .....	14
Gambar 2.4 Pola Operasi Pada Sore Hari.....	14
Gambar 2.5 Pola Operasi Pada Malam Hari.....	15
Gambar 2.6 Modul PV jenis Monocrystalline .....	18
Gambar 2.7 Modul PV jenis Polycrystalline .....	19
Gambar 2.8 Diagram Hubungan antara Solar Cell, Modul, Panel dan Array .....	20
Gambar 2.9 Smart Inverter Hybrid .....	23
Gambar 2.10 Baterai .....	26
Gambar 2.11 Kabel NYY .....	30
Gambar 2.12 Kabel NYA .....	31
Gambar 2.13 Kabel NYM.....	31
Gambar 2.14 Model pemasangan Rooftop Rack .....	32
Gambar 2.15 Tampilan software PVsyst.....	35
Gambar 2.16 Tampilan Menu Utama Software HOMER .....	36
Gambar 3.1 Diagram Blok.....	49
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	50
Gambar 4.1 Lokasi PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar .....	51
Gambar 4.2 Bangunan PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar.....	52

Gambar 4.3 Tampilan Menu Awal PVsyst.....	62
Gambar 4.4 Tampilan Menu Project.....	63
Gambar 4.5 Halaman Geographical Coordinates .....	63
Gambar 4.6 Tampilan Menu Variant .....	65
Gambar 4.7 Tampilan Menu Main Parameters Orientation.....	66
Gambar 4.8 Menentukan PV Module dan Inverter.....	67
Gambar 4.9 Data Beban .....	68
Gambar 4.10 Hourly Distribution .....	69
Gambar 4.11 Grafik Konsumsi Energi Listrik Harian.....	70
Gambar 4.12 Adjustment Sistem Penyimpanan Energi Listrik.....	71
Gambar 4.13 Evaluasi Ekonomi .....	72
Gambar 4.14 Financial Parameters .....	73
Gambar 4.15 Financial Results .....	73
Gambar 4.16 Hasil Simulasi PVsyst.....	74
Gambar 4.17 Detailed User's needs.....	75
Gambar 4.18 Grafik Normalized Production.....	77
Gambar 4.19 Grafik Unjuk Kerja atau PR (Performance Ratio).....	77
Gambar 4.20 Produksi Energi Tahunan .....	78
Gambar 4.21 Loss Diagram .....	79
Gambar 4.22 Tampilan Menu Utama HOMER .....	92
Gambar 4.23 Tampilan Pengaturan beban listrik pada HOMER .....	94
Gambar 4.24 Tampilan Data Radiasi Matahari .....	94
Gambar 4.25 Tampilan Data Temperatur .....	96

Gambar 4.26 Tampilan Pengaturan PV .....	96
Gambar 4.27 Tampilan Pengaturan Baterai.....	96
Gambar 4.28 Tampilan Pengaturan Converter/Inverter.....	97
Gambar 4.29 Tampilan Pengaturan Grid .....	98
Gambar 4.30 Tampilan Menu Pengaturan Ekonomi .....	98
Gambar 4.31 Skema Sistem PLTS berdasarkan Simulasi HOMER.....	99
Gambar 4.32 Hasil konfigurasi Sistem PLTS.....	100
Gambar 4.33 Hasil Produksi Listrik per Tahun .....	101
Gambar 4.34 Energi Listrik yang Dihasilkan Panel Surya.....	101
Gambar 4.35 Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya .....	102
Gambar 4.36 Penggunaan Energi dari Grid (PLN) per bulan.....	103
Gambar 4.37 Penggunaan Energi dari Grid (PLN) per bulan.....	103
Gambar 4.38 Cost Summary .....	104
Gambar 4.39 Compare Ekonomi .....	105
Gambar 4.40 Biaya Sistem .....	106
Gambar 4.41 Financial Analysis.....	107
Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Biaya Energi (COE).....	109
Gambar 4.43 Grafik Perbandingan Net Present Value (NPV) .....	109
Gambar 4.44 Grafik Perbandingan Discount Payback Period (DPP).....	110
Gambar 4.45 Grafik Perbandingan Internal Rate of Return (IRR).....	110
Gambar 4.46 Single Line PLTS Hybrid .....	114
Gambar 4.47 Konfigurasi PV .....	114
Gambar 4.48 Detail PV Pada Atap Bangunan .....	115

Gambar 4.49 Layout Atap PLTS Hybrid.....	115
Gambar 4.50 Tampak Belakang 8 PV .....	116
Gambar 4.51 Tampak Depan 8 PV .....	116
Gambar 4.52 Tampak Atas 8 PV .....	116
Gambar 4.53 Tampak Samping 8 PV .....	117
Gambar 4.54 Wiring Diagram PLTS Hybrid.....	117
Gambar 4.55 Tampak Samping .....	118
Gambar 4.56 Tampak Atas .....	119
Gambar 4.57 Grafik Manajemen Resiko .....	127
Gambar 4.58 Matriks Manajemen Stakeholder .....	129



## DAFTAR LAMPIRAN

	hlm.
Lampiran 1. Gambar Detail Engineering Design.....	139
Lampiran 2. Gambar 3D .....	149
Lampiran 3. Hasil Simulasi Hybrid .....	150
Lampiran 4. Data Sheet Panel Surya .....	165
Lampiran 5. Data Sheet Baterai .....	167
Lampiran 6. Data Sheet Inverter .....	169
Lampiran 7. Dokumentasi.....	171
Lampiran 8. Kartu Asistensi .....	173
Lampiran 9. Tingkat Suku Bunga.....	175



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A. Irma Aryanti

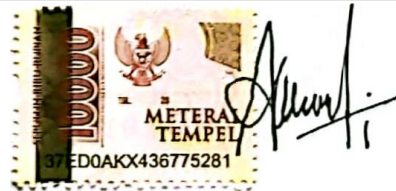
NIM : 44222206

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem *Hybrid*”. merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, penulis siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023



A. IRMA ARYANTI

44222206

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chaerani Angel T.

NIM : 44222212

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem *Hybrid*”. merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, penulis siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023



CHAERANI ANGEL T.

44222212



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Rezky

NIM : 44222223

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini, yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem *Hybrid*”. merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, penulis siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023



MUH. REZKY

44222223

# PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PADA ATAP KANTOR PT. SINOPACIFIC PERALATAN INDONUSA MAKASSAR DENGAN SISTEM *HYBRID*

## RINGKASAN

Kebutuhan energi dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi dan industri. Hanya saja, saat ini energi yang digunakan sebanyak 80% masih menggunakan energi konvensional yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan. Jika tidak ditangani, kemungkinan akan terjadi krisis energi. Inovasi energi alternatif dari sumber terbarukan sangatlah diperlukan, untuk memenuhi kebutuhan energi salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Energi dari sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik. Hal ini dilakukan ketika matahari menyinari panel surya, cahaya ini kemudian akan diserap. Bagian di panel surya yang menyerap energi matahari ini adalah photovoltaic atau PV. Efek ini kemudian akan menciptakan muatan listrik.

Di kawasan kota berpotensi besar dikembangkannya Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem *hybrid* yang diaplikasikan di atap bangunan. Salah satu perusahaan yang mempunyai lokasi potensial dalam perencanaan ketenagalistrikan adalah PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yang memiliki lokasi dengan tingkat radiasi matahari sebesar  $5.53 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ .

Perencanaan ini menggunakan analisis kuantitatif, dengan menggunakan teknik pengumpulan data berupa metode wawancara dan observasi serta pengukuran yang selanjutnya diperhitungkan dengan rumus, menggunakan *software* simulasi untuk mendesain sistem PLTS menggunakan PVsyst, memperoleh *Detail Engineering Design* (DED) dan *software* Homer Pro yang akan digunakan untuk mengetahui estimasi biaya produksi energi listrik yang dihasilkan. Dengan total kebutuhan energi per hari sebesar 30399 kWh dan panel surya yang digunakan tipe *Polycrystalline* dengan kapasitas panel surya 410 Wp sebanyak 16 unit. maka diperoleh biaya investasi awal dari hasil simulasi PVsyst sebesar Rp. 90.725.988 dengan nilai NPV Rp. 98.187.881 bernilai positif dan IRR 17.52% sedangkan pada *software* Homer Pro biaya investasi awal sebesar Rp. 90.726.000 dengan nilai NPV Rp. 76.763.610 dan nilai IRR 14.6% sehingga perencanaan PLTS ini dikatakan layak, karena NPV bernilai positif ( $>0$ ), dan nilai IRR lebih tinggi dari suku bunga dan pengembalian modal investasi yang kurang dari masa proyek 20 tahun.

# **SOLAR POWER PLANT (SPP) PLANNING ON THE OFFICE ROOF OF THE PT. SINOPACIFIC PERALATAN INDONUSA MAKASSAR WITH HYBRID SYSTEM**

## **SUMMARY**

*Energy needs increase from year to year along with the development of technology and industry. However, currently 80% of the energy used still uses conventional energy which is non-renewable and not environmentally friendly. If not resolved, there will likely be an energy crisis. Innovation in alternative energy from the latest sources is very necessary, to meet energy needs, one of which is Solar Power Plants (SPP). Energy from sunlight can be used as electricity generation energy. This is done when the sun shines on the solar panel, this light will then be absorbed. The part of the solar panel that absorbs solar energy is photovoltaic or PV. This effect will then create an electric charge.*

*In city areas there is great potential for the development of Solar Power Plants (SPP) with a hybrid system applied on building roofs. In this case what is being discussed is the planning of a solar power plant (SPP) on the roof of the PT office. Sinopacific Indonusa Makassar Equipment which has a location with a solar radiation level of 5.53 kWh/m<sup>2</sup>/day.*

*This planning uses quantitative analysis, using data collection techniques in the form of interviews and observation methods as well as measurements which are then calculated using formulas, using software simulation to design the SPP system using PVSyst software, obtaining Detailed Engineering Design (DED) and Homer Pro software which will be used to determine the estimated production costs of the electrical energy produced. With a total energy requirement per day of 30399 kWh and 16 units of Polycrystalline type solar panels are used with a solar panel capacity of 410 Wp, then the initial investment cost obtained from the PVSyst simulation results is IDR. 90,725,988 with an NPV value of Rp. 98,187,881 is positive and the IRR is 17.52%, while for the Homer Pro software the initial investment cost is IDR. 90,726,000 with an NPV value of Rp. 76,763,610 and an IRR value of 14.6% so that this SPP planning is said to be feasible, because the NPV is positive (>0), and the IRR value is higher than the interest rate and return on investment capital which is less than the 20 year project period.*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang ini, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi informasi yang sangat pesat telah mendorong terjadinya perubahan dalam berbagai sektor kehidupan manusia, termasuk perubahan teknologi hasil inovasi energi yang merupakan kebutuhan pokok bagi setiap individu, rumah tangga dan industri. Dunia industri yang semakin berkembang menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hanya saja, saat ini energi yang digunakan sebanyak 80% masih menggunakan energi konvensional yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan. Kebutuhan energi global akan terus meningkat 1,5% setiap tahunnya hingga 2030. Kebutuhan energi ini umumnya digunakan sebagai energi listrik (Afif dan Martin, 2022).

Kebutuhan energi listrik di Indonesia selalu meningkat setiap tahun. Menurut Perusahaan Listrik Negara di Indonesia (PLN), kebutuhan listrik nasional mencapai 232.296 TWh pada tahun 2018 dan tumbuh 5,1% per tahun. Tuntutan tersebut tidak hanya pada wilayah ibukota di pulau-pulau besar, bahkan sampai wilayah di pulau-pulau kecil. Namun, total produksi listrik pada tahun 2018 baru mencapai 220.817 TWh yang masih didominasi oleh bahan bakar fosil yaitu batu bara, minyak dan gas bumi sebesar 59,6% (Aprilianti, dkk, 2020).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengalihkan penggunaan energi fosil mengingat energi tersebut merupakan penghasil emisi terbesar di dunia saat ini. Salah satu upaya adalah dengan mengalihkan sumber energi primer dari energi fosil

menjadi energi terbarukan dan berkelanjutan. Energi terbarukan seperti energi panas bumi, surya, air, angin, sampah, laut, dan biomassa memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia.

Dari beberapa sumber energi terbarukan yang ada tersebut, penggunaan energi surya memiliki potensi yang sangat baik untuk diterapkan di wilayah Indonesia, mengingat wilayah Indonesia yang cukup luas dan berada di daerah khatulistiwa sehingga memiliki tingkat intensitas matahari yang cukup stabil.

Pembangkit listrik berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) memberikan kontribusi yang cukup besar dalam menunjang kebutuhan akan energi listrik. Sumber energi alternatif merupakan suatu kebutuhan yang mendesak akibat berkurangnya sumber energi fosil. Salah satu sistem pembangkit EBT adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang merupakan suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik yang menggunakan sel *Photovoltaic (Photovoltaic cell)* atau yang sering dikenal dengan sebutan PV. PLTS bersifat ramah lingkungan, berkelanjutan, mudah diimplementasikan, lokasi yang fleksibel dan dekat dengan pusat beban. Penyambungan PLTS ke dalam jaringan distribusi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas jaringan distribusi tenaga listrik meliputi: aliran daya, perbaikan profil tegangan, peningkatan keandalan, dan penurunan rugi-rugi daya.

Dikawasan kota memiliki potensi besar untuk dikembangkan PLTS yang dapat diaplikasikan pada atap bangunan. Sistem PLTS dapat dilakukan dengan Sistem *Hybrid*. Sistem PLTS *Hybrid* adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang didukung oleh teknologi *Hybrid*, sistem listrik yang dihasilkan oleh panel surya

dapat digabungkan dengan listrik dari PLN untuk memudahkan pengguna 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 untuk tipe ini, secara otomatis akan dicadangkan oleh listrik dari PLN sehingga menjaga aliran listrik bekerja secara optimal.

Salah satu perusahaan yang mempunyai lokasi potensial dalam perencanaan ketenagalistrikan adalah PT. Sinopacific Peralatan Indonusa yang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang distributor alat berat, yang meliputi penjualan dan service alat berat. Kantor pusat dari perusahaan ini terletak di Jakarta dan memiliki banyak cabang di Indonesia salah satunya terdapat di Makassar. Kantor Sinopacific Makassar memiliki luas bangunan 22.7 x 16 Meter persegi dengan model atap menggunakan bahan spandek serta posisi bangunan yang menghadap ke selatan barat daya sehingga PLTS dapat bekerja secara optimal. Dengan besar penggunaan daya mencapai 212,793 Watt dalam satu minggu dan sekitar 911,970 Watt dalam sebulan. Dengan jumlah penggunaan daya yang besar tersebut membuat perusahaan sering membeli token listrik tambahan beberapa kali dalam sebulan, sehingga membutuhkan penghematan pengeluaran biaya listrik PLN. Disamping itu, dengan banyaknya beban yang digunakan membuat perusahaan harus menambah daya dari 2200 Watt menjadi 7700 Watt untuk menunjang penggunaan listrik pada kantor PT. Sinopacific. Selain dari penambahan

daya listrik yang dilakukan, juga sering kali terjadi pemutusan kabel input dari PLN dikarenakan adanya mobil tronton atau kendaraan pengangkut alat berat yang menyeret kabel listrik sehingga terjadi pemadaman hingga 2 – 3 jam.

Berdasarkan kondisi tersebut pemanfaatan sinar matahari melalui perencanaan PLTS merupakan langkah yang tepat untuk memenuhi kebutuhan dasar kelistrikan pada atap kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem *Hybrid*, untuk mengurangi biaya penggunaan listrik dengan menggunakan *software* simulasi untuk mendesain sistem PLTS, memperoleh hasil *Detail Engineering Design* (DED) dan mengetahui estimasi produksi energi yang dihasilkan. Pada perencanaan ini penggunaan *Software* PVsyst, AutoCAD dan Homer Pro yang akan digunakan dalam mendesain dan mensimulasikan sistem PLTS untuk mengetahui kapasitas modul surya yang dapat terpasang dan estimasi produksi energi listrik yang dihasilkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana melakukan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan *software* PVsyst 7.3?
2. Bagaimana menghitung ekonomi teknik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific?
3. Bagaimana memperoleh hasil *Detail Engineering Design* (DED) lengkap terkait PLTS pada kantor PT. Sinopacific?



### 1.3 Ruang Lingkup Masalah

Agar lebih fokus dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka pembahasan ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Simulasi perencanaan akan menggunakan *software* PVsyst.
2. Faktor yang mempengaruhi rasio performa pembangkit seperti rugi-rugi akan diperlihatkan oleh aplikasi PVsyst.
3. Sistem PLTS hanya membahas sistem *Hybrid*
4. Pembahasan teknik berfokus pada spesifikasi dan komponen-komponen yang digunakan dalam simulasi.
5. Perencanaan PLTS hanya dilakukan pada Gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan yang ingin dicapai adalah:

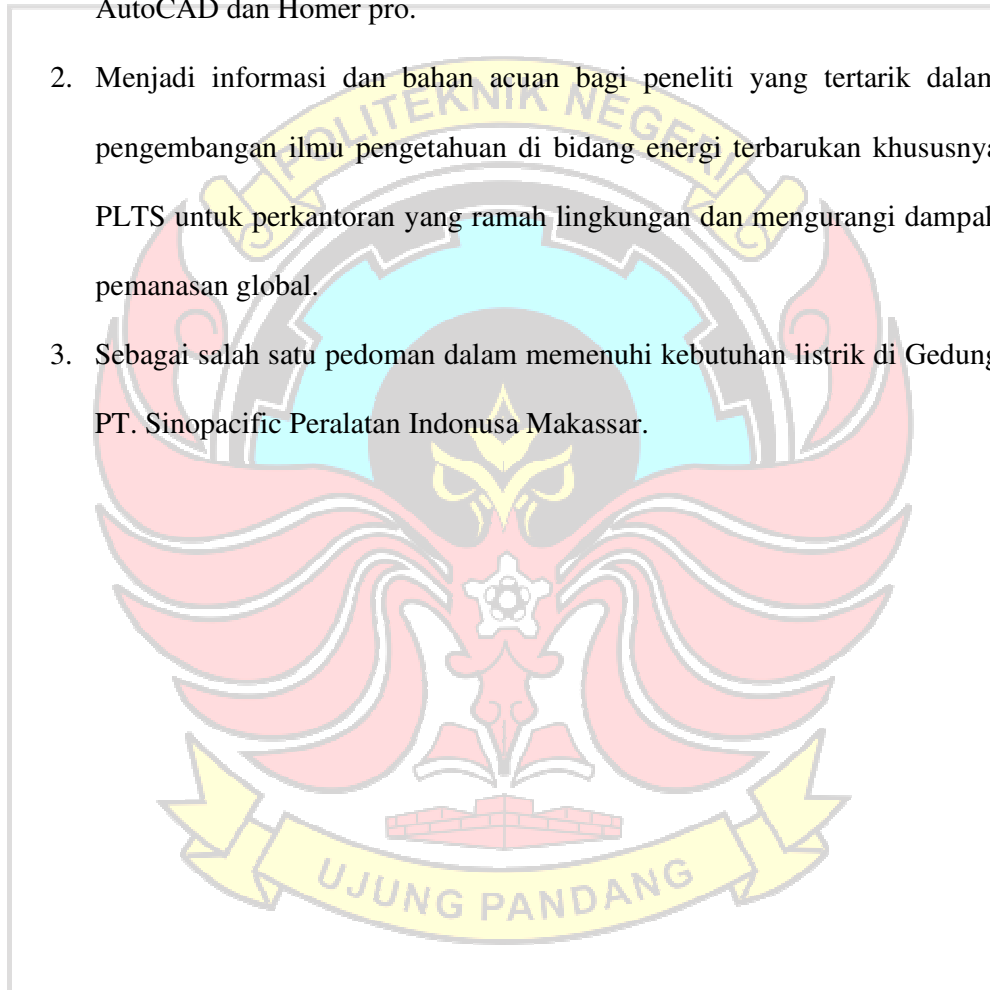
1. Melakukan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan menggunakan *software* PVsyst 7.3.
2. Melakukan perhitungan ekonomi teknik pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific.
3. Memperoleh hasil *Detail Engineering Design* (DED) lengkap terkait PLTS pada kantor PT. Sinopacific.



## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari skripsi ini adalah:

1. Dapat meningkatkan keilmuan mahasiswa dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem *Hybrid* menggunakan *Software* PVsyst, AutoCAD dan Homer pro.
2. Menjadi informasi dan bahan acuan bagi peneliti yang tertarik dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan khususnya PLTS untuk perkantoran yang ramah lingkungan dan mengurangi dampak pemanasan global.
3. Sebagai salah satu pedoman dalam memenuhi kebutuhan listrik di Gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Literatur

Lingkungan dan ekonomi merupakan alasan dibalik dorongan yang cepat akan pemanfaatan energi terbarukan di seluruh dunia. Selain untuk mengatasi hambatan secara ekonomi dan komersial, pemanfaatan sumber energi terbarukan sesuai dengan tujuan atau goal yang ditetapkan oleh sebagian Negara yang ingin memaksimalkan potensi energi terbarukan di wilayahnya dengan biaya yang murah. Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Asy'ari, dkk, 2012).

Pertumbuhan tingkat konsumsi energi dunia saat ini, diprediksi akan meningkat sebesar 70 persen antara tahun 2000 sampai 2030. Sumber energi yang berasal dari fosil, menyumbang sekitar 87,7% dari total kebutuhan dunia. Cadangan sumber energi yang berasal dari fosil di seluruh dunia diperkirakan hanya sampai 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Kondisi keterbatasan sumber energi ditengah semakin meningkatnya kebutuhan energi dunia dari tahun ketahun (pertumbuhan konsumsi energi tahun 2004 saja sebesar 4,3%), serta tuntutan untuk melindungi bumi dari pemanasan global dan

polusi lingkungan membuat tuntutan untuk segera mewujudkan teknologi baru bagi sumber energi yang terbarukan.

Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi surya rata-rata sekitar 4.8 kWh/m<sup>2</sup> per hari di seluruh wilayah Indonesia. Berlimpahnya sumber energi surya ini belum dimanfaatkan secara optimal. Di sisi lain, topografi dan geografi wilayah Indonesia tidak memungkinkan kebutuhan listrik dipenuhi melalui jaringan (grid) konvensional (Ruskardi, 2015).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) termasuk dalam salah satu sumber energi baru dan terbarukan. PLTS memanfaatkan sumber energi matahari dalam bentuk cahaya matahari untuk diubah langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya matahari membawa energi yang dibagi menjadi dua bentuk, yaitu energi panas dan cahaya. Dari dua bentuk energi tersebut dibagi menjadi dua sistem tenaga surya, yaitu sistem tenaga panas matahari (solar thermal) dan sistem tenaga surya (PLTS). Sistem tenaga panas matahari menangkap panas untuk digunakan sebagai pemanas air, sedangkan sistem tenaga surya mengubah cahaya matahari langsung menjadi listrik. Ketika *Photovoltaic* module (PV) terkena cahaya matahari, modul akan menghasilkan listrik searah atau direct current (DC). Listrik DC akan dikonversi menjadi listrik bolak-balik atau alternating current (AC) oleh inverter, yang selanjutnya didistribusikan ke beban (Al Bahar dan Maulana, 2018).

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Potensi Energi Surya di Indonesia

Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang cukup menjanjikan dan memiliki potensi terbesar daripada sumber daya lainnya untuk memecahkan masalah energi dunia karena ramah lingkungan (Ab Kadir dan Rafeeu, 2010). Ketersediaan energi matahari di permukaan bumi merupakan salah satu faktor pertimbangan penerapan sistem energi matahari di suatu wilayah.

Indonesia merupakan negara beriklim tropis dan terletak di garis khatulistiwa, sehingga negara ini memiliki potensi energi matahari yang melimpah. Wilayah Indonesia sebagian besarnya mendapatkan radiasi matahari yang cukup stabil dan intens dengan nilai radiasi harian rata-rata sekitar 4 kWh/m<sup>2</sup> (Ab Kadir dan Rafeeu, 2010). Berdasarkan data yang dikumpulkan dari 18 lokasi di Tanah Air, sebaran radiasi matahari memiliki sedikit perbedaan pada wilayah barat dan timur. Diperkirakan sebaran radiasi matahari untuk Wilayah Barat sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup> /hari dan untuk Wilayah Timur sebesar 5,1 kWh/m<sup>2</sup> /hari dengan variasi berkisar 9-10% (Kurniawan, 2016).

### 2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah suatu pembangkit yang mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada panel surya yang terdiri dari sel-sel surya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC (*Direct Current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*). PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya

yang dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik mulai dari skala kecil maupun skala besar, baik secara mandiri maupun secara *Hybrid*.

Energi yang disalurkan matahari akan diserap dan diterima oleh panel surya (*solar panel*). Komponen lain dari PLTS yaitu BCU (*Battery Control Unit*) yang mana berfungsi mengatur atau meregulasi pengisian baterai dari panel surya. Melalui BCU dapat diatur persentase besar muatan maksimum dan minimum dari baterai sehingga umur (*lifetime*) baterai dapat terjaga. Dari baterai kemudian akan menyalurkan energi yang sudah tersimpan menuju ke beban, baik berupa beban DC dan AC. Namun untuk beban AC harus terlebih dahulu melalui proses perubahan arus dan tegangan dari baterai ke inverter yang dimana inverter berfungsi mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC yang kemudian dihubungkan dengan alat-alat yang membutuhkan energi listrik (Sihotang, 2019)

Alasan utama untuk mengadopsi teknologi fotovoltaik ini adalah sebagai berikut:

- a. Sumber energi yang dipakai tidak pernah habis dan sangat ramah lingkungan.
- b. Dapat dipakai dimana saja terutama di daerah yang belum terjangkau listrik PLN.
- c. Hemat karena tidak memerlukan bahan bakar.
- d. Bersifat modular artinya kapasitas listrik yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan.
- e. Tanpa suara sehingga tidak mengganggu ketertiban umum.
- f. Ramah lingkungan



Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya  
(Sumber: ICAsolar, 2022)

### 2.2.3 Prinsip Kerja PLTS

Pada siang hari modul surya menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses fotovoltaik. Listrik yang dihasilkan oleh modul, dapat langsung disalurkan ke beban ataupun disimpan didalam baterai sebelum digunakan ke beban seperti lampu, kulkas, dan lain-lain. Pada malam hari, modul surya tidak menghasilkan listrik, beban sepenuhnya dicatu oleh battery. Demikian pula apabila saat mendung, modul surya menghasilkan listrik lebih rendah dibandingkan pada saat matahari terik. Modul surya dengan kapasitas tertentu dapat menghasilkan jumlah listrik yang berbeda-beda apabila ditempatkan pada daerah yang berlainan (Bawalo, dkk, 2021).

### 2.2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, secara garis besar PLTS diklasifikasikan menjadi dua yaitu Sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (*off-grid PV plant*), atau lebih dikenal dengan sebutan PLTS berdiri sendiri

(*stand alone*), dan sistem PLTS terhubung dengan jaringan (*grid-connected PV plant*) atau lebih dikenal dengan sebutan PLTS *On-grid*. Sedangkan apabila PLTS dalam penggunaannya digabung dengan jenis pembangkit listrik lain disebut sistem *Hybrid*.

Menurut IEEE standard 929-2000 sistem PLTS dibagi menjadi tiga kategori, yaitu PLTS skala kecil dengan batas 10 kW atau kurang, skala menengah dengan batas antara 10 kW hingga 500 kW, skala besar dengan batas di atas 500 kW.

Sedangkan, menurut buku Energi Surya untuk Komunitas, Secara umum PLTS memiliki dua jenis sistem ditinjau dari pembangkitannya, yakni PLTS Tersebar dan PLTS Terpusat. PLTS Tersebar berarti peralatan PLTS dipasang di rumah-rumah sebagai penerima manfaat. Ini biasa disebut PLTS rooftop atau PLTS *Solar Home System* (SHS). Sementara itu, PLTS Terpusat berarti PLTS dipasang di satu lokasi yang relatif luas untuk kemudian didistribusikan dengan kabel ke rumah – rumah penerima manfaat (Oktarina, 2021).

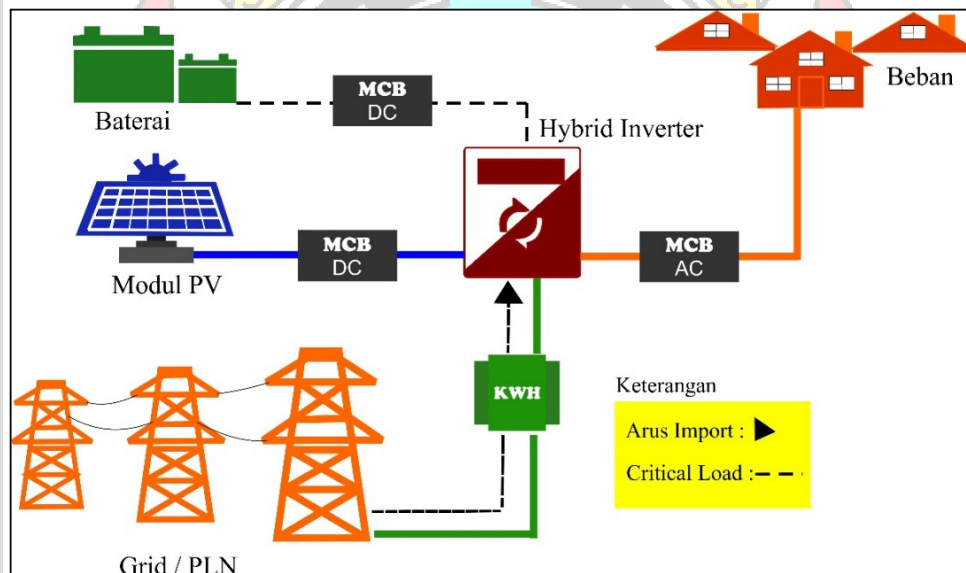
#### 2.2.5 Sistem PLTS *Hybrid*

PLTS Hybrid merupakan gabungan sistem PLTS dengan sistem pembangkit listrik lain, yang bertujuan untuk menjaga kesinambungan suplai energi dan mengoptimalkan penggunaan energi. PLTS pada sistem hybrid tidak menggunakan energi matahari sebagai satu satunya sumber energi untuk menyuplai daya ke beban. Dengan skema sistem hybrid menggabungkan PLTS dengan sumber pembangkit tenaga listrik eksisting. Pembangkit listrik yang digunakan PLN seperti PLTU, PLTG, PLTA, PLTB, PLTS dan lainnya. Karena kombinasi beberapa pembangkit inilah sehingga disebut hybrid. Sehingga dalam sistem perencanaan ini



sumber energi utama adalah dari panel surya yang dikonversikan dan menggunakan *Smart Inverter Hybrid* atau dikenal inverter multimode yang telah dilengkapi *Solar Charge Controller (SCC)* dan *Automatic Transfer Switch (ATS)* yang dapat mengelola input dari panel surya, jaringan PLN serta baterai secara otomatis. dan jika terdapat energi berlebih dari PLTS maka inverter akan mengirim energi ke baterai untuk disimpan, dan ketika pemakaian listrik melebihi dari kapasitas PLTS, maka secara otomatis jaringan PLN akan membackup kebutuhan daya pada beban.

Gambar 2.2 menunjukkan skema sistem PLTS hybrid.



Gambar 2.2 Skema PLTS Sistem *Hybrid*  
(Sumber: Powersurya.co.id, 2020)

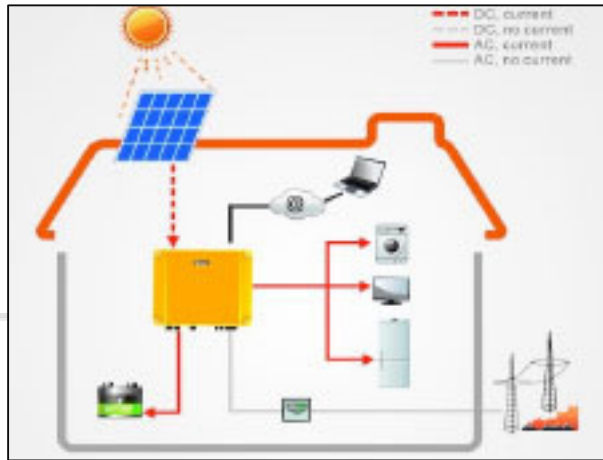
### 1) Pola Operasi PLTS *Hybrid*

Terdapat 3 (tiga) pola operasi yang umum pada PLTS *Hybrid*, yaitu:

#### a. Pagi dan Siang Hari

Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya digunakan untuk mengoptimalkan semua penggunaan listrik di kantor PT. Sinopacific. Kelebihan dari energi listrik, digunakan untuk mengisi ulang baterai.

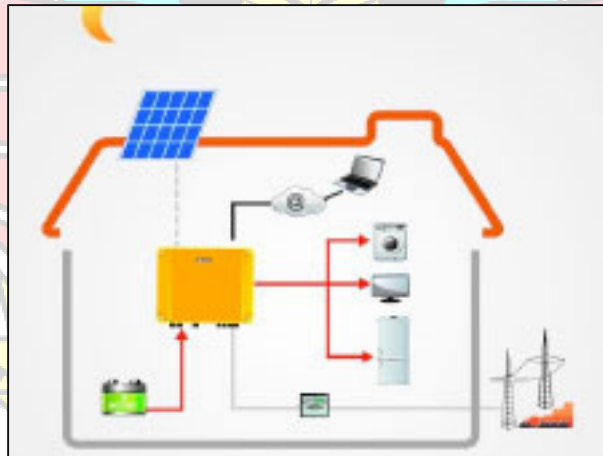




Gambar 2.3 Pola Operasi Pada Pagi dan Siang Hari  
(Sumber: Wedosolarindonesia.com, 2014)

b. Sore Hari

Pada saat matahari telah terbenam, sistem secara otomatis akan beralih ke energi listrik yang tersimpan di baterai.



Gambar 2.4 Pola Operasi Pada Sore Hari  
(Sumber: Wedosolarindonesia.com, 2014)

c. Malam Hari

Jika kapasitas baterai tidak cukup untuk memenuhi penggunaan listrik di kantor tersebut, inverter secara otomatis mengalihkan dengan penggunaan listrik dari PLN.



Gambar 2.5 Pola Operasi Pada Malam Hari  
(Sumber: Wedosolarindonesia.com, 2014)

Sistem *Hybrid* sendiri menggabungkan kedua sistem tenaga surya, yakni sistem on grid dan sistem off grid. Rangkaian sistem *Hybrid* akan tetap terhubung dengan jaringan PLN jika kita mengalihkan kontrol pada sistem on grid, sedangkan jika PLN sedang mengalami mati listrik maka kontrol pun bisa dialihkan pada sistem off grid sehingga energi matahari yang tersimpan dalam baterai akan menjadi sumber listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik sehari-hari.

#### 2.2.6 Prinsip Kerja Sistem Hybrid

Pada dasarnya teknologi sistem *Hybrid* adalah sumber listrik yang dihasilkan panel surya yang terintegrasi dengan sumber listrik PLN. Secara bergantian kedua sistem ini saling melengkapi, terutama ketika terjadi kekurangan energi atau pemadaman listrik. Panel surya sistem *Hybrid* bekerja seperti sistem on grid namun menggunakan baterai untuk menyimpan listrik yang akan digunakan nanti misalnya pada malam hari. Dengan kemampuan menyimpan listrik memungkinkan sistem *Hybrid* untuk berfungsi sebagai cadangan listrik saat pemadaman seperti sistem

UPS (Uninterruptible Power Supply) yang merupakan sebuah alat elektronik yang fungsi utamanya adalah sebagai penyedia listrik cadangan pada komputer, Data Center, dan hal-hal penting lain.

Panel surya menangkap sinar matahari dan mengkonversinya menjadi listrik DC, inverter lalu mengubahnya ke daya listrik AC yang digunakan peralatan listrik.

Daya listrik tersebut dikirim ke panel distribusi atau MCB untuk digunakan di kantor. Ketika ada kelebihan daya yang dihasilkan panel surya, inverter mengirimnya ke baterai untuk disimpan. Apabila panel surya menghasilkan lebih sedikit dari daya yang diperlukan, misalnya pada malam hari, listrik akan diambil dari baterai, dikonversi dan dikirim ke panel distribusi. Jika daya dari baterai tidak mencukupi atau daya di baterai ingin digunakan di waktu lain, maka listrik akan diambil dari jaringan PLN (Saleh, dkk, 2021).

### **2.3 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu kesatuan sistem yang terdiri dari beberapa komponen, baik komponen utama maupun komponen pendukung, diantaranya yaitu:

#### **2.3.1 Solar cell (Photovoltaic)**

*Solar cell* atau sel surya adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang dapat disusun secara seri

maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek *Photovoltaic* (Muslim, dkk, 2020).

#### 1) Teknologi Solar cell

Unjuk kerja sel surya dalam mengkonversikan energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik tidak terlepas dari teknologi yang digunakan oleh sel surya itu sendiri. Teknologi yang dimaksudkan seperti jenis material yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan sel surya, maupun proses atau teknologi pembuatannya. Bahan semikonduktor jenis silikon merupakan bahan yang paling umum digunakan dalam pembuatan sel surya, meskipun saat ini digunakan juga jenis bahan seperti cadmium telluride dan *copper indium* (gallium) di-selenide. Setiap bahan memiliki karakteristik yang unik dan memiliki pengaruh kuat terhadap performa sel surya, metode pabrikan, dan dari segi biaya.

Sel surya salah satunya terbuat dari teknologi irisan silikon (*silikon wafers*), pembuatannya dengan cara memotong/mengiris tipis silikon dari balok batang silikon. Sel surya juga bisa terbuat dari teknologi film tipis biasa disebut thin film technologies, dimana lapisan tipis dari bahan semikonduktor diendapkan pada low-cost substrates. Sel surya selanjutnya digolongkan sesuai dengan batasan struktur dari bahan semikonduktornya seperti, *mono-crystalline*, *multicrystalline* (*poly-crystalline*) atau *amorphous material* (Setiawan, dkk, 2014).

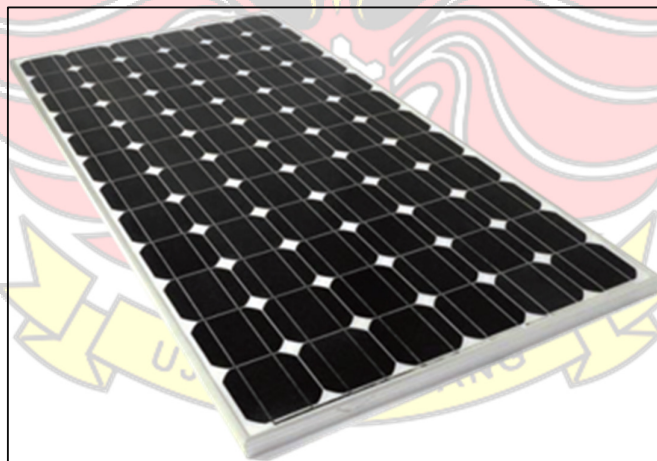
##### a) *Crystalline Silikon (c-Si)*

Teknologi pertama yang berhasil dikembangkan oleh para peneliti adalah teknologi yang menggunakan bahan silikon kristal tunggal. Teknologi ini mampu

menghasilkan sel surya dengan efisiensi yang sangat tinggi. Teknologi *crystalline silikon* (c-Si) dibagi menjadi dua yaitu *monocrystalline* dan *multi-crystalline* (*polycrystalline*).

b) *Monocrystalline*

Sel *monocrystalline* biasanya terbuat dari batang silikon tunggal berbentuk silinder, yang kemudian diiris tipis menjadi bentuk wafers dengan ketebalan sekitar 200-250  $\mu\text{m}$ , dan pada permukaan atasnya dibuat alur-alur mikro (*microgrooves*) yang bertujuan untuk meminimalkan rugi-rugi refleksi atau pantulan. Keunggulan utama dari jenis ini yaitu efisiensinya yang lebih baik (14-17%), Cara pembuatan dengan sel surya atau sel *Photovoltaic* dengan metode Czochralski. Proses pembuatan produksi sel-sel ini sangat mahal dan panjang dalam menciptakan silikon.



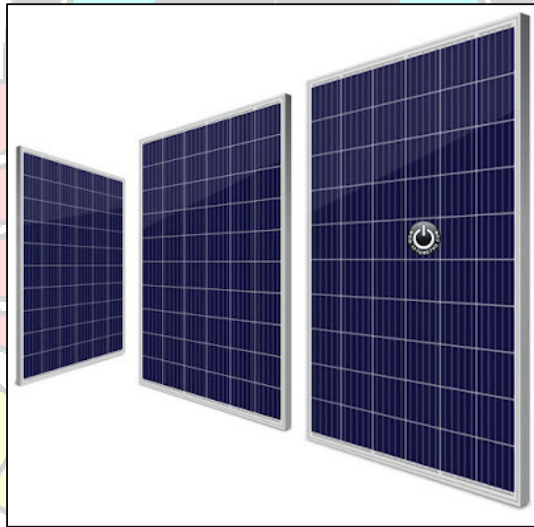
Gambar 2.6 Modul PV jenis *Monocrystalline*  
(Sumber: Wahyudi, 2022)

Adapun kelebihan dari modul *monocrystalline* adalah memiliki tingkat efisiensi paling tinggi dibandingkan dengan jenis modul PV lainnya serta memiliki masa pemakaian yang lebih lama dan dapat digunakan hingga 20 tahun. Namun,

kekurangan dari modul monocrystalline adalah modul monocrystalline merupakan jenis modul PV dengan harga termahal dan tingkat kinerja cenderung lebih cepat menurun pada suhu yang semakin tinggi dari keadaan standar (Wahyudi, 2022).

c) *Polycrystalline*

*Polycrystalline* terbuat dari batang silikon yang dihasilkan dengan cara dilelehkan dan dicetak oleh pipa paralel, didinginkan untuk membentuk Ingot. Ingot tersebut kemudian dipotong menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dengan ukuran 40 x 40 cm<sup>2</sup>, kemudian diiris menjadi wafer tipis. Wafers sel surya ini biasanya berbentuk persegi dengan ketebalan 180-300 μm. Sel surya *Polycrystalline* mempunyai efisiensi (12 – 14%).



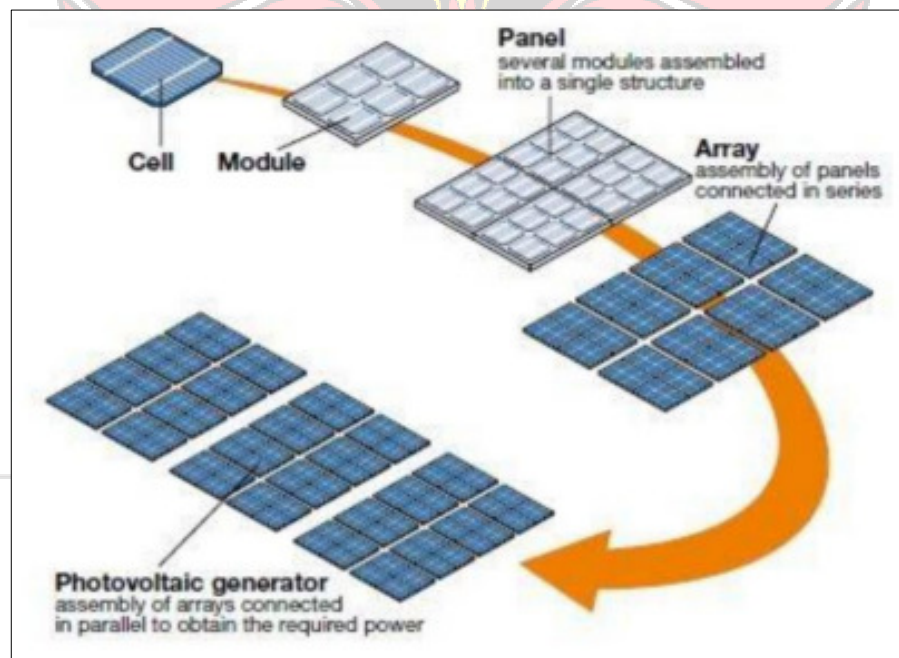
Gambar 2.7 Modul PV jenis *Polycrystalline*  
(Sumber: Wahyudi, 2022)

Adapun kelebihan dari modul *polycrystalline* adalah proses pembuatan modul lebih sederhana dibandingkan dengan jenis monocrystalline serta memiliki harga yang murah. Di samping kelebihan tersebut, kekurangan dari modul *polycrystalline* memiliki tingkat efisiensi relatif lebih kecil dibandingkan dengan

jenis modul PV monocrystalline dan tampilan modul polycrystalline kurang estetis dikarenakan warna biru yang berbintik-bintik (Wahyudi, 2022).

## 2) Modul Surya

Modul surya atau *Photovoltaic Module* 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 bingkai (*frame*) dan dilaminasi atau diberikan lapisan pelindung. Kemudian susunan dari beberapa modul surya yang terpasang sedemikian rupa pada penyangga disebut array. PV modul yang terangkai seri dari sel-sel surya ditujukan untuk meningkatkan, atau dalam hal ini dapat dikatakan menggabungkan tegangan (VDC) yang dihasilkan setiap selnya. Sedangkan untuk arusnya dapat didesain sesuai kebutuhan dengan memperhatikan luas permukaan sel.



Gambar 2.8 Diagram Hubungan antara Solar Cell, Modul, Panel dan Array  
(Sumber: Oktarina, 2021)



Struktur Modul surya atau *Photovoltaic Module* dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu (Oktarina, 2021):

a. Bingkai atau Frame

Biasanya terbuat dari aluminium anodized untuk menghindari korosi. Oleh karena pemasangan bingkai dilakukan di akhir proses pembuatan, bingkai memiliki fungsi untuk memastikan kekokohan panel.

b. Kaca Pelindung

Melindungi sel fotovoltaik dari lingkungan dan memastikan kekokohan panel. Karena kaca pelindung mengambil proporsi tertinggi dari total berat modul fotovoltaik.

c. Enkapsulasi atau Laminasi

Enkapsulasi atau Laminasi adalah lapisan antara sel fotovoltaik dan kaca pelindung. Laminasi digunakan untuk mencegah kerusakan mekanis pada sel fotovoltaik dan mengisolasi tegangan dari sel fotovoltaik dengan bagian modul lainnya. Biasanya lembaran laminasi menggunakan bahan *ethylene-vinyl acetate (EVA)*.

d. Sel Fotovoltaik

Merupakan komponen utama dari modul fotovoltaik. Sel ini terbuat dari bahan semikonduktor yang menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel-sel saling terhubung secara seri untuk mendapatkan tegangan total yang lebih tinggi melalui kawat busbar. Bahan yang digunakan untuk sel fotovoltaik umumnya adalah silikon, seperti *polycrystalline dan monocrystalline*.



e. Lembar Insulasi (*Backsheet*)

Terbuat dari bahan plastik untuk melindungi dan secara elektrik mengisolasi sel-sel dari kelembaban dan cuaca.

f. Kotak Penghubung (*Junction Box*)

Digunakan sebagai terminal penghubung antara serangkaian sel fotovoltaik ke beban atau ke panel lainnya. Perangkat ini berisi kawat busbar dari rangkaian sel fotovoltaik, kabel dan *bypass diode*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum merancang panel surya adalah sebagai berikut (Julisman, dkk. 2017).

- 1) Mencari total beban listrik harian:

$$\text{Energi Beban} = \text{Daya} \times \text{Lama Pemakaian} \dots\dots\dots(2-1)$$

- 2) Menentukan jumlah panel surya yang dibutuhkan:

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{\text{Energi total beban harian}}{\text{Maksimal peak per hari} \times \text{kapasitas panel}} \dots\dots\dots(2-2)$$

- 3) Menentukan kebutuhan daya

$$\text{Kebutuhan daya} = \frac{\text{Jumlah Total Kebutuhan Energi (Wh)}}{\text{Jam Efektif Matahari (h)}} \dots\dots\dots(2-3)$$

2.3.2 *Smart Inverter Hybrid*

*Smart inverter Hybrid* adalah sebuah perangkat yang memiliki kemampuan seperti inverter on grid dan inverter baterai. Secara sederhana bisa juga dikatakan bahwa pada dasarnya *Hybrid* inverter adalah inverter tenaga surya yang dikombinasikan dengan solar charge controller dalam satu unit komponen. Inverter *Hybrid* atau dikenal sebagai *Hybrid* solar inverter atau *Hybrid grid-tied inverter* atau inverter berbasis baterai adalah inverter yang menggabungkan dua komponen

terpisah (inverter *on grid* dan inverter baterai) menjadi satu peralatan. Inverter ini merupakan inti dari sistem penyimpanan baterai tenaga surya yang sederhana dan hemat biaya dan menjadi komponen penting dari setiap sistem energi surya (Gilang, 2022).

Pada umumnya inverter digunakan untuk mengubah listrik arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi listrik arus bolak-balik (AC) agar dapat digunakan dan memerlukan inverter baterai yang terpisah untuk mengubah listrik AC ke DC agar baterai dapat menyimpan dan mengeluarkan listrik. Namun, ketika memasang panel surya dengan inverter *Hybrid* maka tidak membutuhkan inverter baterai. Karena *Hybrid* solar inverter dapat berfungsi sebagai inverter untuk listrik dari panel surya dan baterai tenaga surya, dapat dilihat pada Gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9 *Smart Inverter Hybrid*  
(Sumber: Powmr.com, 2013)

#### 1) Prinsip Kerja Inverter *Hybrid*

Dalam konteks sistem penyimpanan tenaga surya, inverter *Hybrid* atau dikenal sebagai inverter multimode yang secara bersamaan dapat mengelola input dari panel surya dan baterai. Inverter dapat mengisi baterai dari energi

yang dihasilkan panel surya atau listrik PLN, berikut ini cara kerja inverter *Hybrid*:

- a) Panel surya menghasilkan listrik DC yang dialirkan ke inverter
- b) Inverter kemudian mengubah listrik DC menjadi AC dan mengirimkannya ke beban.

- c) Inverter juga bisa mengirim energi yang tidak terpakai oleh beban ke baterai untuk disimpan
- d) Inverter dapat pula menerima energi dari jaringan listrik PLN untuk dialirkan ke beban dan baterai
- e) Saat inverter mendapat pasokan dari jaringan PLN dan mengirimkannya ke baterai maka listrik dikonversi dari AC menjadi DC

Sebuah perangkat inverter *Hybrid* bisa bekerja dalam banyak fungsi, alat tersebut bisa menggantikan inverter on grid, inverter off grid, dan solar charge controller (SCC). Oleh karena itu, inverter *Hybrid* seringkali disebut sebagai inverter multimode yang mampu mengelola input dan output dari berbagai sumber. Dan dalam penyimpanan energi baterai, inverter dapat mengubah daya DC menjadi AC untuk digunakan pada peralatan beban. Inverter juga dapat mengisi baterai dengan menyalurkan kelebihan energi dari panel surya yang tidak digunakan pada saat tertentu ke baterai ke peralatan atau beban.

Sedangkan pada kondisi cuaca berubah, atau jaringan lokal mati, inverter juga dapat secara otomatis mengalihkan ke daya baterai agar peralatan atau beban tetap berjalan. Karena energi dari baterai DC memiliki format yang sama dengan energi dari panel surya (yaitu arus searah). Dan apabila panel surya tidak

mendapatkan sinar matahari yang cukup, dan tidak memiliki sisa daya baterai, tetapi masih memiliki akses ke jaringan lokal yaitu PLN, Dalam hal ini, fungsi penyearah di inverter *Hybrid* dapat menarik daya AC dari jaringan agar baterai DC tetap terisi.

### 2.3.3 Baterai

Baterai adalah suatu proses yang dapat menyimpan dan melepaskan energi listrik. Baterai pada pembangkit listrik tenaga surya mendapatkan sumber energi dari proses perubahan sinar matahari menjadi energi listrik yang terjadi di panel surya (*photovoltaic*). Pembangkit listrik tenaga surya akan bekerja ketika panel surya menerima sinar matahari, hal ini menjadi kendala ketika sinar matahari sebagai sumber energi pada malam hari sudah tidak tersedia. Hal ini dapat diatasi ketika pada siang hari maka listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan disimpan pada baterai menggunakan *charge controller*, dan ketika malam hari energi yang disimpan pada baterai dapat digunakan (Mahardika, dkk, 2016).

Adapun fungsi dari baterai yaitu antara lain sebagai berikut (Ramadhani, 2018):

1. Sebagai suplai bagi beban dengan tegangan dan arus yang stabil melalui inverter baterai, juga dalam hal terjadi putusnya pasokan daya dari modul fotovoltaik.
2. Bertindak sebagai cadangan untuk mengatasi perbedaan antara daya yang tersedia dari modul fotovoltaik dan permintaan dari beban.
3. Menyediakan cadangan energi untuk digunakan saat hari dengan cuaca berawan atau pada kondisi darurat. Penentuan kapasitas baterai harus

memperhitungkan hari-hari ketika sistem berjalan penuh tanpa pasokan daya dari modul fotovoltaik untuk memenuhi kebutuhan listrik.

4. Memasok daya ke komponen elektronika daya seperti *solar charge controller* dan inverter.



Gambar 2.10 Baterai  
(Sumber: *Builder Future Construction*. 2023)

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan kapasitas baterai adalah:

- a. Hal hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan kapasitas baterai adalah: DOD (*Deep of Discharge*), yaitu kedalaman kapasitas yang dapat digunakan pada baterai, yakni 80%. DOD ini ditentukan oleh pabrik produksi baterai tersebut.
- b. Autonom days, yaitu parameter keadaan di mana lamanya (hari) jika cuaca buruk selama beberapa hari atau keadaan di mana energi matahari tidak maksimal, sehingga modul surya tidak memperoleh suplai energi yang cukup. Di Indonesia penetapan hari otonomi adalah selama 3 hari.

Penentuan kapasitas battery dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Safrizal, 2017):

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Total Beban Pemakaian Harian}}{\text{DoD X Vdc}} \dots\dots\dots(2-4)$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan =

Jumlah seri baterai x Jumlah paralel baterai.....(2-5)

Dimana:

DoD = Depth of Discharge (80%)

Vdc = Tegangan nominal baterai (V)

#### 2.3.4 Sistem Proteksi dan Pengkabelan

Sistem proteksi adalah perangkat pelindung yang membantu mencegah kerusakan peralatan akibat pemadaman listrik. Ketika listrik digunakan di industri atau bangunan, biasanya digunakan tegangan menengah. Pada jaringan tegangan menengah banyak terjadi gangguan yang sangat berbahaya bagi peralatan listrik yang biasa digunakan. sistem proteksi bekerja dengan mengkoordinasikan masing-masing komponen proteksi di kawasan lindung (misalnya sistem daya tinggi (GI, transmisi dan pembangkitan). Berdasarkan PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2011, Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Arus Listrik adalah suatu alat pensaklaran, mengalirkan dan memutus arus pada keadaan rangkaian normal dan tidak normal misalnya pada kondisi hubung singkat (Amri, 2023).

Pengkabelan pada surya atap dibagi menjadi pengkabelan DC, AC dan grounding. Masing-masing dengan karakteristik teknis yang berbeda, namun harus menyesuaikan dengan standar yang ada. Pengkabelan panel surya mengacu pada standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) luas penampang kabel mengikuti besaran arus dengan memperhitungkan kemampuan hantar arus (KHA) sebesar 125% arus dari yang akan melewati kabel (Mitra Hijau, 2021).

1) SPD (*Surge Protection Device*)

SPD adalah perangkat yang melindungi perangkat dan peralatan elektronik dari lonjakan petir. Sistem PLTS tanpa adanya SPD apabila terjadi petir yang menyambar didekat sistem akan membuat kerusakan pada perangkat dan subsistem pengkondisi daya karena adanya perbedaan tegangan potensial antara peralatan dan tanah. Adapun rating minimal SPD DC dapat dihitung melalui persamaan berikut (Firmansyah, 2023).

$$V_{\text{rating}} = V_{\text{oc PV}} \times \text{Faktor Kali} \dots\dots\dots(2-6)$$

Standar dari faktor kali yang digunakan untuk menghitung rating SPD DC yang digunakan yaitu minimal 1,2 Yang dimana berdasarkan rumus tersebut, nilai Voc didapatkan dari output data spesifikasi komponen PV yang disesuaikan dengan jumlah output total tiap stringnya yang kemudian dikalikan dengan faktor kali sehingga dapat diketahui kebutuhan penggunaan SPD pada sistem PLTS (Firmansyah, 2023).

2) MCB dan Kabel

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah perangkat pelindung yang secara otomatis membuka atau menutup sirkuit ketika arus melebihi arus pengenal yang ditentukan mengalir tanpa merusak peralatan. Itu juga bertindak sebagai pembatas arus dan beralih untuk beban. (Amri, 2023).

Adapun rumus untuk menentukan nilai arus maksimal yang mengalir pada beban dapat dihitung sebagai berikut.

a. MCB DC

$$I_{\text{max}} = I_{\text{SC}} \times \text{Jumlah String} \dots\dots\dots(2-7)$$

b. MCB AC

$$I_{max} = \frac{P}{V \times \cos \pi} \dots\dots\dots(2-8)$$

Dimana :

Isc = Arus short sircuit (A)

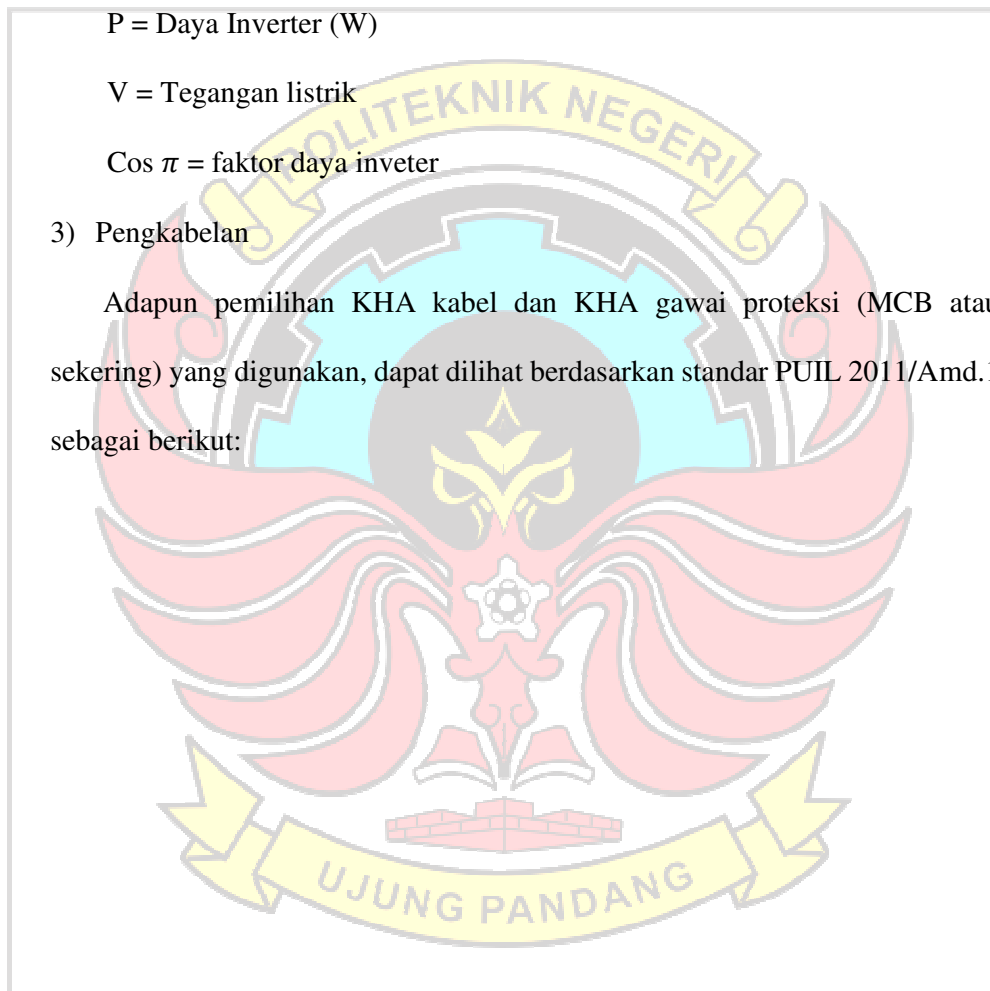
P = Daya Inverter (W)

V = Tegangan listrik

Cos  $\pi$  = faktor daya inveter

3) Pengkabelan

Adapun pemilihan KHA kabel dan KHA gawai proteksi (MCB atau sekering) yang digunakan, dapat dilihat berdasarkan standar PUIL 2011/Amd.1 sebagai berikut:



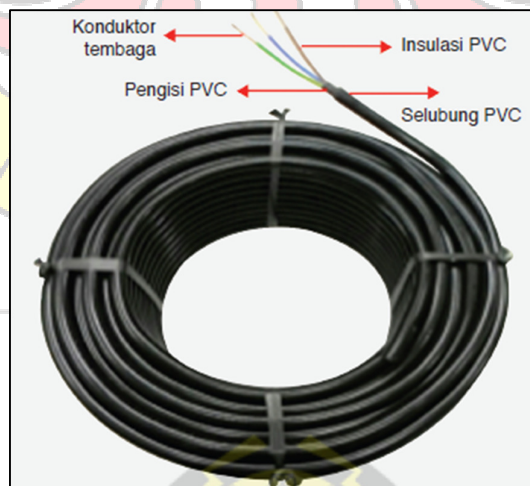


a. Kabel NYY

Tabel 2.1 Besaran KHA kabel NYY berdasarkan luas penampang kabel

Jenis Kabel	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	KHA Terus Menerus					
		Inti tunggal		2-inti		3-inti dan 4-inti	
		Tanah	Udara	Tanah	Udara	Tanah	Udara
	1.5	40	26	31	20	26	18,5
	2.5	54	35	41	27	27	25
	4	70	46	54	37	44	34
	6	90	58	68	48	56	43
NYY	10	122	79	92	66	76	60
NYBY	16	160	105	121	89	98	80
NYFGbY							
NYRGbY	25	206	140	153	118	128	106
NYCY	35	249	174	187	145	157	131
NYCWX	50	296	212	222	176	185	159
NYSY							
NYCEY	70	365	269	272	224	228	202
NYSEY	95	438	331	328	271	275	244
NYHSY	120	499	386	375	314	313	282
NYKY							
NYKBY	150	561	442	419	361	353	324
NYKFGbY	185	637	511	475	412	399	371
NYKHGbY	240	743	612	550	484	464	436
	300	834	707	525	590	524	481
	400	986	859	605	710	600	560
	500	1125	1000	-	-	-	-

(Sumber: PUIL 2011/Amd. 1)



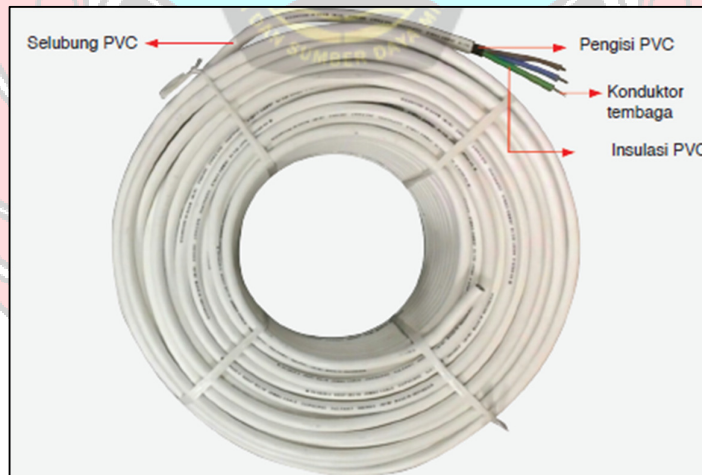
Gambar 2.11 Kabel NYY  
(Sumber: PUIL 2011/Amd. 1)

b. Kabel NYA



Gambar 2.12 Kabel NYA  
(Sumber: PUIL 2011/Amd. 1)

c. Kabel NYM



Gambar 2.13 Kabel NYM  
(Sumber: PUIL 2011/Amd. 1)

Untuk menentukan nilai KHA dari kabel, dapat dihitung sebagai berikut:

$$KHA = I \times \text{faktor koreksi (125\%)} \dots\dots\dots(2-9)$$

## 2.4 Metode Pemasangan Modul PV

Pemasangan panel surya perlu diperhatikan dengan kondisi lahan yang digunakan, karena lahan yang digunakan akan menentukan komponen terpasang dan teknis pemasangan panel surya. Adapun metode-metode yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut:

### 1) Rooftop Rack

*Rooftop Rack* merupakan metode pemasangan modul PV dengan memanfaatkan atap rumah ataupun bangunan yang memiliki kemiringan untuk diaplikasikan sebagai tempat pemasangan modul PV. Besi penyangga atau *roof rail* dipasang dengan menggunakan baut sebagai penguat dan sebagaiudukan modul PV. Pemasangan modul PV dengan metode *rooftop rack* menggunakan bangunan yang memiliki atap miring, sehingga modul panel ditempatkan sesuai dengan kemiringan pada atap bangunan tempat pemasangan. Gambar 2.14 di bawah ini menunjukkan metode pemasangan *rooftop rack* (Soedjarwanto, dkk, 2022).



Gambar 2.14 Model pemasangan *Rooftop Rack*  
(Sumber: *Builder Future Construction*. 2023)

## 2.5 Software PVsyst

PVsyst merupakan paket *software* yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), simulasi, dan analisis data sistem PLTS. PVsyst dapat mengimpor data meteo dari berbagai sumber dan data pribadi serta program desain dan simulasi fotovoltaik. PVsyst juga merupakan database ekstensif komponen PV, lokasi, situs meteorologi disertakan dalam aplikasi itu sendiri dan sebagai alat CAO 3D yang memungkinkan pengguna untuk menggambar geometri dari sistem secara lengkap.

PVsyst dikembangkan oleh Universitas Genewa yang terbagi ke dalam sistem terinterkoneksi jaringan (*grid-connected*), sistem berdiri sendiri (*stand-alone*), sistem pompa (*pumping*), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (DC-grid). PVsyst juga dilengkapi database dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen-komponen PLTS. Beberapa contoh sumber data meteorologi yang dapat digunakan PVsyst yaitu bersumber dari MeteoNorm V7.1 (interpolasi 1960-1990 atau 1981-2000) NASA-SSE (1983-2005), PVGIS (untuk Eropa dan Afrika), Satel-Light (untuk Eropa), TMY2/3 dan SolarAnywhere (untuk USA), EPW (untuk Kanada), RetScreen, Helioclim dan Solar GIS (berbayar) (Saputra, 2019).

Untuk dapat memprediksi dan menganalisis distribusi energi listrik dan spesifikasi komponen perancangan PLTS di PT. Sinopacific Peralatan Indonesia Makassar, digunakan fitur desain proyek (*project design*) pada PVsyst. Pada fitur ini simulasi akan dijalankan dengan cara membuat terlebih dahulu desain dari

sistem perencanaan rancangan PLTS. Berikut langkah pembuatan desain proyek menggunakan *software* PVsyst

1. Menetapkan proyek

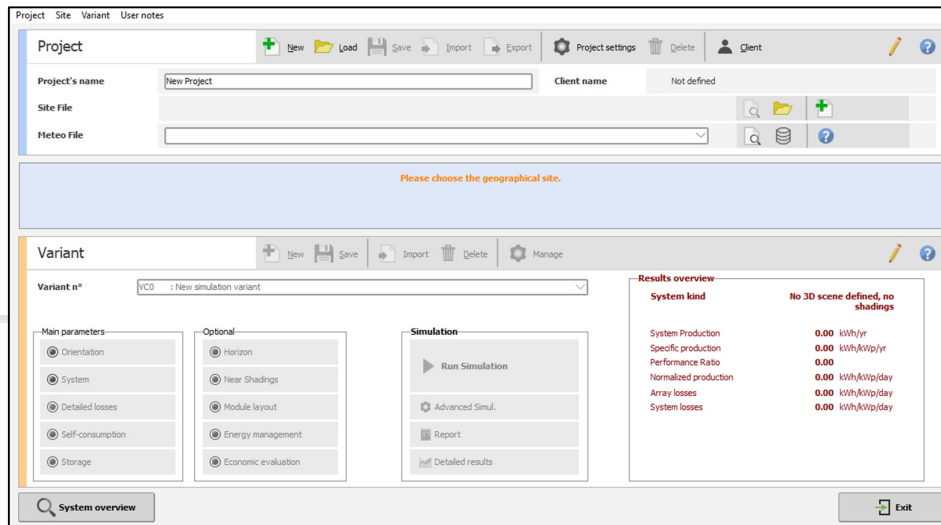
Dengan cara menentukan jenis proyek atau jenis PLTS. Dilanjutkan dengan membuat proyek baru dan mendefinisikan proyek seperti nama proyek, lokasi dan data meteorologi.

2. Menetapkan perbedaan sistem (*System variant*)

Dengan cara menentukan orientasi terlebih dahulu seperti jenis penyangga panel surya, kemiringan panel, dan azimuth, lalu menentukan sistem PLTS, dengan memilih jenis dan inverter dan modul surya. Selain itu terdapat parameter opsional, seperti pemilihan profil horizontal sesuai lokasi yang dapat ditambahkan dengan impor data dari *software* lain.

3. Menjalankan simulasi untuk mendapatkan hasil simulasi *Run software* PVsyst maka muncul tampilan awal dari *software*

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.



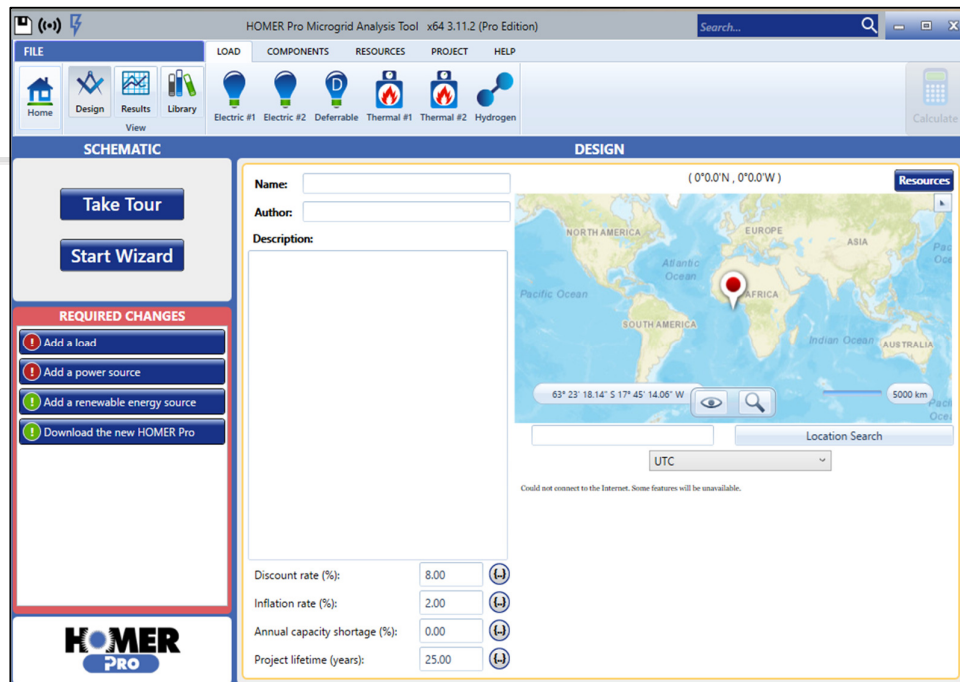
Gambar 2.15 Tampilan software PVsyst

## 2.6 HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*)

Homer atau *Hybrid Optimization Model for Energy Renewable* adalah sebuah aplikasi yang berfungsi untuk pengoptimalan sebuah sistem dari suatu pembangkit tenaga listrik yang terdiri dari kombinasi antara *photovoltaic*, *mikrohidro*, *battery* serta kombinasi lainnya yang berfungsi untuk melayani beban listrik maupun beban termal. HOMER sendiri sudah berkembang di USA dan bekerja sama dengan perusahaan lain yaitu *Mistaya Engineering* dan hak ciptanya dilindungi oleh *Midwest Research Institute* dan digunakan oleh departemen Energi Amerika Serikat dan dikembangkan oleh sebuah perusahaan *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL) (Prayogi, 2018).

Homer berfungsi juga untuk melakukan simulasi dalam menganalisis potensi energi surya, biaya pembangunan energi terbarukan dan melakukan optimalisasi. Proses simulasi Homer berguna mengetahui performansi dan karakteristik untuk

sistem pembangkit listrik. Proses optimalisasi berguna untuk konfigurasi dalam suatu pembangkit listrik yang layak dan bernilai ekonomis.



Gambar 2.16 Tampilan Menu Utama Software HOMER

Gambar 2.16 merupakan tampilan menu utama dari Homer yang terdiri dari *Home, Design, Result, Library*. Menu utama ini digunakan untuk menyimpan file yang telah dibuat, rancangan file dan juga untuk mencari suatu komponen secara mendetail. Pada menu komponen terdiri dari *Load, Component, Resource, Project* dan *Help*. Menu komponen mempunyai fungsi yang berbeda- beda yaitu (Prayogi, 2018):

- a. *Load* yang terdiri berbagai jenis beban dan memiliki fungsi sebagai pengaturan beban secara berkala.
- b. *Components* yang terdiri berbagai sumber pembangkit, *converter* dan juga dapat mengatur sumber pembangkit dengan menu custom.



- c. *Resource* yang terdiri sumber energi seperti sinar matahari, angin, air, biomassa dll.
- d. *Project* yang berfungsi mengatur rangkaian mulai dari arah mata angin suatu proyek rangkaian, berapa tahun pemakaian, pengaturan standarisasi harga listrik tiap daerah tempat proyek itu dijalankan.
- e. *Help* yang berfungsi untuk digunakan sebagai *problem solver* mulai dari simple sampai masalah-masalah yang kompleks seperti dasar-dasar *software, design*, komponen dll.

## 2.7 Detail Engineering Design (DED)

*Detail Engineering Design* (DED) atau biasa disebut bestek adalah Gambar perencanaan (lengkap dan detail) yang digunakan sebagai dokumen utama dari perencanaan proyek seperti gedung, kolam renang, jalan, jembatan, bendungan, dan pekerjaan konstruksi lainnya. Selain sebagai rencana Gambar kerja, DED juga bisa digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan perawatan dan perbaikan sebuah gedung atau bangunan (Pengadaan.web.id, 2016)

### 2. 7. 1 Fungsi Detail Engineering Design (DED)

Berdasarkan definisi di atas, dapat dikatakan bahwa fungsi dari *detail engineering design* (DED) adalah empat poin penting sebagai berikut:

- 1) Berfungsi untuk menentukan kuantitas / jumlah serta kualitas dari material yang dibutuhkan dalam proyek pembangunan yang dimaksud. Kualitas dan kuantitas inilah yang akan menjadi pedoman dalam pelaksanaan proyek.
- 2) Sebagai acuan untuk mewujudkan bentuk, letak, dan dimensi dari bangunan.



- 3) Untuk membantu menyusun Rencana Anggaran Biaya pembangunan proyek atau yang biasa disingkat dengan RAB.
- 4) Untuk memberikan Gambar an kepada kontraktor atau pemborong mengenai seperti apa jenis dan bentuk dari bangunan yang harus dibuat.

#### 2. 7. 2 Bagian-bagian *Detail Engineering Design* (DED)

- 1) Gambar Denah, yaitu Gambar yang memberikan Gambaran tentang bagaimana sebuah bangunan terlihat dari bagian atas disebut dengan Gambar denah. Pandangan dari atas ini adalah ketika bangunan sudah dipotong sekitar 1 meter di atas permukaan lantai.
- 2) Gambar Situasi, adalah Gambar posisi atau letak bangunan di daerah tertentu yang akan menjadi lokasi pembangunan. Pada Gambar situasi akan terlihat juga bagian pagar, halaman, jalan masuk, sempadan/setback, saluran pembuangan air, dan berbagai hal lain yang ada di sekitar bangunan. Gambar ini umumnya menggunakan skala 1:500 atau 1:200.
- 3) Gambar Potongan, adalah Gambar yang dibuat untuk memperlihatkan bentuk dan kondisi konstruksi dari suatu bangunan, sekaligus untuk memperjelas pondasi, ketinggian bubungan atap, lantai, posisi dan elevasi jendela serta pintu, ketinggian dari balok keliling, dan berbagai hal sejenis lainnya. Gambar potongan masih terbagi lagi menjadi dua bagian yakni potongan melintang dan memanjang, dengan skala yang umum digunakan adalah 1:100.
- 4) Gambar Rencana / Struktur Atap, adalah Gambar yang terdiri dari rangka beton, atap, dan bagian lain yang dekat dengan atap. Gambar ini dibuat untuk

memperjelas letak dan bentuk dari konstruksi atap yang sebelumnya sudah ada di Gambar potongan.

- 5) Gambar Detail, adalah Gambar ini berisi bagian penting lain dari sebuah konstruksi bangunan, misalnya bagian kuda-kuda, kusen, jendela, pintu, dan sebagainya yang memiliki sifat arsitektonis. Masing-masing bagian pada Gambar detail akan diberi ukuran dan nama. Untuk skala yang digunakan berkisar dari 1:5 - 1:20 atau bisa juga disesuaikan kebutuhan.
- 6) Gambar Tampak, Fungsi Gambar tampak adalah memberikan pandangan tentang bagaimana luas dan bentuk dari sebuah bangunan. Gambar ini dibuat dengan menerapkan sistem proyeksi ortogonal (satu bidang proyeksi akan memperlihatkan satu saja sisi dari bangunan). Satu Gambar tampak akan terdiri dari 4 bagian yaitu tampak kanan, kiri, muka/depan, dan belakang.

### 2.7.3 Syarat Membuat Detail Engineering Design (DED)

Selain harus memiliki beberapa bagian yang dibutuhkan, ada juga syarat yang harus dipenuhi dalam membuat *Detail Engineering Design*

- 1) Ada Gambar pra-rencana.
- 2) Spesifikasi teknik.
- 3) Kelengkapan Gambar (foto, maket, denah, detail, perspektif, dan penampakan).
- 4) Jika bangunan sangat besar maka harus ada juga denah kunci.
- 5) Ada block plan, site plan, dan Gambar denah untuk setiap lantai pada bangunan tingkat.

## 2.8 Analisis Keekonomian

### 2.8.1 Aspek Biaya

#### 1) Biaya Investasi PLTS

Biaya investasi awal PLTS mencakup biaya-biaya seperti: biaya umum, biaya pekerjaan mekanikal dan elektrikal dan biaya pekerjaan sipil.

#### 2) Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Adapun besar biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut (Suhendar, 2022).

$$M = 1\% \times \text{Total biaya investasi [Rp]} \dots \dots \dots (2-10)$$

#### 3) Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*).

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Pada sistem PLTS, biaya siklus hidup (LCC) ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal (C), biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) serta biaya penggantian selama umur proyek (RPW).

Biaya siklus hidup (LCC) diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut (Wijaya dkk, 2019).

$$LCC = C + M_{PW} + RPW \dots \dots \dots (2-11)$$

Dimana:

LCC = Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*).

C = *Capital cost* (Biaya investasi awal)

$M_{PW}$  = *Maintenance/ Operating Cost* (total biaya pemeliharaan dan maintenance selama umur proyek)

$R_{PW}$  = *Replacement Cost* (total biaya penggantian yang dikeluarkan selama umur proyek.).

Adapun nilai biaya pemeliharaan dan maintenance selama umur proyek) dengan jumlah pengeluaran yang tetap, dihitung dengan rumus sebagai berikut (Wijaya dkk, 2019).

$$M_{PW} = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(2-12)$$

Dimana:

$M_{PW}$  = *Maintenance/ Operating Cost* (total biaya pemeliharaan dan maintenance selama umur proyek)

A = Biaya tahunan

i = Tingkat diskonto

n = Umur proyek

Besarnya tingkat diskonto (i) yang dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini adalah sebesar 9.27%. Penentuan tingkat diskonto ini mengacu kepada tingkat suku bunga kredit bank persero (investasi) per april tahun 2023 (BPS, 2023).

#### 4) Faktor Diskonto

Faktor diskonto (*Discount factor*) adalah faktor yang digunakan untuk nilai penerimaan-penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang. Sedangkan tingkat diskonto yang digunakan untuk penerimaan-penerimaan tersebut dapat berupa tingkat suku bunga pasar (tingkat suku bunga bank). Adapun persamaan faktor diskonto adalah sebagai berikut (Suhendar, 2022).

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots(2-13)$$

Dimana:

DF = Faktor Diskonto

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

### 2.8.2 Biaya Energi (Cost of Energy)

Perhitungan biaya energi suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC) dan faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan PLTS.

Faktor pemulihan modal digunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian biaya tahunan. Faktor pemulihan modal diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut (Suhendar, 2022).

$$CRF = \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \dots\dots\dots(2-14)$$

Dimana:

CRF = *Capital Recovery Factor* (Faktor pemulihan modal)

i = Tingkat diskonto

n = Periode tahun investasi

Menurut Suhendar (2022:46), Perhitungan biaya energi PLTS dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWH} \dots\dots\dots(2-15)$$

Dimana:

COE = *Cost of Energy* / Biaya Energi (Rp/kWh)

LCC = Biaya siklus hidup (*Life Cycle Cost*).

CRF = Faktor Pemulihan Modal, berdasarkan pada discount rate (i).

AKWH = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

### 2.8.3 Analisis Kelayakan Investasi PLTS

Kelayakan investasi PLTS ditentukan berdasarkan hasil perhitungan Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI) dan Payback Period (PP).

#### 1) Net Present Value (NPV)

Net Present Value (NPV) menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilai sekarang atas dasar faktor diskon (*discount factor*). Untuk menghitung Net Present Value (NPV) dipergunakan rumus sebagai berikut (Halim, 2009):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C \dots\dots\dots(2-16)$$

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

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

#### 2) Profitability Index (PI)

Profitability Index merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Teknik ini juga sering disebut dengan model rasio manfaat biaya (*benefit cost ratio*). Teknik Profitability Index dihitung

dengan rumus sebagai berikut (Halim, 2009):

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^{-t}}{C} \dots\dots\dots(2-17)$$

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

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

a. *Discounted Payback Period (DPP)*

*Payback Period* adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Teknik DPP dirumuskan sebagai berikut (Halim, 2009):

*Payback Period* adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Teknik DPP dirumuskan sebagai berikut:

$$DPP = \text{Year before recovery} + \frac{\text{Investment Cost}}{NPV \text{ kumulatif}} \dots\dots\dots(2-18)$$

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

- a. Investasi dinilai layak, jika DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek (*periode cutoff*).
- b. Investasi dinilai tidak layak, jika DPP memiliki periode waktu lebih panjang dari umur proyek (*periode cutoff*).

Dimana:

$NCF_t$  = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sd ke-n.

$I$  = Investasi awal (*Initial Investment*).

$i$  = *Discount factor*

$n$  = Periode dalam tahun (umur investasi).

*Year before recovery* = Jumlah tahun sebelum tahun pengembalian final

*Investment Cost* = Biaya investasi awal.

NPV Kumulatif = Jumlah kas bersih nilai

b. *Internal Rate of Return (IRR)*

*Internal Rate of Return (IRR)* adalah salah satu metode mencari suku bunga disaat  $NPV = 0$ . Pada metode IRR ini, berkaitan dengan tingkat kemampuan *cash-flow* dalam mengembalikan modal investasi yang dijelaskan dalam bentuk persen (%) periode waktu dan seberapa besar pula kewajiban yang harus dipenuhi (Abuk dan Rumbino, 2020).

Teknik *Internal Rate of Return* dapat dihitung sebagai berikut.

$$IRR = ir + \left( \frac{NPVr}{NPVr - NPVt} \right) (it - ir) \dots \dots \dots (2-19)$$

Dimana:

IRR = Internal Rate of Return

NPVr = Net Present Value dengan suku bunga rendah (Rp)

NPVt = Net Present Value dengan suku bunga tinggi (Rp)

it = Suku bunga tinggi (%)

ir = Suku bunga rendah (%)

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut (Nugroho, 2016).

a. Jika IRR lebih tinggi dari suku bunga ( $IRR > \text{Suku bunga}$ ) maka proyek layak diterima.

b. Jika IRR lebih rendah dari suku bunga ( $IRR < \text{Suku bunga}$ ) maka proyek tidak layak diterima.



### BAB III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar, di Jl. Ir. Sutami, Bira, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan yang terletak pada Koordinat titik  $-5^{\circ}08'78''S$ ,  $119^{\circ}48'36''E$ , Adapun penelitian ini juga dilaksanakan dari bulan Maret hingga bulan Agustus tahun 2023.

Tabel 3. 1 *Time Schedule*

Jenis Kegiatan	Waktu Pelaksanaan																							
	Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Penyusunan Proposal	█	█	█	█																				
Seminar Proposal Skripsi							█																	
Persiapan Instrument								█																
Pengambilan Data											█													
Pengolahan Data												█												
Penyusunan Skripsi													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Asistensi Skripsi													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Seminar Hasil																								█

#### 3.2 Alat dan Bahan

- 1) Perangkat Keras (*Hardware*)
  - a. Solar Power Meter
  - b. Laptop
- 2) Perangkat Lunak (*Software*)
  - a. *Google Earth*
  - b. *Global Solar Atlas*
  - c. *PVSyst 7.3*
  - d. *HOMER Pro*

### 3.3 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode yang berisi tentang pengolahan data berupa angka. Dimana pada penyusunan penelitian ini akan mengumpulkan data primer kemudian dilakukan perencanaan PLTS menggunakan perangkat lunak PVsyst 7.3, Autocad dan HOMER Pro.

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 1) Metode Wawancara

Pada penelitian ini wawancara dilakukan langsung pada lokasi Kantor sehubungan dengan masalah yang akan diteliti untuk mendapatkan data yang relevan seperti data penggunaan listrik. Selain itu wawancara dengan pembimbing skripsi dan para ahli lainnya dalam penyusunan penelitian ini.

#### 2) Metode Observasi

Dalam penelitian ini observasi dilakukan dengan pengamatan langsung pada lokasi yaitu pengamatan terhadap data untuk mengetahui data Iradiasi Matahari dengan menggunakan alat ukur solar power energy, serta melakukan pengamatan terhadap data yang didapatkan dari database pada *software* seperti titik koordinat objek yang akan dilakukan penelitian.

### 3.5 Teknik Analisis Data

Adapun teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu analisis teknis dan analisis ekonomi.

#### 1) Analisis Teknis

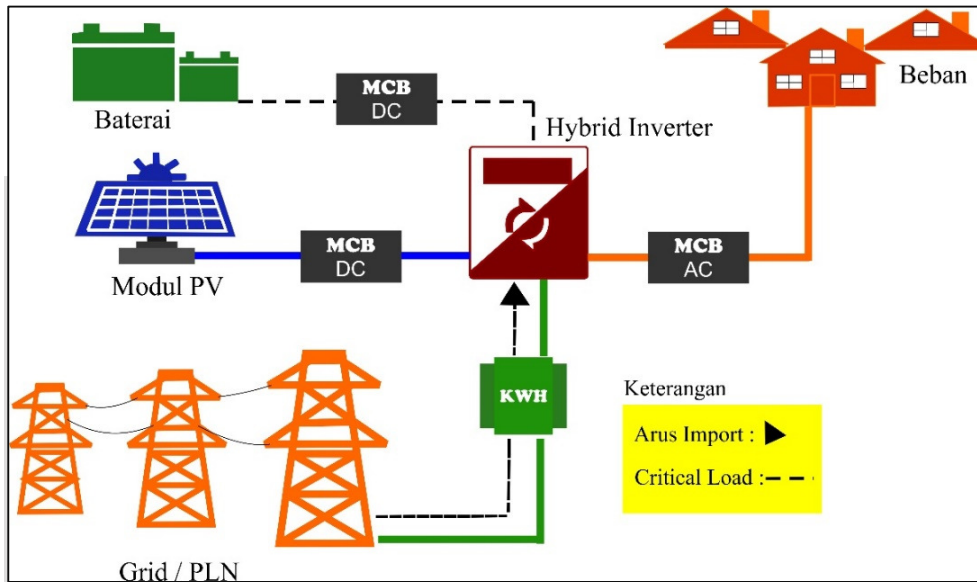
Analisis Teknis dilakukan setelah melakukan rancangan PLTS dengan sistem *Hybrid*, berdasarkan hasil rancangan yang diperoleh maka dilakukan analisis secara teknis yaitu berdasarkan energi listrik yang dihasilkan. Analisis teknis ini didapatkan dari hasil simulasi yang diperoleh dari PVSyst.

#### 2) Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi mencakup biaya modal untuk memasang sistem PLTS, berdasarkan harga komponen yang beredar di pasaran. selanjutnya menghitung biaya Kembali modal berdasarkan Kelayakan Ekonomi PLTS yang ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Discounted Payback Period (DPP)*, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan *Profitability Index (PI)*.

### 3.6 Prosedur Penelitian

#### 1) Diagram Blok

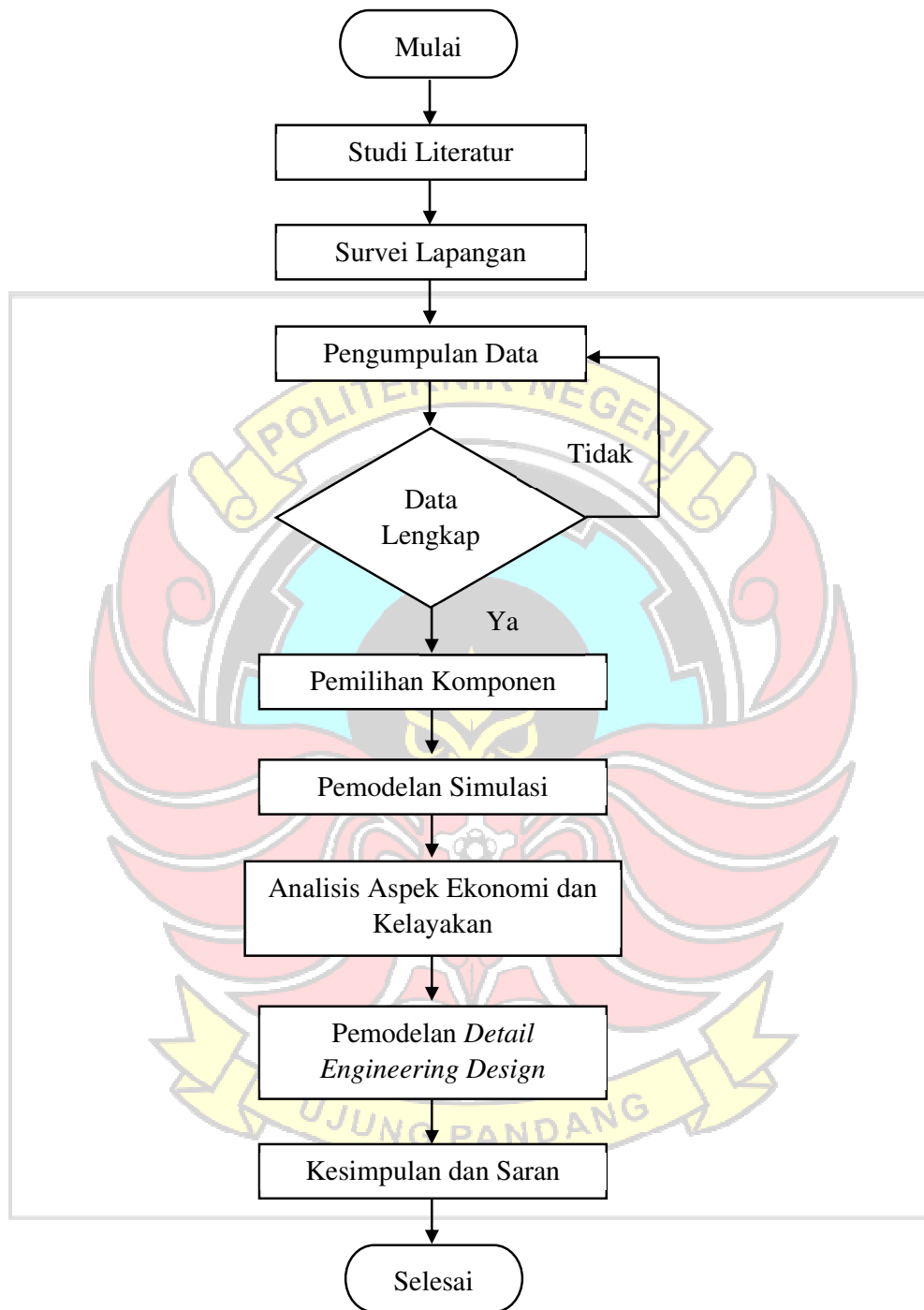


Gambar 3.1 Diagram Blok  
(Sumber: Powersurya.co.id, 2020)

Diagram blok ini bertujuan untuk menjadi acuan perencanaan perangkat. Pada perencanaan alat ini penulis merancang sistem dalam blok-blok sebagai gambaran untuk memudahkan penulis dalam merangkainya menjadi sebuah rangkaian terpadu. Adapun diagram blok penelitian ini seperti pada Gambar 3.1.

#### 2) Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

Diagram alir bertujuan agar memperjelas serta mempermudah langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Adapun diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



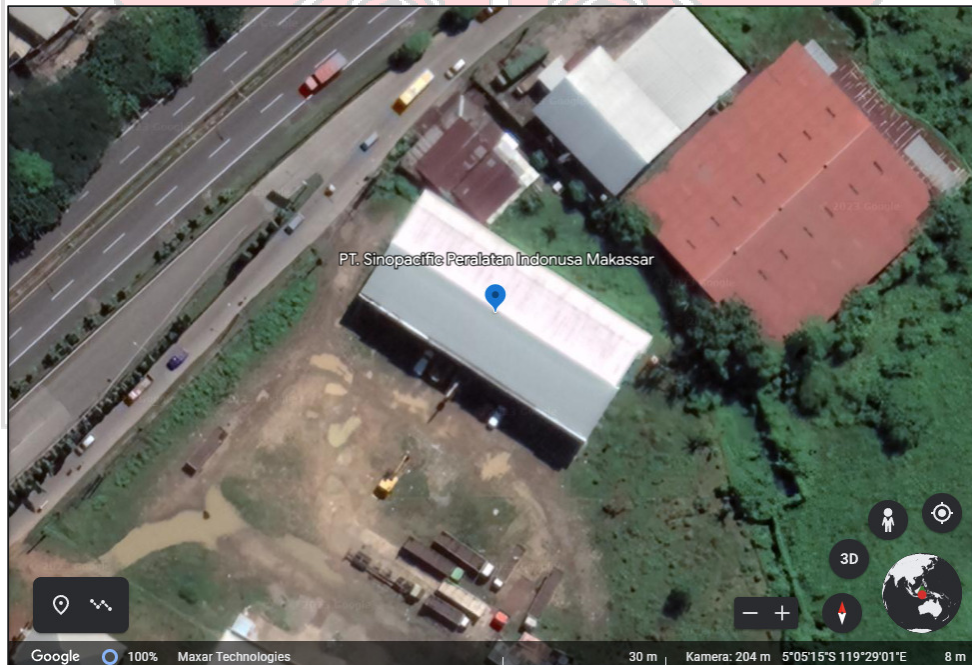
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam bab ini dibagi menjadi beberapa sub-bab mulai dari perhitungan daya hingga penentuan kelayakan sistem PLTS. Adapun pembahasan tersebut dijelaskan dalam sub bab sebagai berikut:

### 4.1 Profil PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar

Lokasi penelitian terletak pada Koordinat titik  $-5.08756^{\circ}$ ,  $119.48365^{\circ}$ , Jl. Ir. Sutami, Bira, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Gambar 4.1 akan memperlihatkan tampak atas PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yang didapatkan melalui bantuan *Google Earth* yang merupakan sebuah *software* berupa *globe virtual* yang berisi pemetaan bumi berdasarkan Gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan *globe GIS*.



Gambar 4.1 Lokasi PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar



Gambar 4.2 Bangunan PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar

#### 4.1.1 Parameter Data Perencanaan

##### 1) Data Beban Listrik Harian

Kebutuhan energi listrik PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar merupakan kebutuhan primer yang harus dipenuhi, berikut data beban listrik harian pada saat ini yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Beban Listrik Harian

No	Jenis Beban	Jumlah	Daya (Watt)	Daya Total (Watt)	Waktu Pemakaian/Hari (h)		Kebutuhan Energi (Wh)		Total Energi (Wh)
					Siang	Malam	Siang	Malam	
1	Lampu	16	15	240	10	2	2400	480	2880
2	AC 1 PK	4	495	1980	9	0	17820	0	17820
3	Wifi	2	18	36	12	12	432	432	864
4	Charger Laptop	5	65	325	3	0	975	0	975
5	Dispenser	1	190	190	12	12	2280	2280	4560
6	Kompresor	1	1500	1500	1	0	1500	0	1500
7	Mesin Las	1	900	900	2	0	1800	0	1800
<b>Total</b>			<b>3183</b>	<b>5171</b>	<b>49</b>	<b>26</b>	<b>27207</b>	<b>3192</b>	<b>30399</b>

Berdasarkan perhitungan estimasi daya listrik didapatkan konsumsi listrik harian pada gedung PT. Sinopacific sebesar 30399 Wh. Konsumsi



listrik terbesar terdapat pada penggunaan AC yakni sebesar 17820 Wh, sedangkan konsumsi daya terendah didapatkan penggunaan pada Wifi dengan konsumsi listrik sebesar 864 Wh.

2) Data Indeks Penyinaran Matahari

Berikut data penyinaran di PT. Sinopacific Peralatan Indonesia

Makassar dalam beberapa hari, pada kondisi terik.

Tabel 4.2 Data Iradiasi Matahari

DATA IRADIASI MATAHARI					
Tanggal 06 Juni 2023			Tanggal 07 Juni 2023		
Waktu	Temperatur (°C)	Iradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Waktu	Temperatur (°C)	Iradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )
08:30:00	27	670	08:30:00	27	739
09:00:00	27	740	09:00:00	29	980
09:30:00	27	990	09:30:00	30	1,000
10:00:00	27	1,082	10:00:00	30	972
10:30:00	28	1,091	10:30:00	30	986
11:00:00	29	1,080	11:00:00	30	980
11:30:00	31	1,070	11:30:00	32	758
12:00:00	31	1,105	12:00:00	33	1,052
12:30:00	31	1,120	12:30:00	33	916
13:00:00	32	1,175	13:00:00	32	1,020
13:30:00	32	1,190	13:30:00	33	940
14:00:00	31	1,140	14:00:00	33	1,025
14:30:00	31	1,090	14:30:00	33	1,017
15:00:00	30	1,091	15:00:00	33	1,051
15:30:00	30	999	15:30:00	32	1,041
16:00:00	28	999	16:00:00	30	998
	<b>30</b>	<b>1,040</b>		<b>31</b>	<b>967</b>
<b>Total rata-rata</b>					<b>1,003</b>

Berdasarkan Tabel 4.2 yang merupakan hasil pengukuran langsung dilapangan dapat diketahui bahwa nilai rata-rata radiasi matahari pada hari pertama adalah 1.040 W/m<sup>2</sup> sedangkan pada hari kedua nilai rata-rata radiasi



matahari adalah  $967 \text{ W/m}^2$  sehingga total rata rata radiasi matahari selama dua hari sebesar  $1.003 \text{ W/m}^2$ .

## 4.2 Analisis Perhitungan PLTS

Analisis manual dilakukan untuk dapat membandingkan hasil dari *software* PVsyst dan perhitungan manual.

### 1) Data beban dan jam operasi

Untuk menghitung energi beban yang digunakan, dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-1) berikut.

Energi beban = jumlah (daya x lama pemakaian)

- Energi beban 1 (lampu) =  $16 \times 15 \text{ W} \times 12 \text{ jam}$   
= 2880 Wh

- Energi beban 2 (AC  $\frac{1}{2}$  PK) =  $4 \times 495 \text{ W} \times 9 \text{ jam}$   
= 17820 Wh

- Energi beban 3 (Wifi) =  $2 \times 18 \text{ W} \times 24 \text{ jam}$   
= 864 Wh

- Energi beban 4 (Charger laptop) =  $5 \times 65 \text{ W} \times 3 \text{ jam}$   
= 975 Wh

- Energi beban 5 (Dispenser) =  $1 \times 190 \text{ W} \times 24 \text{ jam}$   
= 4560 Wh

- Energi beban 6 (Kompresor) =  $1 \times 1500 \text{ W} \times 1 \text{ jam}$   
= 1500 Wh

- Energi beban 7 (Mesin las) =  $1 \times 900 \text{ W} \times 2 \text{ jam}$

$$= 1800 \text{ Wh}$$

Sehingga

$$\Sigma \text{ Energi beban} = \text{Energi beban 1} + \text{Energi beban 2} + \text{Energi beban 3} + \text{Energi beban 4} + \text{Energi beban 5} + \text{Energi beban 6} + \text{Energi beban 7}$$

$$= 2880 \text{ Wh} + 17820 \text{ Wh} + 864 \text{ Wh} + 975 \text{ Wh} + 4560 \text{ Wh} + 1500 \text{ Wh} + 1800 \text{ Wh}$$

$$= 30399 \text{ Wh}$$

2) Jumlah panel yang dibutuhkan

Kebutuhan jumlah panel yang digunakan dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-2) berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{\text{Energi total beban harian}}{\text{Maksimalkan peak per hari} \times \text{Kapasitas panel}} \\ &= \frac{30399 \text{ Wh}}{5 \times 410 \text{ Wp}} \\ &= 14.829 \text{ Unit} \\ &= 15 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Sehingga jumlah panel surya yang akan digunakan dan cocok untuk beban gedung PT. Sinopacific yakni 15 Unit dengan panel 410 W<sub>peak</sub> dengan tipe *polychristalline* dengan spesifikasi nilai V<sub>mp</sub> = 39.1 V<sub>mp</sub> dan I<sub>mp</sub> = 10.49, panel surya tersebut akan disusun menjadi rangkaian panel surya dengan tegangan

sistem 36 V maka panel yang terpasang 8 seri dengan 2 string.

Sehingga rangkaian panel tersebut menghasilkan tegangan sebesar:

$$\begin{aligned} V_{\text{mp array}} &= V_{\text{mp}} \times 8 \\ &= 39.1 \text{ V} \times 8 \end{aligned}$$

$$= 312.8 \text{ V}$$

Dan menghasilkan arus sebesar:

$$\begin{aligned} I_{mp \text{ array}} &= I_{mp} \times 2 \\ &= 10.49 \text{ A} \times 2 \\ &= 20,98 \text{ A} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh daya sebesar:

$$\begin{aligned} P_{mpp} &= V_{mp} \times I_{mp} \\ &= 312,8 \text{ V} \times 20,98 \text{ A} \\ &= 6.563 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### 3) Menghitung Kebutuhan Inverter

Ukuran panel surya adalah faktor paling penting dalam menentukan ukuran yang sesuai untuk inverter. Karena Inverter mengubah listrik DC menjadi AC dan mengirimkannya ke beban atau mengirim energi yang tidak terpakai oleh beban ke baterai untuk disimpan. Oleh karena itu, inverter perlu memiliki kapasitas untuk menangani semua daya yang dihasilkan oleh array, dengan kebutuhan daya sebesar 6080 W, maka kapasitas inverter yang digunakan adalah 6200 W dengan merek Powmr Hybrid Solar Inverter dengan nilai tegangan MPPT sebesar 90-450 VDC sesuai dengan besaran tegangan pada panel surya sebesar 312.8 V, dengan tegangan masukan inverter yang

digunakan sebesar 48 Volt DC dan tegangan output inverter sebesar 220 Volt AC sesuai dengan tegangan listrik PLN. Adapun kebutuhan daya dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-3) berikut.

$$\text{Kebutuhan daya} = \frac{\text{Jumlah Total Kebutuhan Energi (Wh)}}{\text{Jam Efektif Matahari (h)}} = \frac{30399 \text{ Wh}}{5}$$

Kebutuhan daya = 6080 W

#### 4) Menghitung Kebutuhan Baterai

Data yang diperlukan adalah jumlah hari otonomi, yang ditentukan berdasarkan kondisi awan di daerah setempat. Jika daerah tersebut sering tertutup awan (biasanya di daerah pegunungan atau musim penghujan), maka disarankan untuk menggunakan 3 hari otonomi dalam perhitungan. Dengan diketahui (Tech, 2018).

- Tegangan baterai, Vdc = 48 Volt
- DoD = 80%
- Estimasi waktu = 12 jam
- Kebutuhan energi malam hari = 2526 Wh (dapat dilihat pada tabel 4.1 Data Beban Listrik Harian)

Sehingga kapasitas baterai yang dibutuhkan dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-4) berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai (Ah)} &= \frac{\text{Total Beban Pemakaian Harian}}{\text{DoD} \times \text{Vdc}} \\ &= \frac{2526 \text{ Wh}}{80\% \times 48 \text{ V}} \\ &= 65.78 \text{ Ah} \end{aligned}$$

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% -30% dari kapasitas simpan baterai. Jika di-discharge melebihi kapasitas tersebut, maka umur baterai akan lebih singkat, sehingga perhitungan kapasitasnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai yang dibutuhkan} &= 65.78 + (30\% \times 65.78) \\ &= 85.5 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Sehingga dalam hal ini penulis menggunakan kapasitas baterai 100 Ah dengan tegangan kerja baterai 48 Volt

- Jumlah seri baterai =  $\frac{\text{Tegangan kerja sistem (Vdc)}}{\text{Tegangan kerja unit baterai (Vdc)}}$   

$$= \frac{48}{48}$$

$$= 1 \text{ Unit}$$
- Jumlah paralel baterai =  $\frac{\text{Kapasitas baterai yang akan digunakan (Ah)}}{\text{Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)}}$   

$$= \frac{100}{100}$$

$$= 1 \text{ Unit}$$

Maka jumlah baterai yang butuhkan dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-5) berikut.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} &= \text{Jumlah seri baterai} \times \text{Jumlah paralel} \\ \text{baterai} & \\ &= 1 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Sehingga untuk kapasitas baterai yang akan digunakan dan dibutuhkan yaitu 1 Unit baterai 100 Ah dalam melayani beban 2526 Wh pada malam hari.

## 5) Sistem Proteksi dan Pengkabelan

### a. Instalasi dari panel surya ke inverter

Berdasarkan rangkaian panel surya yang telah disusun dengan daya yang terbentuk sebesar 6563 watt dan panel yang disusun seri membentuk tegangan 312,8 Volt. Dengan menggunakan persamaan (2-7) untuk menentukan KHA dan luas penampang kabel, dapat dilihat sebagai berikut.

$$I_{\max} = I_{sc} \times \text{Jumlah String}$$

$$I_{\max} = 11,06 \text{ A} \times 2$$

$$I_{\max} = 22,12 \text{ A}$$

Sesuai dengan perhitungan diperoleh arus maksimal PV adalah 22,12 Ampere, sehingga nilai KHA kabel dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{KHA} = I_{\max} \times \text{faktor koreksi}$$

$$\text{KHA} = 22,12 \times 125\%$$

$$\text{KHA} = 27,65 \text{ A}$$

Dari persamaan diatas didapatkan bahwa nilai KHA harus lebih besar dari 27,65 A. merujuk pada tabel 2.2 Kabel NYY pedoman PUIL 2011, untuk KHA di atas 27,65 A yaitu KHA 37 A maka kabel DC yang digunakan ini yaitu kabel NYY dengan luas penampang sebesar 2,5 mm<sup>2</sup>. Dan Berdasarkan nilai arus maksimal sebesar 22,12 A maka ukuran MCB DC PV yang digunakan adalah sebesar 25 A.

Setelah penentuan MCB dan KHA kabel maka selanjutnya yaitu SPD (*Surge Protection Device*). Dalam project PLTS ini setiap PV menghasilkan output Voc sekitar 47,6 Volt. Dalam satu string terdapat 8 PV yang

dirangkai secara seri, sehingga rating SPD DC dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-6) berikut.

$$V_{oc \text{ Seri}} = V_{oc1} + V_{oc2} + V_{oc3} + \dots + V_{oc8}$$

$$V_{oc \text{ Seri}} = 380,8 \text{ Volt.}$$

Sehingga diperoleh,

$$V_{rating} = V_{oc} \times \text{Faktor Kali}$$

$$V_{rating} = 380,8 \times 1,2$$

$$V_{rating} = 456,96 \text{ V}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka nilai rating tegangan minimal SPD DC adalah 456,96 V, sehingga SPD DC yang dipilih adalah SPD DC 500VC.

b. Instalasi dari Inverter ke baterai

Berdasarkan rangkaian sistem PLTS yang di desain, inverter yang digunakan menggunakan daya sebesar 6200 watt dan arus yang dilewatkan sebesar 120 A. Untuk menentukan KHA dan luas penampang kabel, dapat dihitung sebagai berikut.

$$KHA = I_{imp} \times \text{faktor koreksi}$$

$$KHA = 120 \times 125\%$$

$$KHA = 150 \text{ A}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut nilai KHA sebesar 150 A, merujuk pada Tabel 2.2 Kabel NYY pedoman PUIL 2011 maka nilai KHA yang diperoleh sebesar 174 A dengan luas penampang kabel yang digunakan

berukuran 35 mm<sup>2</sup>. Dan berdasarkan nilai arus maksimal sebesar 120 A maka ukuran MCB DC yang digunakan sebesar 125A.

c. Instalasi dari Inverter ke beban

Berdasarkan rangkaian sistem PLTS yang didesain, inverter yang digunakan menggunakan daya sebesar 6200 watt dan tegangan sistem yang digunakan yaitu tegangan listrik 1 phase atau 220 Volt dan faktor daya inverter sebesar 0,99. Dengan menggunakan persamaan untuk menentukan KHA dan luas penampang kabel, dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{\max} &= \frac{P}{V \times \cos \pi} \\ I_{\max} &= \frac{6200}{220 \times 0.99} \\ I_{\max} &= 28,47 \text{ A} \end{aligned}$$

Sesuai dengan perhitungan diperoleh nilai arus maksimal adalah 26,09 Ampere, sehingga nilai KHA kabel dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{KHA} &= I_{\max} \times \text{faktor koreksi} \\ \text{KHA} &= 28,47 \times 125\% \\ \text{KHA} &= 35,58 \text{ A} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan KHA tersebut diperoleh nilai KHA sebesar 35,58 A, merujuk pada tabel 2.2 Kabel NYY pedoman PUIL 2011 maka nilai KHA yang diperoleh sebesar 46 A dengan luas penampang kabel yang digunakan berukuran 4 mm<sup>2</sup>. Dan nilai arus maksimal sebesar 28,47 A maka ukuran MCB 1 Phase yang digunakan sebesar 32A.

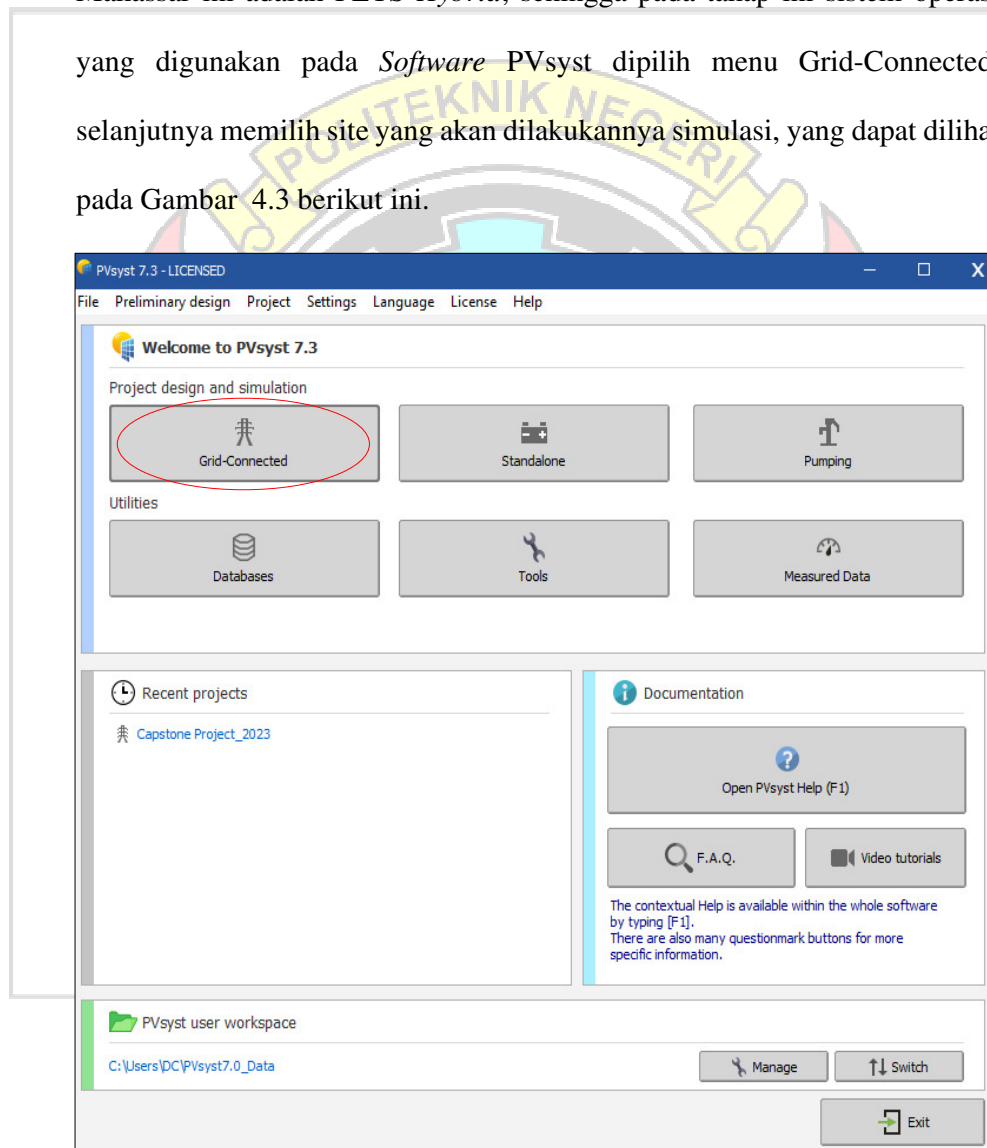


### 4.3 Analisis Perencanaan PLTS Menggunakan *Software* PVsyst

#### 4.3.1 Perencanaan PVsyst

##### 1) Menu Utama PVsyst

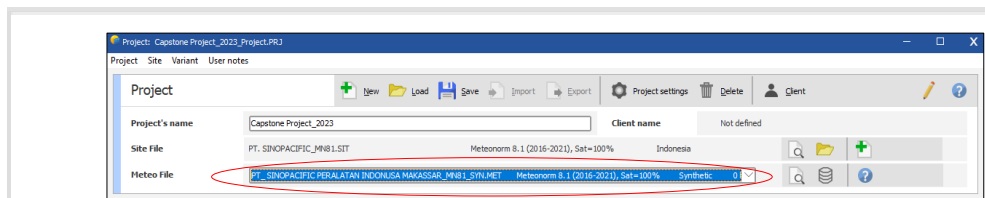
Perencanaan PLTS untuk gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar ini adalah PLTS *Hybrid*, sehingga pada tahap ini sistem operasi yang digunakan pada *Software* PVsyst dipilih menu Grid-Connected, selanjutnya memilih site yang akan dilakukannya simulasi, yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Tampilan Menu Awal PVsyst.

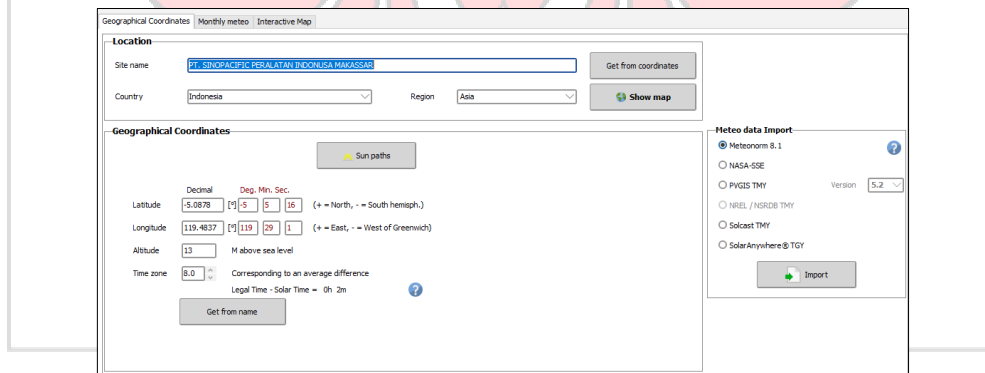
## 2) Menu Project

Pada menu project terlebih dahulu diberikan nama dari project yang akan di buat dan menyimpan file project tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tampilan Menu Project

Selanjutnya menentukan lokasi yang diinginkan lalu melakukan *import* data ke PVsyst. Kemudian menginput titik koordinat lokasi pada gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yang didapatkan dari *google maps* untuk di input pada menu *Geographical Coordinates* sehingga mendapatkan data radiasi matahari.



Gambar 4.5 Halaman *Geographical Coordinates*

Pada Gambar 4.5 merupakan penentuan lokasi dan titik koordinat dari PT. Sinopacific dengan *Latitude*  $-5.0878^{\circ}$ , *Longitude*  $119.4837^{\circ}$  dengan menggunakan data dari Meteonorm 8.1.

Setelah penentuan lokasi dan titik koordinat dari lokasi project maka secara otomatis software akan memberikan data iradiasi matahari dari lokasi tersebut. adapun data iradiasi matahari yang diperoleh dari data Meteororm 8.1 PVSyst seperti pada Tabel 4.3

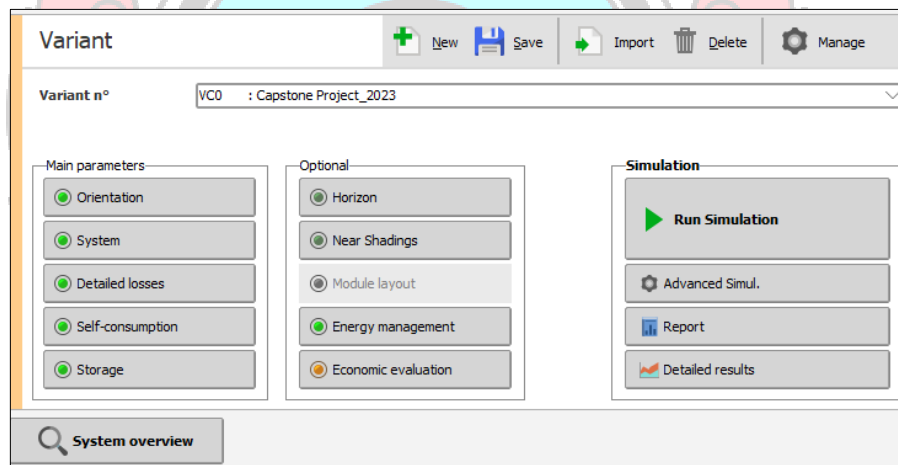
Tabel 4.3 Tampilan Menu Monthly Meteo Berupa Data Iradiasi Matahari

Bulan	<i>Global horizontal irradiation</i> (kWh/m <sup>2</sup> /day)	<i>Horizontal diffuse irradiation</i> (kWh/m <sup>2</sup> /day)	<i>Temperature</i> (°C)	<i>Wind velocity</i> (m/s)
Januari	4.57	2.35	26.4	1.00
Februari	4.85	2.71	26.3	0.98
Maret	5.75	2.72	26.4	1.00
April	5.91	2.33	26.6	0.99
Mei	5.97	2.26	26.6	1.00
Juni	5.67	1.96	26.1	1.19
Juli	5.95	1.91	25.7	1.50
Agustus	6.70	1.92	25.8	1.69
September	7.22	2.15	26.3	1.59
Oktober	7.05	2.41	26.7	1.19
November	6.09	2.64	26.7	1.31
Desember	4.75	2.67	26.5	1.30
Rata-rata	5.88	2.33	26.3	1.2

Pada Menu *Monthly Meteo* yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 merupakan tampilan data iradiasi matahari, *diffuse irradiation*, suhu, dan kecepatan angin yang ada pada PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar rata-rata relatif tinggi yaitu sebesar 5.88 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan suhu rata-rata sebesar 26.3°C. pada tampilan Menu *Monthly Meteo* ini dapat mengubah unit radiasi yang diinginkan mulai dari kWh/m<sup>2</sup>/hari dan kWh/m<sup>2</sup>/bulan.

### 3) Menu Variant

Pada menu variant ini bagian inti dari sebuah project perencanaan PLTS yang dilakukan. Dimana bagian *Main Parameters* digunakan untuk menentukan *Orientation, system, Detail Losses, Self-Consumption and Storage*. Pada bagian *optional* juga digunakan untuk menentukan *Horizon, Near shadings, Energi Management* dan *Economic Evaluation*. Kemudian pada bagian *Simulation* merupakan tahapan terakhir untuk menjalankan hasil simulasi dan mendapatkan hasil report dari simulasi yang dikerjakan, pada menu variant dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.

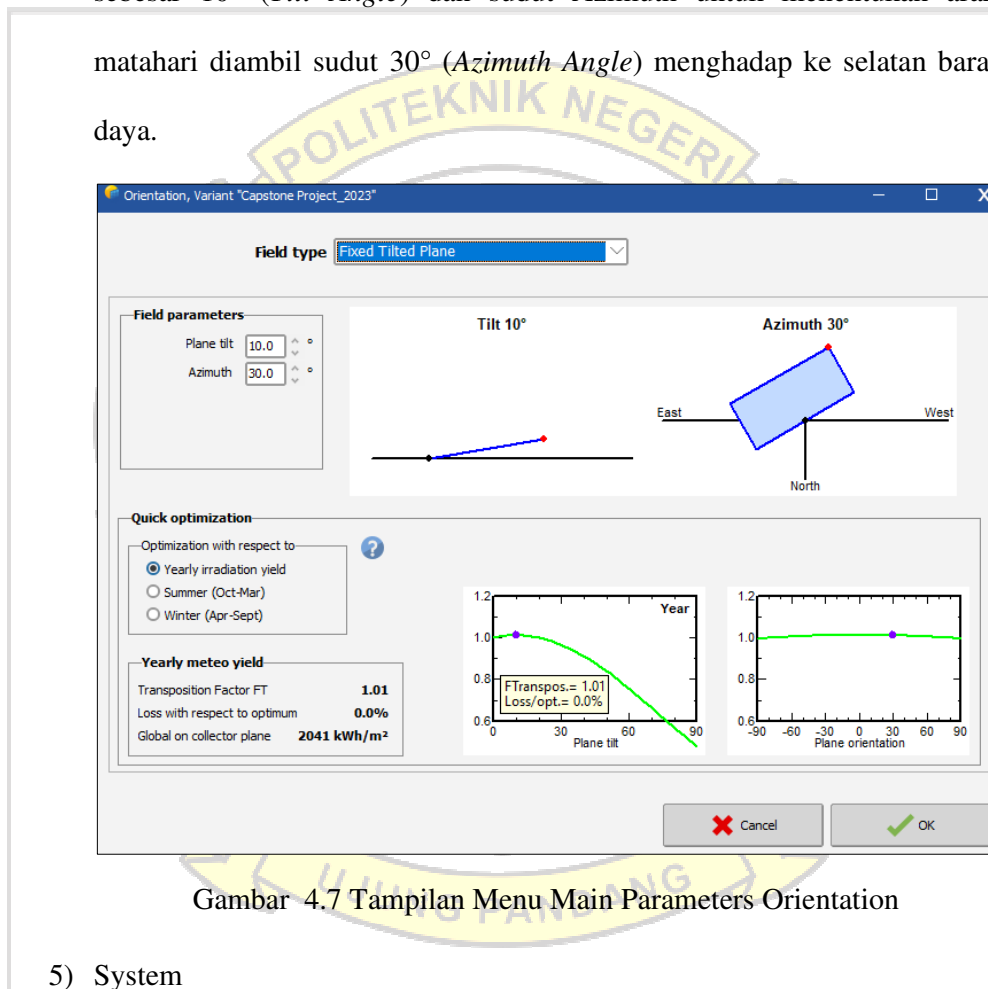


Gambar 4.6 Tampilan Menu Variant

### 4) Orientation

Pada Gambar 4.7 merupakan tampilan menu orientation yang digunakan untuk menentukan sudut kemiringan, yang didefinisikan sebagai sudut kemiringan di mana panel surya dipasang untuk menghadap matahari. Posisi matahari berubah setiap hari sehubungan dengan rotasi bumi, sehingga pemasangan sudut panel harus disesuaikan. Pada umumnya sudut

kemiringan panel surya diambil dengan posisi yang sama dengan garis lintang. Nilai optimal sudut kemiringan diperlukan untuk mendapatkan jumlah maksimum energi matahari ke panel. Dengan menggunakan PVsyst didapat sudut kemiringan yang optimal sesuai dengan garis lintang adalah sebesar  $10^\circ$  (*Tilt Angle*) dan sudut Azimuth untuk menentukan arah matahari diambil sudut  $30^\circ$  (*Azimuth Angle*) menghadap ke selatan barat daya.

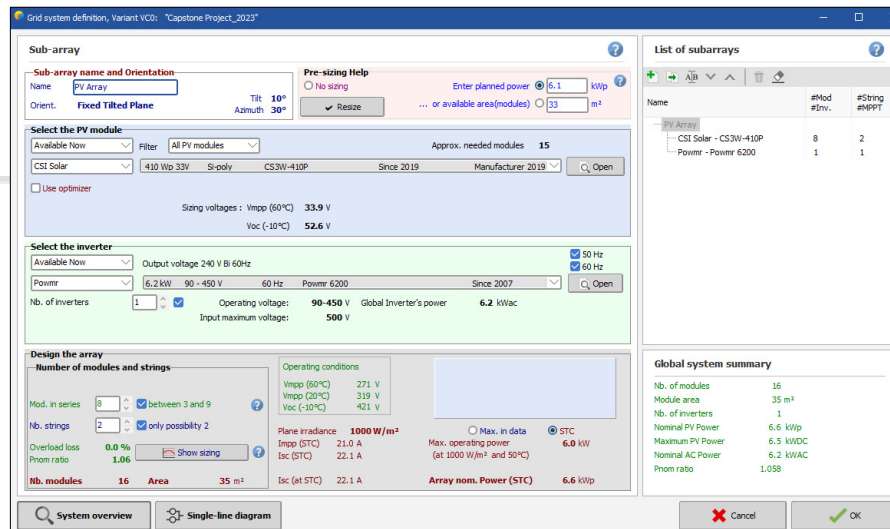


Gambar 4.7 Tampilan Menu Main Parameters Orientation

### 5) System

Menu Variant selanjutnya adalah sistem yang dapat dilihat pada Gambar 4.8, yang merupakan parameter untuk menentukan komponen-komponen dari original datasheet PVsyst yang digunakan pada project

PLTS dengan menentukan *Sub array* seperti *Sub array and orientation*, *Select the pv module*, *Select the inverter* dan *Design the array*.



Gambar 4.8 Menentukan PV Module dan Inverter

Berdasarkan Gambar 4.8 dilakukan penentuan panel surya pada Gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan usulan beban sebesar 30399 Wh/hari, dan 912.0 kWh/mth, dimana modul surya yang dibutuhkan adalah 16 modul dengan menggunakan modul surya *Polycrystalline* dengan merk Canadian Solar CS3W-410 Wp. Modul surya yang dihasilkan pada simulasi ini akan dipasang seri sebanyak 8 modul dan 2 strings, overload losses yang dihasilkan pada rancangan seri dan paralel modul adalah sebesar 0,0 %. Luas yang dibutuhkan untuk pemasangan modul adalah seluas 35 m<sup>2</sup>. Daya nominal panel surya pada saat panel dalam kondisi STC (*Standard Test Condition*) menghasilkan daya sebesar 6.56 kWp. Pada perencanaan ini akan membutuhkan Inverter sebanyak 1 unit dengan daya 6.200 W dengan merk Powmr 6200. Dengan nilai

tegangan operasi sebesar 90-450V dan tegangan input maksimal adalah 500V.

### 6) *Self-Consumption*

Pada bagian *Self-Consumption* ini merupakan bagian untuk memasukkan data beban listrik yang digunakan. Usulan beban untuk perencanaan PLTS pada Gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan mengusulkan berdasarkan daya listrik peralatan dengan berbagai jenis komponen listrik. Usulan ini dimasukkan pada menu *General features* dengan memilih *Household consumers* pada nilai *constant over the year* setelah itu melanjutkan pada pilihan *Household use* yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut:

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
16	Lampu	15 W/lamp	12.0 h/day	OK	2880 Wh
4	AC 1/2 PK	495 W/app	9.0 h/day	OK	17820 Wh
2	WIFI	18 W/app	24.0 h/day	OK	864 Wh
1	Dispenser	4.56 kWh/day	24.0	OK	4560 Wh
5	Charger Laptop	65.0 W aver.	3.0 h/day	OK	975 Wh
1	Kompresor	1500 W/app	1.0 h/day	OK	1500 Wh
1	Mesin Las	900 W/app	2.0 h/day	OK	1800 Wh
Stand-by consumers		0 W tot	24 h/day		0 Wh
<b>Total daily energy</b>					<b>30399 Wh/day</b>
<b>Monthly energy</b>					<b>912.0 kWh/mth</b>

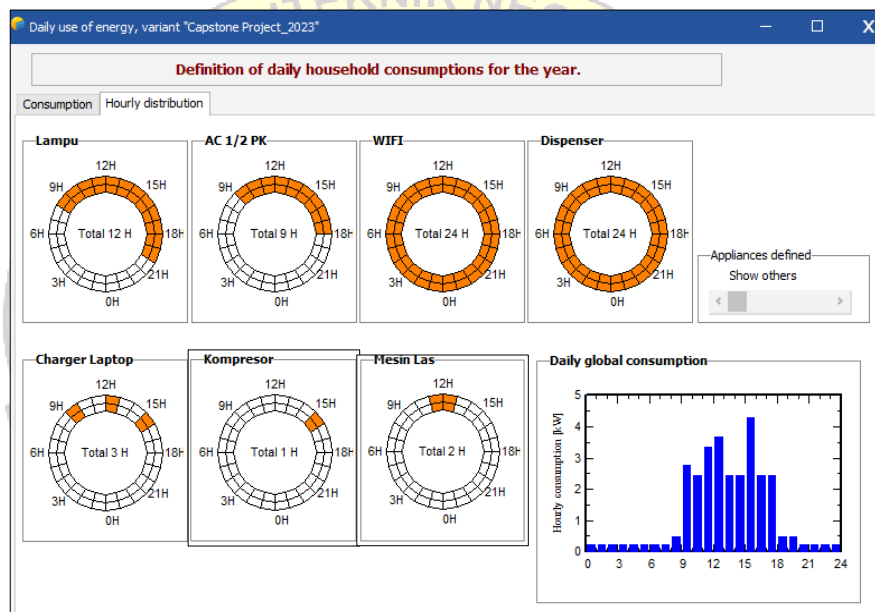
Consumption definition by:  
 Years  
 Seasons  
 Months

Week-end or Weekly use:  
 Use only during  
7 days in a week

Gambar 4.9 Data Beban

Sesuai dengan usulan beban yang dimasukkan pada menu *Consumption* pada Gambar 4.9 maka didapatkan total konsumsi energi pada Gedung PT. Sinopacific sebesar 30399 Wh/day atau 912.0 kWh/mth.

Konsumsi energi listrik yang terdapat di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar berlangsung selama 24 jam sehari. Adapun durasi penggunaan beban tersaji pada Gambar 4.10 sebagai berikut:

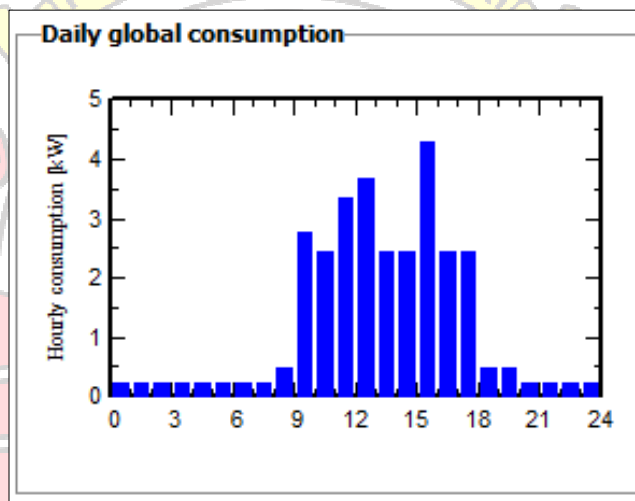


Gambar 4.10 *Hourly Distribution*

Pada Gambar 4.10 terdapat tujuh unit indikator beban yang menunjukkan penggunaan energi listrik yang digunakan di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar. Pada indikator pertama menunjukkan penggunaan beban lampu yang digunakan selama 12 jam/hari, selanjutnya pada indikator kedua menunjukkan penggunaan beban AC ½ PK selama 9 jam/hari, pada indicator ketiga menunjukkan penggunaan wifi selama 24 jam/hari, indikator keempat menunjukkan penggunaan dispenser selama 24



jam/hari, indikator kelima menunjukkan penggunaan charger laptop selama 3 jam/hari, indikator keenam menunjukkan penggunaan kompresor selama 1 jam/hari dan untuk indikator ketujuh menunjukkan penggunaan mesin las selama 2 jam/hari. Penggunaan listrik pada gedung tersebut terjadi hanya pada waktu-waktu tertentu saja dalam kurun waktu 24 jam. Berikut grafik jadwal konsumsi beban energi listrik yang terdapat di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar.

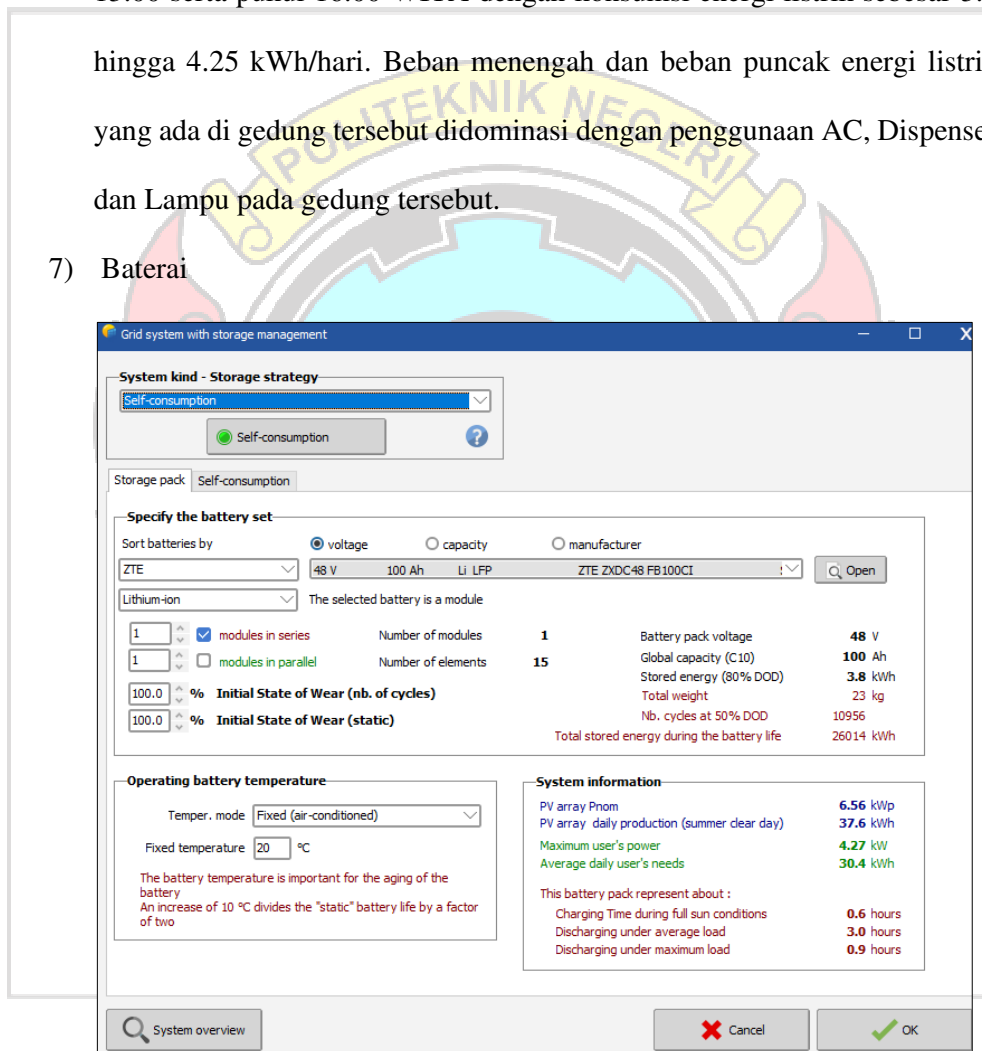


Gambar 4.11 Grafik Konsumsi Energi Listrik Harian

Berdasarkan Gambar 4.11 menunjukkan waktu yang digunakan untuk penggunaan energi listrik dengan grafik histogram. Dapat dilihat konsumsi energi listrik yang sedang berlangsung terjadi selama 24 jam. Dari grafik histogram yang dilihat terdapat perbedaan tinggi grafik yang menentukan kapan terjadinya penggunaan energi listrik saat beban listrik dasar, beban listrik menengah dan beban puncak. Untuk beban listrik dasar berlangsung mulai dari pukul 01.00 WITA sampai pukul 08.00 WITA dan pukul 21.00 hingga 24.00 WITA dengan konsumsi energi sebesar 0.25 kWh/hari,

selanjutnya untuk beban listrik menengah terjadi pada pukul 11.00, 14.00 sampai 15.00 dan pukul 17.00 hingga 18.00 WITA, dengan konsumsi energi listrik sebesar 2.48 kWh/hari, untuk beban puncak energi listrik yang ada di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar mulai pukul 10.00, 12.00 dan 13.00 serta pukul 16.00 WITA dengan konsumsi energi listrik sebesar 3.3 hingga 4.25 kWh/hari. Beban menengah dan beban puncak energi listrik yang ada di gedung tersebut didominasi dengan penggunaan AC, Dispenser dan Lampu pada gedung tersebut.

7) Baterai



Gambar 4.12 Adjustment Sistem Penyimpanan Energi Listrik

Perencanaan sistem PLTS menggunakan PVsyst 7.3 menggunakan jenis baterai Lithium-ion dengan merk “ZTE ZXDC48 FB101”. Pada 80%

sebesar 3.8 kWh dengan berat total bank baterai sebesar 42 kg. Total energi yang dapat disimpan oleh baterai ini adalah 26014 kWh.

Pada *System Information* yang tertera pada pojok kanan bawah menunjukkan bahwa Pnom larik fotovoltaik sebesar 6.56 kWp dan beban puncak konsumen sebesar 4.27 kW, maka untuk menampung daya sebesar itu diperlukan waktu selama 0.6 jam hingga baterai terisi penuh. Apabila *Discharging* baterai di bawah rata-rata maka baterai mampu melayani beban hingga 3.0 jam, dan mampu melayani beban puncak selama 0.9 jam.

#### 8) *Economic Evaluation*

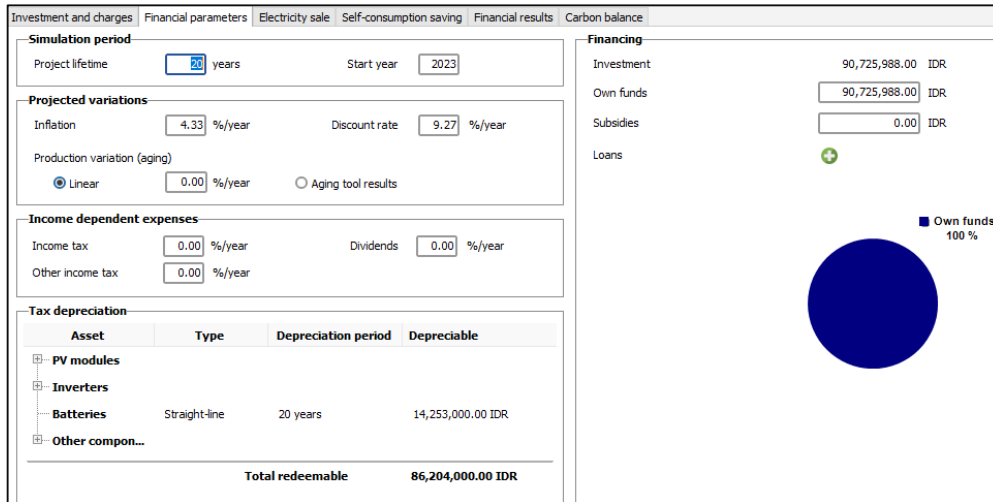
Description	Quantity	Unit price	Total	
<b>PV modules</b>			59,006,000.00	IDR
<b>Inverters</b>			12,529,000.00	IDR
<b>Batteries</b>	1.00	14,253,000.00	14,253,000.00	IDR
<b>Other components</b>			3,637,988.00	IDR
Accessories, fasteners	4.00	104,000.00	416,000.00	IDR
Wiring	42.00	76,714.00	3,221,988.00	IDR
Combiner box	1.00	0.00	0.00	IDR
Monitoring system, display ...	0.00	0.00	0.00	IDR
Measurement system, pyra...	0.00	0.00	0.00	IDR
Surge arrester	0.00	0.00	0.00	IDR
<b>Studies and analysis</b>			0.00	IDR
<b>Installation</b>			1 300 000.00	IDR
<b>Total installation cost</b>			<b>90,725,988.00</b>	<b>IDR</b>
Depreciable asset			86,204,000.00	IDR

Description	Yearly cost	
<b>Maintenance</b>	4,838,200.00	IDR
Land rent	0.00	IDR
<b>Insurance</b>	0.00	IDR
<b>Bank charges</b>	0.00	IDR
<b>Administrative, account...</b>	0.00	IDR
<b>Taxes</b>	0.00	IDR
<b>Subsidies</b>	-	0.00 IDR
<b>Operating costs (OPEX)</b>	<b>4,838,200.00</b>	<b>IDR/year</b>

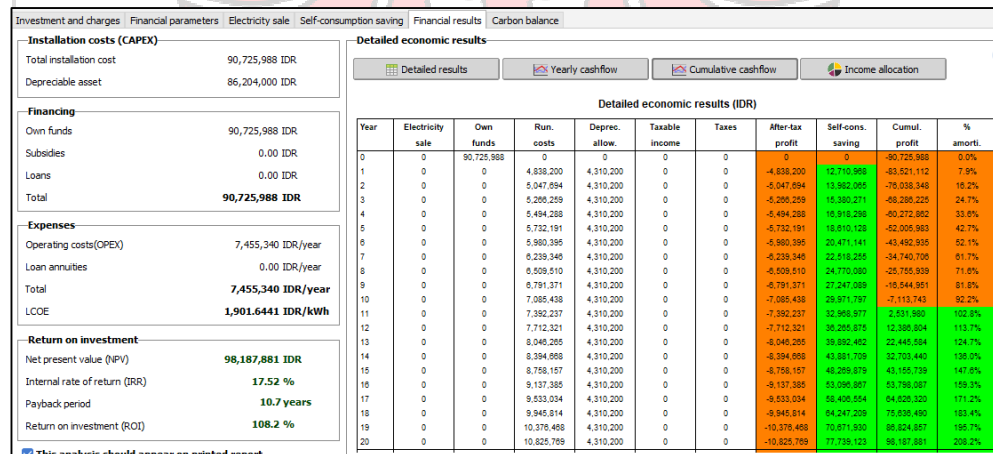
Gambar 4.13 Evaluasi Ekonomi

Pada menu evaluasi ekonomi yang ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut ini merupakan tampilan survey harga dari komponen-komponen yang akan digunakan kemudian di input ke PVsyst sesuai dengan jumlah kuantitas pada PLTS perencanaan ini, maka dalam hal ini diperoleh biaya instalasi sebesar Rp. 90.725.988 dengan biaya *maintenance* sebesar Rp. 4.838.200



Gambar 4.14 *Financial Parameters*

Pada Gambar 4.14 *financial parameters* merupakan tampilan menu yang menunjukkan Project lifetime yaitu 20 tahun yang dimulai dari tahun 2023. Dengan nilai inflasi 4.33% per tahun dan discount rate 9,27% per tahun. Adapun sumber dana yang diasumsikan dari dana sendiri (PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar) yaitu sebesar Rp. 90.725.988.



Gambar 4.15 *Financial Results*

Pada Gambar 4.15 menunjukkan nilai Net present value (NPV) yaitu Rp. 98.187.881, Internal rate of return (IRR) yaitu 17.52% dengan payback period 10.7 tahun dimana pengembalian investasi ini yaitu pada tahun 2034.

#### 4.3.2 Hasil Simulasi PVsyst

Berikut merupakan hasil dari simulasi PLTS pada PVsyst dengan parameter-parameter yang sudah dimasukkan. Hasil simulasi akan dijelaskan pada Gambar 4.16.

##### 1) Karakteristik PV Array

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	CSI Solar	Manufacturer	Powmr
Model	CS3W-410P	Model	Powmr 6200
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	410 Wp	Unit Nom. Power	6.20 kWac
Number of PV modules	16 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	6.56 kWp	Total power	6.2 kWac
Modules	2 Strings x 8 In series	Operating voltage	90-450 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Phom ratio (DC:AC)	1.06
Pmpp	5.95 kWp	<b>Total inverter power</b>	
U mpp	283 V	Total power	6.2 kWac
I mpp	21 A	Number of inverters	1 unit
<b>Total PV power</b>		Phom ratio	1.06
Nominal (STC)	7 kWp	<b>Battery Storage</b>	
Total	16 modules	<b>Battery</b>	
Module area	35.3 m <sup>2</sup>	Manufacturer	ZTE
Cell area	31.7 m <sup>2</sup>	Model	ZTE ZXDC48 FB100CI
<b>Battery Storage</b>		<b>Battery pack</b>	
<b>Battery</b>		Nb. of units	1 Unit
<b>Battery pack</b>		Discharging min. SOC	20.0 %
<b>Battery pack Characteristics</b>		Stored energy	3.7 kWh
Voltage	48 V	<b>Battery input charger</b>	
Nominal Capacity	100 Ah (C10)	Model	Generic
Temperature	Fixed 20 °C	Max. charg. power	3.0 kWdc
<b>Battery to Grid inverter</b>		Max./Euro effic.	97.0/95.0 %
Model	Generic	<b>Battery to Grid inverter</b>	
Max. disch. power	4.2 kWac	Model	Generic
Max./Euro effic.	97.0/95.0 %	Max. disch. power	4.2 kWac
		Max./Euro effic.	97.0/95.0 %

Gambar 4.16 Hasil Simulasi PVsyst

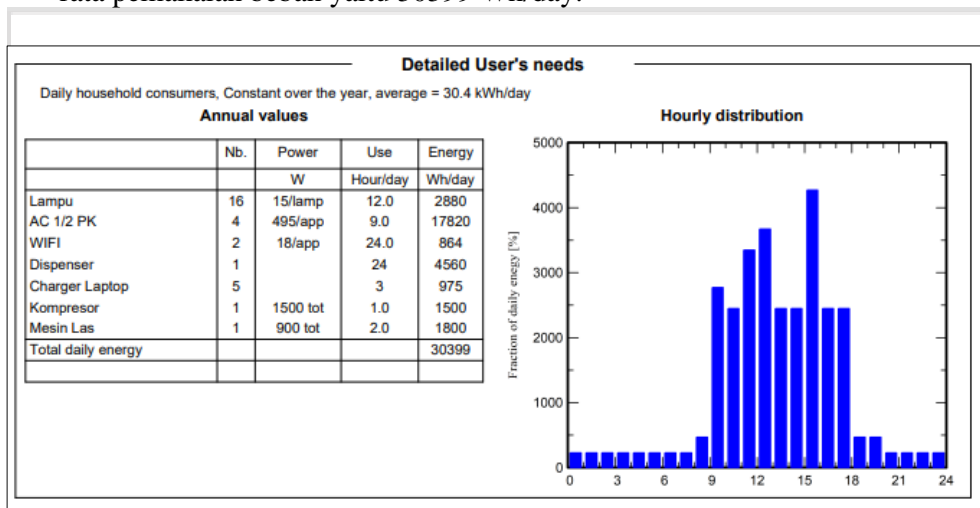
Gambar 4.16 merupakan laporan hasil simulasi pada perencanaan sesuai dengan usulan beban yang membutuhkan rata – rata energi sebesar 30399 Wh/hari, dimana modul panel yang digunakan yaitu jenis

*Polycrystalline* model CS3W-410P pabrikan Canadian Solar, dimana tiap unit panel yang digunakan memiliki nominal power 410 Wp dibutuhkan

16 modul, 8 modul terpasang seri dan 2 strings yang akan menghasilkan daya sebesar 6.56 kWp, tegangan array sebesar 283 V dan arus 21 A dengan menggunakan *Grid Connected System*. PLTS ini dapat memproduksi energi listrik sebesar 8547 kWh per tahun dan energi yang terpakai oleh konsumen sebesar 11096 kWh per tahun. Dengan modul surya diletakkan pada kemiringan  $10^{\circ}$  dan titik azimuth  $30^{\circ}$ . PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar terletak pada latitude dan longitude -5.0878, 119.4837 dengan menggunakan meteo data Meteonorm 8.1. Dengan luas area yang dibutuhkan untuk pemasangan modul adalah  $35.3 \text{ m}^2$ . Adapun inverter yang digunakan memiliki daya total 6.2 kWac dengan tegangan operasi 90-450 V dan total Pnom ratio 1.06 serta baterai yang dibutuhkan pada rancangan ini adalah jenis Lithium ion dengan model ZTE type ZXDC48 FB101. Baterai yang digunakan sebanyak 1 unit baterai, tegangan baterai 48 V dan kapasitas baterai adalah 100 Ah. Baterai ini dapat menyimpan energi sebesar 26014 kWh.

2) Detailed User's Needs

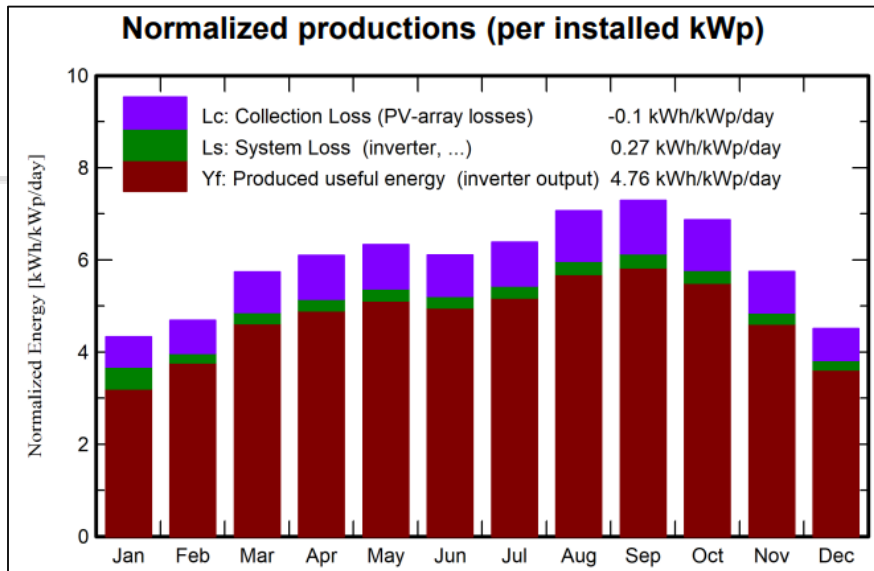
Gambar 4.17 menunjukkan data pemakaian beban pada PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar berdasarkan jenis, jumlah, dan waktu pemakaian dari komponen-komponen yang digunakan pada gedung tersebut. Dimana rata-rata pemakaian beban yaitu 30399 Wh/day.



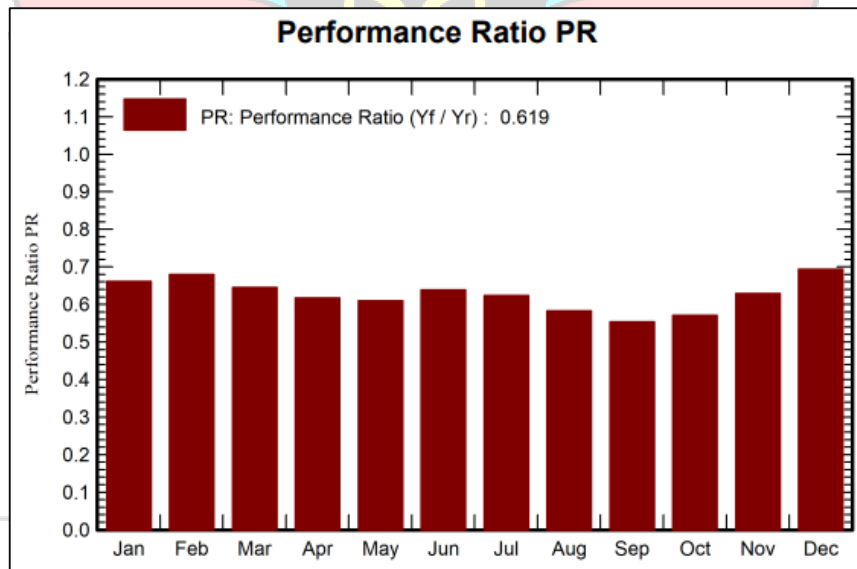
Gambar 4.17 Detailed User's needs

Selanjutnya pada Gambar 4.17 ditunjukkan grafik produksi listrik dalam satuan kWh/kWp/hari dalam periode 1 tahun di setiap bulannya dengan grafik daya yang berbeda di setiap hasilnya yang ditandai dengan beberapa warna berbeda. Akses warna merah (Yf) menunjukkan energi listrik AC siap pakai yang merupakan listrik keluaran dari inverter sebesar 4,76 kWh/kWp per hari. Akses warna hijau (Ls) merupakan *losses* pada sistem konversi energi dari energi cahaya menjadi energi listrik pada sistem inverter, baterai sebesar 0,27 kWh/kWp per hari sedangkan akses warna Ungu (Lc) merupakan *losses* pada larik modul PV sebesar -0,1 kWh/kWp per hari.

Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa sistem PLTS mencapai  $Y_f$  tertinggi pada bulan Agustus dan terendah pada bulan Februari.



Gambar 4.18 Grafik Normalized Production



Gambar 4.19 Grafik Unjuk Kerja atau PR (*Performance Ratio*)

Pada Gambar 4.19 yang merupakan grafik performa sistem PLTS dalam periode 1 tahun di setiap bulannya. PR (*Performance Ratio*) berbanding terbalik dengan *Losses* yang ada, semakin besar *Losses* pada sistem maka performa juga



akan menurun dan sebaliknya. Pada grafik ini menunjukkan bahwa sistem PLTS mencapai performa pada bulan Desember dengan nilai sebesar 0.7 dan terendah pada bulan September dengan nilai performa sebesar 0.57. Apabila diambil nilai rata-rata dalam 1 tahun maka didapatkan performa sistem PLTS sebesar 0.619 atau dengan persentase sebesar 61,9%.

### 3) Produksi Energi Tahunan

Balances and main results										
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	EUnused	EGrid
	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	141.7	72.70	26.40	134.1	127.3	749	942.4	582.5	56.6	359.8
February	135.8	75.80	26.30	131.3	124.8	731	851.2	585.2	93.3	266.0
March	178.3	84.30	26.40	177.8	169.6	990	942.4	752.5	170.9	189.8
April	177.3	69.90	26.60	182.8	174.8	1015	912.0	740.1	207.4	171.9
May	185.1	70.20	26.60	196.2	187.8	1093	942.4	785.1	238.2	157.3
June	170.1	58.70	26.10	183.2	175.3	1026	912.0	767.4	192.8	144.6
July	184.4	59.10	25.70	197.8	189.3	1107	942.4	809.8	226.6	132.6
August	207.7	59.40	25.80	218.9	209.6	1217	942.4	836.5	303.1	105.9
September	216.6	64.60	26.30	218.7	209.3	1208	912.0	794.7	337.0	117.2
October	218.5	74.70	26.70	212.9	203.1	1176	942.4	797.1	304.3	145.3
November	182.7	79.30	26.70	172.3	163.8	956	912.0	711.2	180.8	200.8
December	147.3	82.80	26.50	139.7	132.2	777	942.4	636.2	84.7	306.2
Year	2145.4	851.49	26.34	2165.7	2066.9	12046	11095.6	8798.4	2395.8	2297.3

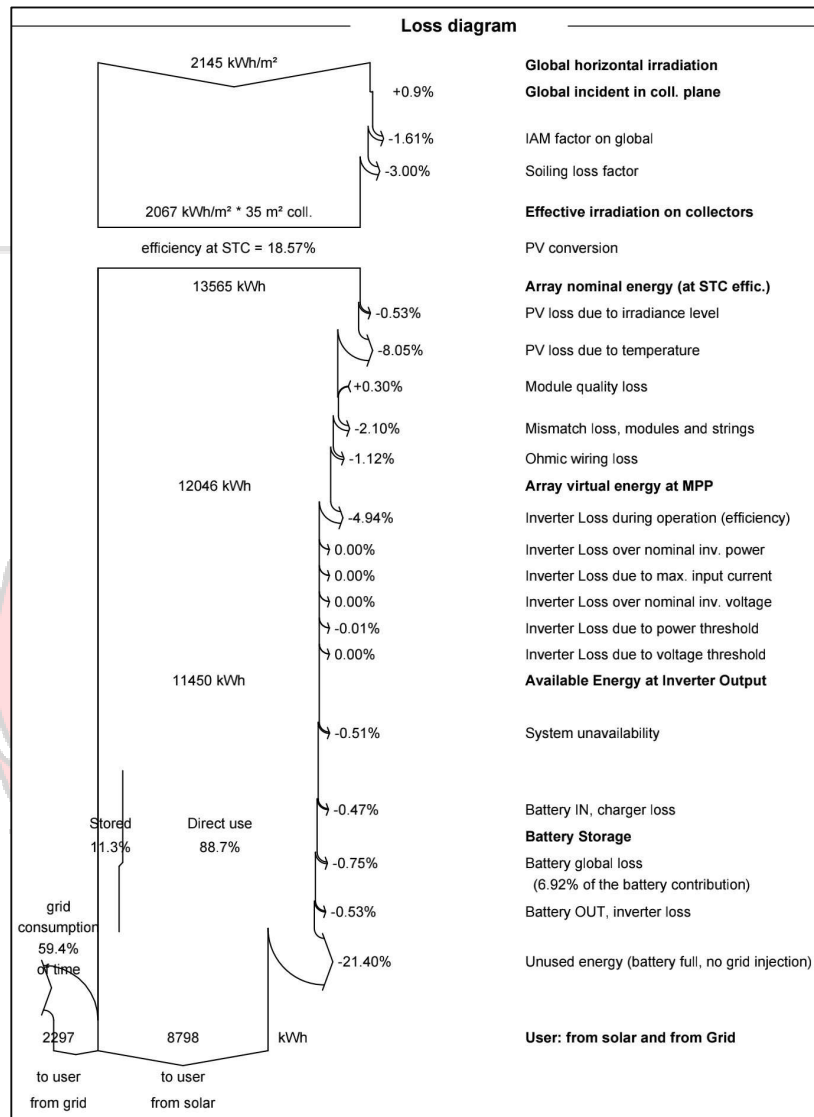
  

<b>Legends</b>	
GlobHor	Global horizontal irradiation
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation
T_Amb	Ambient Temperature
GlobInc	Global incident in coll. plane
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray	Effective energy at the output of the array
E_User	Energy supplied to the user
E_Solar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

Gambar 4.20 Produksi Energi Tahunan

Hasil output energi panel surya setiap bulan selama satu tahun yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.20. Dengan *Iradiasi Horizon Global* dalam satu tahun sebesar 2145.4 kWh/m<sup>2</sup>, *Iradiasi Efektif Global Tahunan* adalah 851.49 kWh/m<sup>2</sup>, Energi efektif pada keluaran array sebesar 12046. Besar energi listrik yang diberikan kepada pengguna adalah 11096 kWh/year dengan memproduksi energi listrik selama setahun sebesar 8798 kWh/year.

#### 4) Loss Diagram



Gambar 4.21 Loss Diagram

Gambar 4.21 adalah loss diagram yang merupakan diagram yang menjelaskan rugi-rugi dari iradiasi matahari yang datang sampai rugi-rugi sistem di dalam PLTS. Pada awal Gambar, diberikan data total energi yang dapat diterima oleh sel PV per meter persegiunya bila posisinya horizontal pada permukaan bumi sebesar 2145 kWh/m<sup>2</sup> untuk *Global horizontal irradiation*,

pengurangan energi yang diterima sebesar 0.9%, yang di mana hal ini disebabkan oleh faktor peletakkan panel surya dan faktor perubahan posisi matahari tiap harinya. Faktor peletakkan sel ini dijelaskan pada analisis pergerakan matahari sebelumnya.

IAM losses (rugi refleksi iradiasi matahari pada panel surya) dari sistem sebesar 1.69%, hal ini disebabkan oleh pantulan pada bahan gelas yang menjadi pelindung sel-sel PV didalamnya. Kemudian rugi kotor (*soiling factor*) sebesar 3.00% adalah input yang dimasukkan berdasarkan besar umum yang diberikan oleh aplikasi PVsyst. Lalu faktor bayangan (*near shading*) sebesar 0% karena tidak ada pepohonan yang lebih tinggi dari atap gedung PT. Sinopacific. Sehingga besar iradiasi yang efektif diterima kolektor (sel surya) adalah sebesar 2067 kWh/m<sup>2</sup>.

PV *irradiance* level sebesar 0.53%, di mana losses ini dipengaruhi oleh besar iradiasi. Efisiensi pembangkitan akan berkurang bila iradiasi matahari yang diterima juga kecil. Kemudian faktor akibat temperatur sebesar 8.05%, di mana bila suhu naik akan menyebabkan kenaikan arus dan turunnya tegangan yang berarti akan terjadi panas berlebih atau dapat disebut daya yang hilang. Kemudian parameter seperti *module quality loss*, *mismatch loss*, *modules and strings*, *ohmic wiring loss*, dan *inverter loss* adalah parameter berdasarkan hasil simulasi dari spesifikasi yang digunakan dalam proyek.

Dari *losses* diagram pada Gambar 4.21 dapat ditunjukkan bahwa energi yang dapat dibangkitkan sistem sebesar 13565 kWh mengalami penurunan akibat rugi-rugi dalam sistem hingga 11450 kWh. Kemudian pada bagian

bawah dijelaskan bahwa penggunaan langsung pada penyimpanan baterai sebesar 88.7%, dengan kerugian baterai dari kontribusi baterai sebesar 0.75% dan dapat membuat penggunaan listrik dari grid sekitar 2297 kWh karena 8798 kWh nya didapat dari hasil pembangkitan.

#### 4.4 Analisis Ekonomi

##### 4.4.1 Analisis Perhitungan Ekonomi

###### 1) Biaya Investasi PLTS

Biaya investasi awal untuk PLTS yang akan dirancang pada atap Gedung PT. Sinopacific mencakup biaya-biaya seperti biaya komponen PLTS, biaya rak penyangga panel surya, biaya pengkabelan serta biaya instalasi PLTS. Biaya investasi PLTS pada atap Gedung PT. Sinopacific dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Biaya Investasi PLTS

No.	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga Per Unit	Total Harga
<b>Komponen Utama</b>					<b>Rp 80,702,000</b>
1	Panel Surya CSI CS3W 410 (Wp)	16	Unit	Rp 3,370,000	Rp 53,920,000
2	Inverter 48V DC 220V AC 6000 W	1	Unit	Rp 12,529,000	Rp 12,529,000
3	Baterai 48V 100 Ah	1	Unit	Rp 14,253,000	Rp 14,253,000
<b>Komponen Sistem Penyangga</b>					<b>Rp 5,086,000</b>
4	Aluminium Rail 2.1 M	20	Unit	Rp 195,000	Rp 3,900,000
5	Mid Clamp 40 mm	28	Pcs	Rp 13,500	Rp 378,000
6	End Clamp 40 mm	8	Pcs	Rp 13,000	Rp 104,000
7	L Feet + Hanger Bolt	16	Pcs	Rp 44,000	Rp 704,000
<b>Perangkat Proteksi</b>					<b>Rp 416,000</b>
7	MCB DC 25 A 440 V	1	Unit	Rp 62,000	Rp 62,000
8	MCB DC 125 A	1	Unit	Rp 78,000	Rp 78,000
9	MCB AC 32 A	1	Unit	Rp 51,000	Rp 51,000

10	SPD DC 500 VDC	1	Unit	Rp 225,000	Rp 225,000
<b>Pengkabelan</b>					<b>Rp 3,222,000</b>
11	Kabel NYY 2,5 mm <sup>2</sup>	30	Meter	Rp 27,000	Rp 810,000
12	Kabel NYY 35 mm <sup>2</sup>	2	Meter	Rp 71,000	Rp 142,000
13.	Kabel NYY 4 mm <sup>2</sup>	10	Meter	Rp 27,000	Rp 270,000
14	Aksesoris Tambahan				Rp 2,000,000
<b>Instalasi</b>					<b>Rp 1,300,000</b>
15	Transport	1	Unit	Rp 300,000	Rp 300,000
16	Setting				Rp 1,000,000
<b>INVESTASI AWAL</b>					<b>Rp 90,726,000</b>

## 2) Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal. Penentuan persentase 1% didasarkan bahwa negara Indonesia hanya mengalami dua musim. sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan panel suryanya tidak sebesar pada negara yang mengalami empat musim dalam satu tahun. Selain itu penentuan persentase ini juga didasarkan pada tingkat upah tenaga kerja di Indonesia yang lebih murah dibandingkan dengan tingkat upah tenaga kerja di negara maju. Adapun biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi Awal}$$

$$M = 1\% \times \text{Rp } 90.726.000$$

$$M = \text{Rp } 907.260$$

### 3) Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal (C), biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) dan biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian selama umur proyek (RPW).

PLTS yang akan dirancang pada penelitian ini, akan beroperasi selama 20 tahun. Besarnya tingkat diskonto ( $i$ ) yang dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini adalah sebesar 9.27%. Penentuan tingkat diskonto ini mengacu kepada tingkat suku bunga kredit bank per April tahun 2023 (BPS, 2023). Besar nilai sekarang (*present value*) untuk biaya pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) PLTS selama umur proyek 20 tahun dengan tingkat diskonto 9.27% adalah sebagai berikut.

$$M_{PW} = M \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n} \right]$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 907.260 \left[ \frac{(1+0,0927)^{20} - 1}{0,0927 (1+0,0927)^{20}} \right]$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 907.260 \left[ \frac{4,8887}{0,5459} \right]$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 907.260 \times 8,96$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 8.125.047$$

Adapun Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian selama umur proyek (RPW) dapat dihitung dengan menjumlahkan biaya penggantian baterai dan inverter yang dapat di kembangkan sebagai berikut.

$$R_{PW} = \text{Biaya Penggantian Baterai} + \text{Biaya penggantian inverter}$$

$$R_{PW} = \text{Rp } 14.253.000 + \text{Rp } 12.529.000$$

$$R_{PW} = Rp\ 26.782.000$$

Berdasarkan biaya investasi awal (C), perhitungan biaya pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) dan biaya penggantian ( $R_{PW}$ ), maka biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS yang akan dikembangkan selama umur proyek 20 adalah sebagai berikut.

$$LCC = C + M_{PW} + R_{PW}$$

$$LCC = Rp\ 90.726.000 + Rp\ 8.125.047 + Rp\ 26.782.000$$

$$LCC = Rp\ 125.633.047$$

#### 4) Biaya Energi (*Cost of Energy*)

Perhitungan biaya energi (*cost of energy*) suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan PLTS. Adapun faktor pemulihan modal (CRF) dapat dilihat sebagai berikut.

$$CRF = \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$CRF = \left[ \frac{0,0927(1+0,0927)^{20}}{(1+0,0927)^{20} - 1} \right]$$

$$CRF = \left[ \frac{0,5459}{4,8887} \right] = 0,1117$$

Sedangkan untuk kWh produksi tahunan PLTS dapat dihitung sebagai berikut.

$$AkWh = kWh\ Produksi\ Harian \times 365\ Hari$$

$$AkWh = 30399 \times 365\ Hari$$

$$AkWh = 11.096\ kWh$$

Berdasarkan hasil perhitungan LCC, CRF dan kWh produksi tahunan maka besar biaya energi (COE) Untuk PLTS yang akan di rancang pada Atap Gedung PT. Sinopacific adalah sebagai berikut.

$$\text{COE} = \frac{\text{LCC} \times \text{CRF}}{\text{AKWH}}$$

$$\text{COE} = \frac{\text{Rp } 125.633.047 \times 0,1117}{11.096}$$

$$\text{COE} = 1.264/\text{kWh}$$

#### 4.4.2 Analisis Kelayakan Investasi PLTS

Kelayakan investasi PLTS yang akan dirancang pada atap Gedung PT. Sinopacific Indonusa Makassar ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), *Discounted Payback Period* (DPP) dan *Internal Rate Return* (IRR). Dimana perhitungan NPV, PI dan DPP ditentukan oleh besar arus kas bersih (*Net Cash Flow*), faktor diskonto (*discount factor*) dan nilai sekarang arus kas bersih (*Present Value Net Cash Flow*). Arus kas bersih (NCF) dihasilkan dengan mengurangi arus kas masuk dengan arus kas keluar kemudian mengalikannya dengan tingkat diskonto. Sedangkan untuk nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF) dihasilkan dengan menjumlahkan arus kas bersih (NCF) tahun sebelumnya dan tahun selanjutnya.



Tabel 4.5 Perhitungan DF, NCF dan PVNCF, dengan  $i=9.27\%$

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount factor (DF)	PV	Kumulatif (PVNCF)
0	Rp 90,726,000				1.000		
1		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.9152	Rp 12,008,047	Rp 12,008,047
2		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.8375	Rp 10,989,336	Rp 22,997,383
3		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7665	Rp 10,057,047	Rp 33,054,430
4		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7014	Rp 9,203,850	Rp 42,258,281
5		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6419	Rp 8,423,035	Rp 50,681,316
6		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5875	Rp 7,708,461	Rp 58,389,777
7		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5376	Rp 7,054,508	Rp 65,444,285
8		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4920	Rp 6,456,034	Rp 71,900,318
9		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4503	Rp 5,908,331	Rp 77,808,650
10		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4121	Rp 5,407,094	Rp 83,215,743
11		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3771	Rp 4,948,379	Rp 88,164,122
12		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3451	Rp 4,528,580	Rp 92,692,702
13		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3159	Rp 4,144,394	Rp 96,837,096
14		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2891	Rp 3,792,802	Rp 100,629,898
15		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2645	Rp 3,471,037	Rp 104,100,934
16		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2421	Rp 3,176,569	Rp 107,277,503
17		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2216	Rp 2,907,082	Rp 110,184,585
18		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2028	Rp 2,660,458	Rp 112,845,043
19		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1856	Rp 2,434,756	Rp 115,279,798
20		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1698	Rp 2,228,202	Rp 117,508,000
<b>Total</b>						Rp 117,508,000	Rp 117,508,000

Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dengan tingkat suku bunga ( $i$ ) sebesar  $9.27\%$  dan nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF).

Arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan kWh produksi tahunan PLTS dengan biaya energi. Dengan kWh produksi tahunan PLTS sebesar  $11.096$  kWh dan biaya energi sebesar Rp.  $1.264/\text{kWh}$  maka besar arus kas masuk tahunan adalah Rp.  $14.028.453$  adapun untuk arus kas keluar tahunan PLTS diperhitungkan sebesar Rp. $907.260$  yang ditentukan berdasarkan biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS.

#### 1) *Net Present Value (NPV)*

Berdasarkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dan nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF), maka NPV dapat dihitung sebagai berikut.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{AkWh \times COE - M}{(1+i)^t} - C$$

$$NPV = Rp 117.508.000 - Rp 90.726.000$$

$$NPV = Rp 26.782.000$$

Berdasarkan hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 26.782.000 (> 0), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan.

## 2) *Profitability Index (PI)*

*Profitability Index* atau model rasio manfaat biaya (*benefit cost ratio*) merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Dengan total nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF) sebesar Rp. 117.508.000 dan biaya investasi awal (*Initial Investment*) sebesar Rp. 90.726.000 maka besar nilai *Profitability Index* dapat dihitung sebagai berikut.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t(1+i)^{-t}}{C}$$

$$PI = \frac{117.508.000}{90.726.000} = 1,30$$

Berdasarkan hasil perhitungan PI yang bernilai 1,30 (> 1), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan.

### 3) *Discounted Payback Period (DPP)*

*Payback Period* adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi).

Pada Tabel 4.5 menunjukkan tahun ke-11, nilai sekarang arus kas bersih kumulatif (PVNCF) mendekati nilai investasi awal dengan kekurangan sebesar Rp. 2.561.877 yaitu dari Rp. 90.726.000 – Rp 88.164.122. Dalam tahun ke-12, nilai sekarang arus kas bersih adalah sebesar Rp. 4.528.580 Sehingga untuk dapat menutupi kekurangan investasi awal sebesar Rp. 2.561.877 maka lama waktu yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut.

$$DPP = \frac{\text{Investment Cost} - \text{PVNCF Tahun 11}}{\text{NCF Tahun 12}} \times 12 \text{ Bulan}$$

$$DPP = \frac{\text{Rp } 90.726.000 - \text{Rp } 88.164.122}{\text{Rp } 92.692.702} \times 12 \text{ Bulan}$$

$$DPP = 6.79 \text{ Bulan}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dihasilkannya DPP sekitar 11 tahun 7 bulan, menunjukkan bahwa investasi PLTS akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan. Hal ini karena DPP yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih kecil dari periode umur proyek yang ditetapkan, yaitu selama 20 tahun.

4) *Internal Rate Return (IRR)*

Tabel 4.6 Perhitungan DF, NCF, dengan  $i=8.27\%$

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount factor (DF)	PVr
0	Rp 90,726,000				1.000	
1		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.9236	Rp 12,118,955
2		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.8531	Rp 11,193,272
3		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7879	Rp 10,338,295
4		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7277	Rp 9,548,624
5		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6721	Rp 8,819,270
6		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6208	Rp 8,145,627
7		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5734	Rp 7,523,438
8		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5296	Rp 6,948,775
9		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4891	Rp 6,418,006
10		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4518	Rp 5,927,778
11		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4173	Rp 5,474,996
12		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3854	Rp 5,056,799
13		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3560	Rp 4,670,545
14		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3288	Rp 4,313,794
15		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3037	Rp 3,984,293
16		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2805	Rp 3,679,960
17		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2590	Rp 3,398,874
18		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2393	Rp 3,139,257
19		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2210	Rp 2,899,471
20		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2041	Rp 2,678,000
<b>Total</b>						Rp 126,278,029

Tabel 4.6 menunjukkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dengan tingkat suku bunga rendah ( $i$ ) sebesar 8.27 %. Berdasarkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), dan faktor diskonto (DF) dengan  $i = 8.27\%$  maka NPVr dapat dihitung sebagai berikut.

$$NPVr = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVr = \sum_{t=1}^n \frac{AkWh \times COE - M}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVr = Rp 126.278.029 - Rp 90.726.000$$

$$NPVr = Rp 35.552.029$$

Tabel 4.7 Perhitungan DF, NCF, dengan  $i=10.27\%$

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount factor (DF)	PVt
0	Rp 90,726,000				1.000	
1		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.9069	Rp 11,899,150
2		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.8224	Rp 10,790,923
3		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7458	Rp 9,785,910
4		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6763	Rp 8,874,499
5		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6134	Rp 8,047,972
6		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5562	Rp 7,298,424
7		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5044	Rp 6,618,685
8		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4574	Rp 6,002,253
9		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4148	Rp 5,443,233
10		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3762	Rp 4,936,278
11		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3412	Rp 4,476,537
12		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3094	Rp 4,059,615
13		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2806	Rp 3,681,522
14		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2544	Rp 3,338,644
15		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2307	Rp 3,027,699
16		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2093	Rp 2,745,714
17		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1898	Rp 2,489,992
18		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1721	Rp 2,258,087
19		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1561	Rp 2,047,780
20		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1415	Rp 1,857,060
<b>Total</b>						Rp 109,679,976

Tabel 4.7 menunjukkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dengan tingkat suku bunga rendah ( $i$ ) sebesar 10.27 %. Berdasarkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), dan faktor diskonto (DF) dengan  $i = 10.27\%$  maka NPVt dapat dihitung sebagai berikut.

$$NPVt = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVt = \sum_{t=1}^n \frac{AkWh \times COE - M}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVt = Rp 109.679.976 - Rp 90.726.000$$

$$NPVt = Rp 18.953.976$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai NPVr sebesar Rp. 35.552.029 dan nilai NPVt sebesar Rp. 18.953.976, nilai IRR dapat dihitung sesuai persamaan (2-19) sebagai berikut.

$$IRR = Ir + \left( \frac{NPVr}{NPVr - NPVt} \right) (it - ir)$$

$$IRR = 8.27\% + \left( \frac{Rp\ 35.552.029}{Rp\ 35.552.029 - Rp\ 18.953.976} \right) (10,27\% - 8.27\%)$$

$$IRR = 12,56\%$$

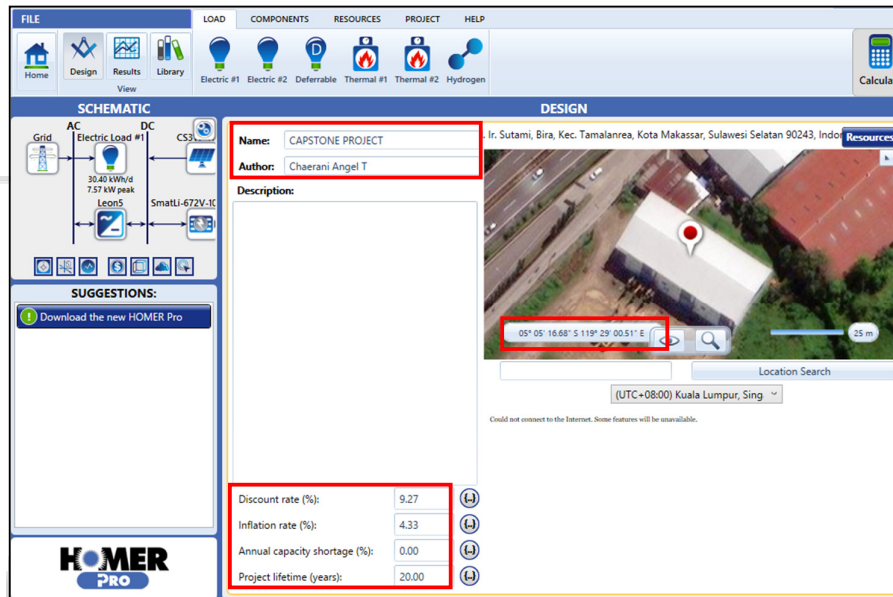
Berdasarkan hasil perhitungan IRR yang bernilai 12,56 %, atau lebih tinggi dari tingkat suku bunga menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan.

#### 4.4.3 Analisis Ekonomi Menggunakan *Software HOMER Pro*

HOMER merupakan *software* simulasi yang digunakan untuk mensimulasikan sistem yang layak untuk semua kemungkinan kombinasi peralatan yang di pertimbangkan. Dalam menjalankan *Software HOMER*, dibutuhkan parameter-parameter yang akan menjadi masukan sebagai variabel penting dalam proses simulasi yang akan dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal, terutama dalam menganalisis ekonomi suatu pembangkit tenaga listrik.

#### 4.4.3.1 Simulasi *Software* HOMER

##### 1) Menu Utama Homer



Gambar 4.22 Tampilan Menu Utama HOMER

Pada Gambar 4.22 merupakan tampilan menu utama (*Home*) terdapat fitur untuk menentukan lokasi sesuai dengan lokasi perencanaan PLTS yang akan dirancang, selanjutnya menginput nama dari project dan nama dari author yang mengerjakan project perancangan tersebut. kemudian perlu juga mengisi *discount rate* atau suku bunga, pada Gambar 4.23 tertera *discount rate* sebesar 9.27 %, penentuan ini, mengacu kepada tingkat suku bunga kredit bank per April 2023 (BPS, 2023). Adapun inflation rate sebesar 4.33 %, penentuan ini mengacu pada tingkat inflasi Bank Indonesia per April 2023. Serta *project lifetime* (masa waktu pakai) kurang lebih 20 tahun.

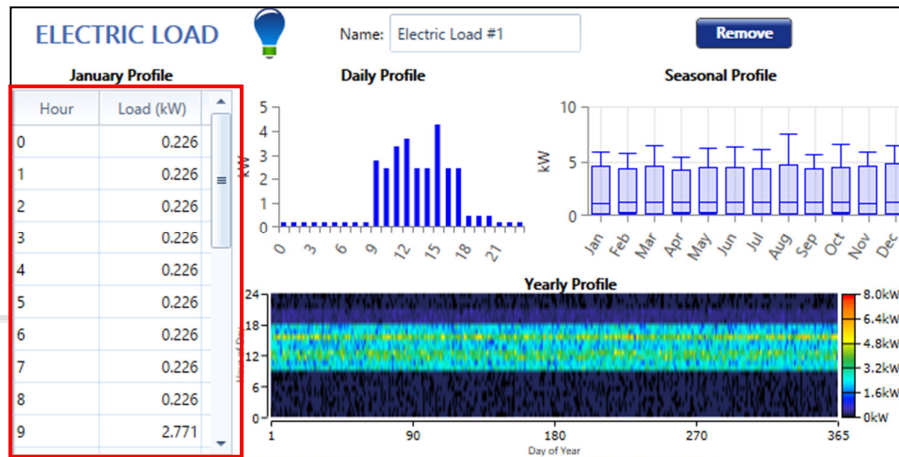
2) Beban Listrik (*Electric Load*)

Data beban listrik yang digunakan pada PT. Sinopacific diperoleh dengan cara menghitung jumlah perangkat listrik yang ada dan lama waktu pemakaiannya. Adapun pembagian beban listrik setiap jam operasi dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Data Pembagian Beban Listrik

Waktu Pemakaian	Beban Yang Beroperasi	Jumlah Energi (kW)
00.00-01.00	Wifi, Dispenser	0.226
01.00-02.00	Wifi, Dispenser	0.226
02.00-03.00	Wifi, Dispenser	0.226
03.00-04.00	Wifi, Dispenser	0.226
04.00-05.00	Wifi, Dispenser	0.226
05.00-06.00	Wifi, Dispenser	0.226
06.00-07.00	Wifi, Dispenser	0.226
07.00-08.00	Wifi, Dispenser	0.226
08.00-09.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu, Charger, Laptop	2.771
09.00-10.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu	2.446
10.00-11.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu, Mesin Las	3.346
11.00-12.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu, Charger Laptop, Mesin Las	3.671
12.00-13.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu	2.446
13.00-14.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu	2.446
14.00-15.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu, Charger Laptop, Kompresor	4.271
15.00-16.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu	2.446
16.00-17.00	Wifi, Dispenser, AC, Lampu	2.446
17.00-18.00	Wifi, Dispenser, Lampu	0.466
18.00-19.00	Wifi, Dispenser, Lampu	0.466
19.00-20.00	Wifi, Dispenser, Lampu	0.466
20.00-21.00	Wifi, Dispenser	0.226
21.00-22.00	Wifi, Dispenser	0.226
22.00-23.00	Wifi, Dispenser	0.226
23.00-24.00	Wifi, Dispenser	0.226
<b>Total Energi</b>		<b>30399</b>

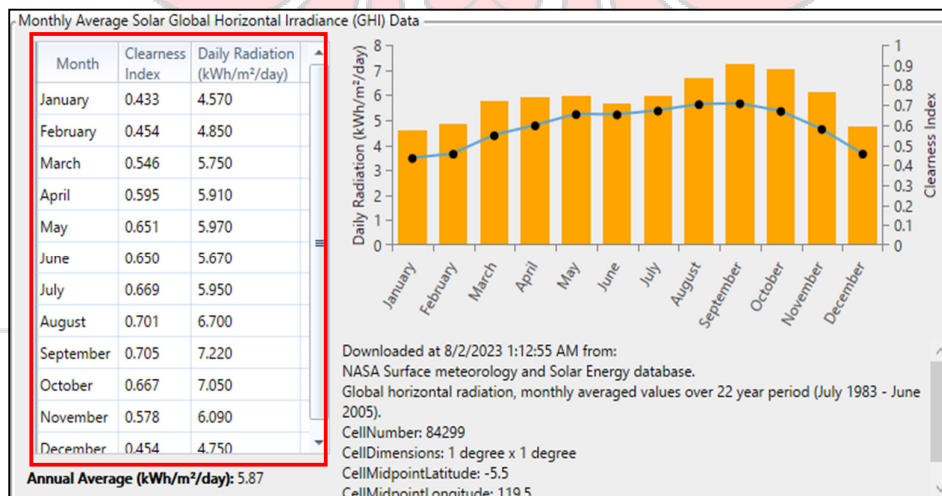




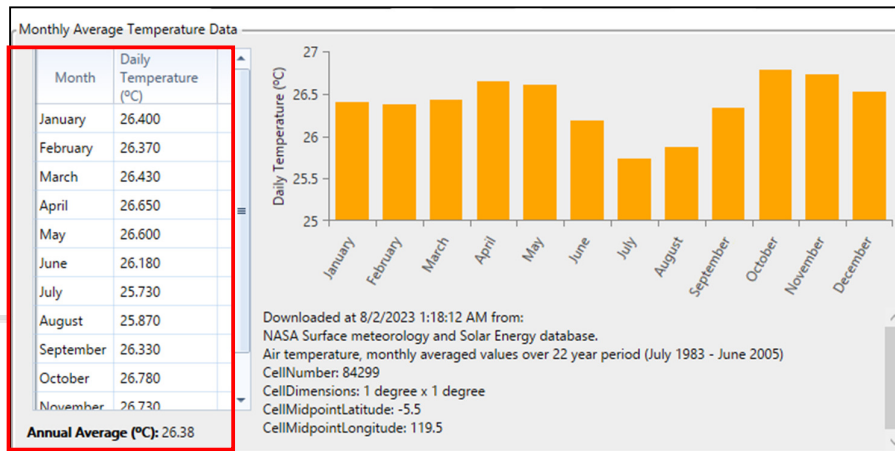
Gambar 4.23 Tampilan Pengaturan beban listrik pada HOMER

Berdasarkan Gambar 4.23 data beban yang diperoleh dari PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar, jumlah beban listrik yang dikonsumsi adalah sebesar 30399 Wh. Dimana beban terendah yaitu sebesar 0.226 kW, sedangkan beban puncak terjadi pada pukul 14.00 – 15.00 dengan penggunaan listrik sebesar 4.271 kW.

### 3) Data Radiasi Matahari dan Temperatur



Gambar 4.24 Tampilan Data Radiasi Matahari



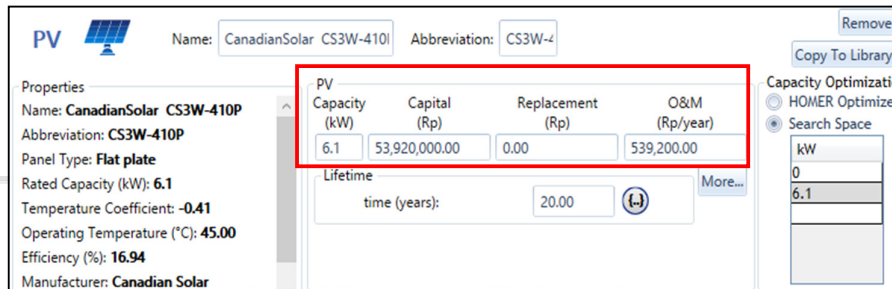
Gambar 4.25 Tampilan Data Temperatur

Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 merupakan menu data radiasi matahari temperatur didapat dari NASA *Prediction of Worldwide Energy Resources* (POWER). Nilai daya radiasi per unit area atau nilai irradiance dapat dijadikan parameter untuk melihat tingkat pencahayaan atau radiasi energi matahari yang ditangkap oleh panel surya.

Berdasarkan Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 diperoleh nilai radiasi matahari dan temperatur di area PT. Sinopacific, dengan rata-rata radiasi matahari 5,87 kWh/m<sup>2</sup> /day dan rata-rata suhu 26,38°C, sehingga dengan kondisi tersebut, sangat berpotensi untuk menerapkan panel surya.

#### 4) Komponen Sistem PLTS

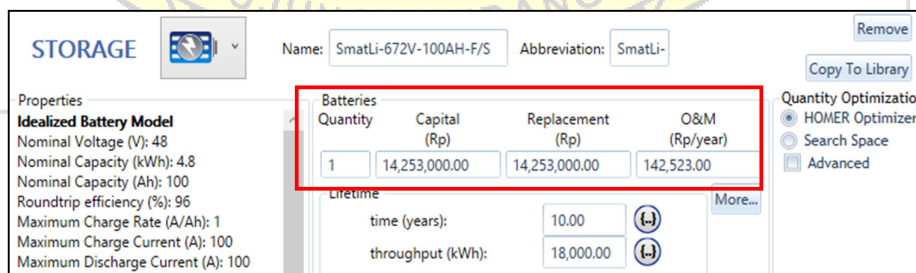
##### a. *Photovoltaic (PV)*



Gambar 4.26 Tampilan Pengaturan PV

Berdasarkan Gambar 4.26 panel surya yang digunakan adalah Canadian Solar CS3W-410P yang berbahan Poly-crystalline dengan kapasitas PV 410 Wp. Sesuai dengan perhitungan maka energi yang dibutuhkan adalah 6.1 kW. Adapun harga satuan panel adalah sebesar Rp. 3.370.000 sehingga dengan jumlah panel yang digunakan sejumlah 16 unit diperoleh total harga panel sebesar Rp. 53.920.000 dan untuk biaya pemeliharaannya sebesar Rp. 539.200. biaya pemeliharaan merupakan biaya operasional dan pemeliharaan panel surya, diperhitungkan sebesar 1% dari total biaya investasi awal.

##### b. Baterai



Gambar 4.27 Tampilan Pengaturan Baterai

Berdasarkan Gambar 4.27 usulan baterai yang digunakan adalah SmatLi-672V-100AH-F/S. Untuk harga satu buah baterai adalah sebesar Rp. 14.253.000 dengan kapasitas 100 Ah, 48 Volt dan terdapat biaya penggantian (*Replacement*) satu kali, adapun biaya pemeliharannya sebesar Rp. 142,523. Biaya pemeliharaan diperhitungkan 1% dari total biaya investasi awal.

c. Inverter



Gambar 4.28 Tampilan Pengaturan Converter/Inverter

Berdasarkan Gambar 4.28 usulan Inverter yang digunakan adalah Leonics S-413F – 6.2 kW yang memiliki kapasitas 6.2 kW. Untuk harga dari inverter ini adalah sebesar Rp. 12.529.000 dan terdapat biaya penggantian (*Replacement*) satu kali untuk biaya pemeliharannya sebesar Rp. 125.290. Biaya pemeliharaan diperhitungkan 1% dari total biaya investasi awal.

d. Grid

ADVANCED GRID

Name: Grid Abbreviation: Grid

Simple Rates Real Time Rates Scheduled Rates Grid Extension

Parameters Emissions

Simple Rates

Grid Power Price (Rp/kWh): 1,444.700

Grid Sellback Price (Rp/kWh): 0.000

Net Metering

- Net purchases calculated monthly.
- Net purchases calculated annually.

Gambar 4.29 Tampilan Pengaturan Grid

Gambar 4.29 merupakan menu pengaturan grid, dimana pada pengaturan ini, kita perlu menginput harga grid/PLN per kWh sesuai dengan jenis kWh yang digunakan pada PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yaitu sebesar Rp. 1444.70 / kWh

e. Ekonomi

ECONOMICS

Nominal discount rate (%): 9.27

Expected inflation rate (%): 4.33

Project lifetime (years): 20.00

System fixed capital cost (Rp): 10,024,000.

System fixed O&M cost (Rp/yr): 100,240.00

Capacity shortage penalty (Rp/kWh): 0.00

Currency: Indonesian Rupiah (Rp)

Real discount rate (%): 4.73

Gambar 4.30 Tampilan Menu Pengaturan Ekonomi

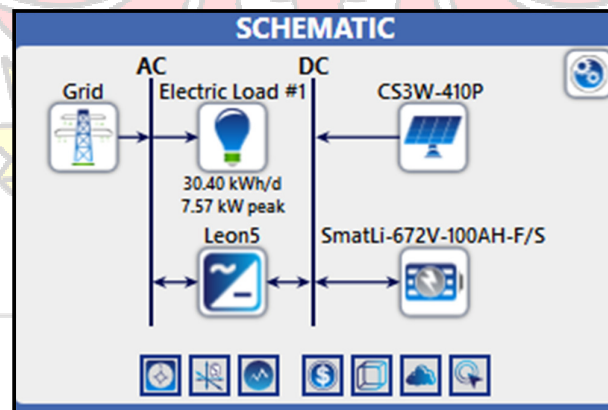
Gambar 4.30 merupakan menu pengaturan ekonomi dari sistem PLTS yang dirancang, dimana pada pengaturan ini, didapatkan nilai *Nominal discount rate* sebesar 9,27 %, nilai ini mengacu pada tingkat suku bunga kredit bank persero (investasi) bulan April tahun 2023 (BPS, 2023), serta

nilai *Expected inflation rate* sebesar 4.33 % yang sesuai dengan nilai Inflasi Bank Indonesia tahun 2023 dengan *Project lifetime* (umur proyek) PLTS ini beroperasi selama 20 tahun. Adapun *system fixed capital cost* (biaya investasi) sebesar Rp. 10.024.000, dimana biaya ini mencakup biaya komponen sistem penyangga, komponen proteksi, pengkabelan dan instalasi. Selanjutnya yaitu *system fixed O&M cost* (Biaya Operasional dan pemeliharaan) sebesar Rp. 100.240 yang diperhitungkan 1% dari total biaya investasi awal.

#### 4.4.3.2 Hasil Simulasi *Software* HOMER

##### 1) Skema Sistem PLTS

Berdasarkan data hasil simulasi yang diperoleh dengan melengkapi parameter yang sudah di input, maka skema Perencanaan PLTS *Hybrid* pada atap Gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar ini di Gambarkan seperti Gambar 4.31 berikut.



Gambar 4.31 Skema Sistem PLTS berdasarkan Simulasi HOMER

Dari hasil simulasi sistem PLTS menggunakan *software* HOMER tersebut diperoleh berdasarkan kapasitas sistem optimalisasi yang mampu

memenuhi kebutuhan beban listrik di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar. Berdasarkan Gambar 4.31 dihasilkan simulasi optimalisasi perancangan dengan menggunakan komponen *Converter* (6.2 kW), PV Canadian Solar CS3W-410P dan baterai SmatLi-672V-100AH.

## 2) Konfigurasi Sistem

Sensitivity Cases										
Left Click on a sensitivity case to see its Optimization Results.										
Architecture					Cost					System
CS3W-410P (kW)	SmatLi-672V-100AH-F/S	Grid (kW)	Leon6.2 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Tot
6.10		999,999	6.20	CC	Rp632.85	Rp114M	Rp2.93M	Rp76.5M	72.6	0

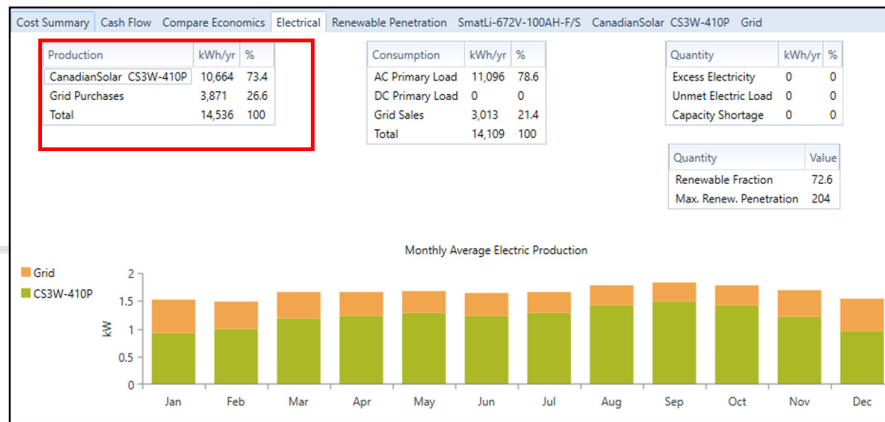
Optimization Results										
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.										
Architecture					Cost					System
CS3W-410P (kW)	SmatLi-672V-100AH-F/S	Grid (kW)	Leon6.2 (kW)	Dispatch	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Tot
6.10		999,999	6.20	CC	Rp632.85	Rp114M	Rp2.93M	Rp76.5M	72.6	0
6.10	1	999,999	6.20	CC	Rp772.19	Rp139M	Rp3.78M	Rp90.7M	72.6	0
		999,999		CC	Rp1,525	Rp216M	Rp16.1M	Rp10.0M	0	0
		999,999	6.20	LF	Rp1,857	Rp263M	Rp17.7M	Rp36.8M	0.0285	0

Gambar 4.32 Hasil konfigurasi Sistem PLTS

Berdasarkan Gambar 4.32 di diperoleh hasil simulasi paling optimal untuk konfigurasi sistem PLTS yaitu dengan, Solar Panel CS3W-410 dengan kapasitas 6.1 kW, Baterai 1 unit, dan Inverter 1 buah dengan kapasitas 6.2 Kw dan daya Grid sebesar 999.999 kW.



### 3) Produksi Listrik



Gambar 4.33 Hasil Produksi Listrik per Tahun

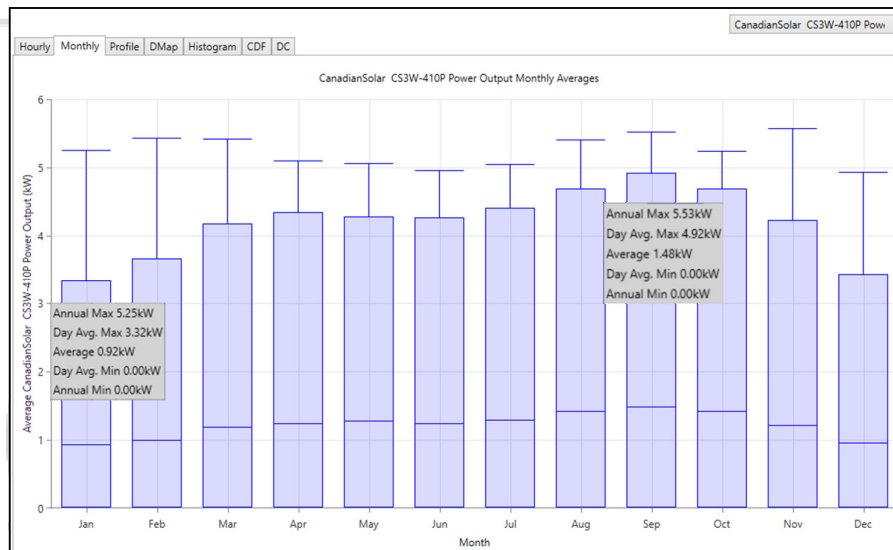
Gambar 4.33 menunjukkan produksi listrik yang dihasilkan sistem secara keseluruhan sebesar 14.536 kWh/tahun. Dimana PV menghasilkan listrik sebesar 10,664 kWh/tahun dengan persentase 73,4 % dari total produksi listrik sistem dan jumlah listrik yang dibeli dari PLN sebesar 3.871 kWh/tahun dengan persentase 26,6 %.



Gambar 4.34 Energi Listrik yang Dihasilkan Panel Surya

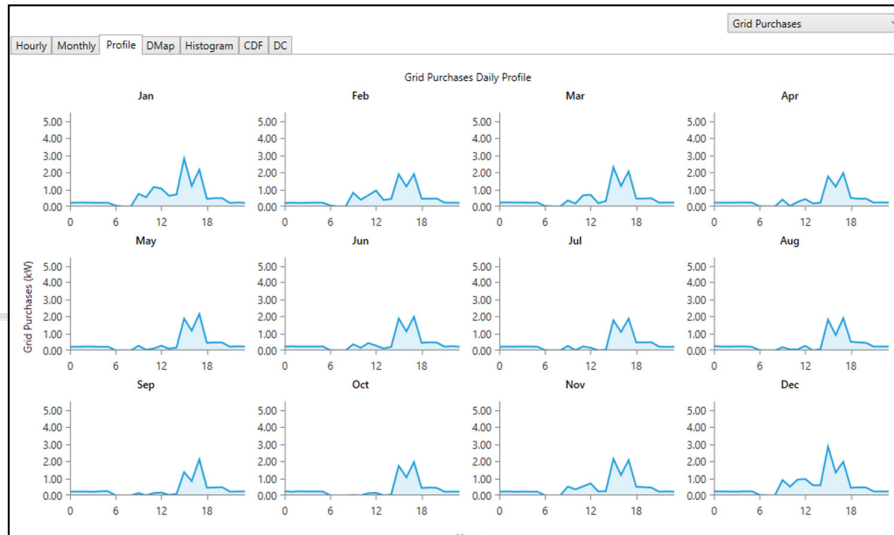


Gambar 4.34 menunjukkan grafik harian daya listrik yang dihasilkan PLTS per bulan dalam setahun. Dimana rata-rata panel surya beroperasi pada pukul 06.00 sampai 18.00 dimana setelah waktu tersebut PLTS sudah tidak menerima radiasi matahari.



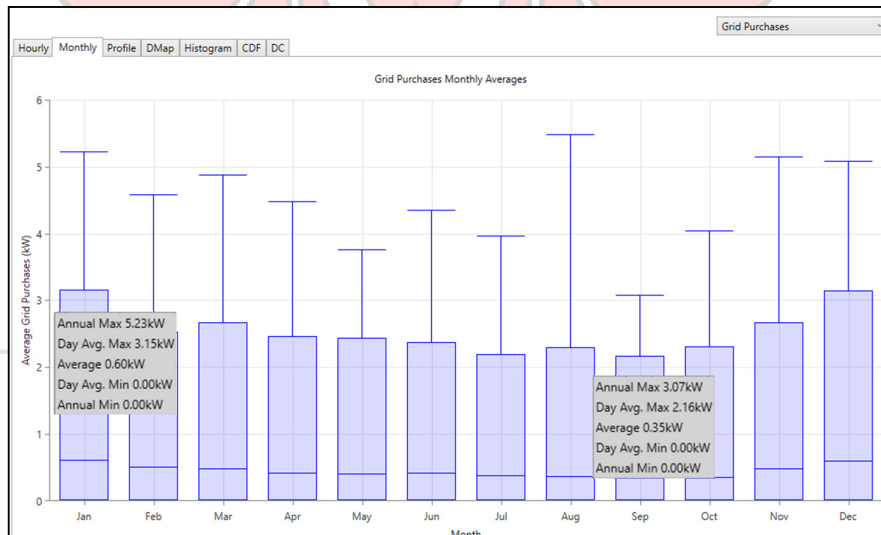
Gambar 4.35 Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya

Gambar 4.35 menunjukkan energi listrik yang dihasilkan Panel Surya pada bulan januari merupakan yang paling rendah dengan daya keluaran rata-rata PLTS sebesar 3,32 kW, sedangkan yang tertinggi pada bulan September dengan daya rata-rata keluaran sebesar 4,92 kW.



Gambar 4.36 Penggunaan Energi dari Grid (PLN) per bulan

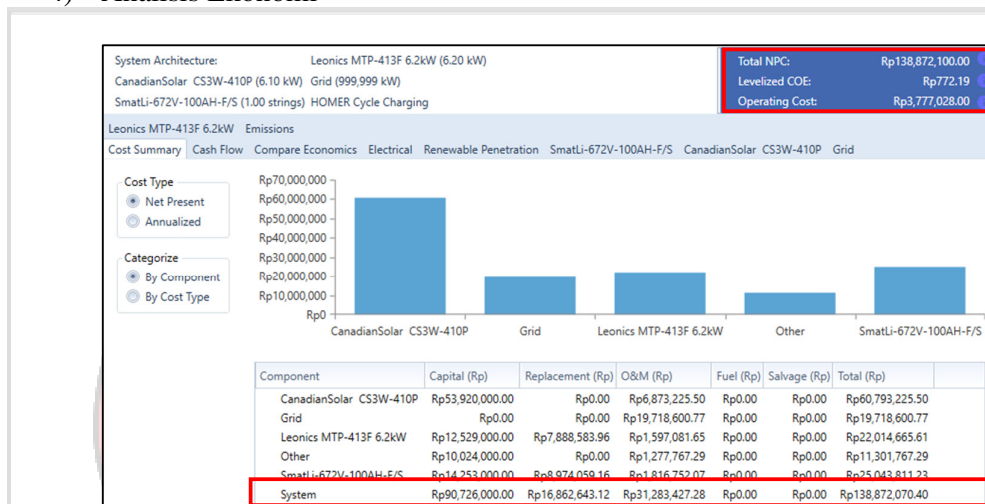
Gambar 4.36 menunjukkan grafik penggunaan energi dari grid per bulan dalam setahun. Dimana rata-rata panel surya beroperasi pada pukul 01.00 - 00.00 dengan penggunaan PLN paling tinggi pada pukul 12.00-18.00 dimana pada waktu tersebut kebutuhan energi PLTS tidak mencukupi untuk menyuplai beban pada kantor.



Gambar 4.37 Penggunaan Energi dari Grid (PLN) per bulan

Gambar 4.37 menunjukkan grafik penggunaan energi listrik dari grid (PLN) pada bulan September merupakan yang paling rendah dengan daya keluaran rata-rata PLTS sebesar 2,16 kW, sedangkan yang tertinggi pada bulan januari dengan daya rata-rata keluaran sebesar 3,15 kW.

#### 4) Analisis Ekonomi



Gambar 4.38 Cost Summary

Gambar 4.38 menunjukkan hasil simulasi ringkasan biaya yang digunakan untuk perencanaan PLTS pada atap Gedung PT. Sinopacific, yaitu NPC, dan COE. Dari hasil simulasi diperoleh bahwa total investasi (Capital) sebesar Rp. 90.726.000, total biaya penggantian komponen (Replacement) sebesar Rp. 16.862.643,12 dan total biaya pemeliharaan (O&M) sebesar Rp. 31.283.427,28. sehingga diperoleh total biaya keseluruhan sistem PLTS (NPC) selama 20 Tahun adalah sebesar Rp.138.872.100. Adapun besarnya biaya operasi yang HOMER simulasikan adalah sebesar Rp 3.777.028. kemudian nilai biaya lainnya diperoleh dari simulasi adalah COE yang menunjukkan biaya produksi energi per kWh yaitu sebesar Rp 772,19/kWh.

Cost Summary Cash Flow Compare Economics Electrical Renewable Penetration SmatLi-672V-100AH-F/S CanadianSolar CS3W-410P Grid

You may choose a different base case using the Compare Economics button on the Results Summary Table.

	Architecture				Cost	
	CS3W-410P (kW)	SmatLi-672V-100AH-F/S	Grid (kW)	Leon6.2 (kW)	NPC (Rp)	Initial capital (Rp)
Base system			999,999		Rp216M	Rp10.4M
Current system	6.10	1	999,999	6.20	Rp139M	Rp91.1M

Metric	Value
Present worth (Rp)	Rp76.763.610
Annual worth (Rp/yr)	Rp6,022,055
Return on investment (%)	10.3
Internal rate of return (%)	14.6
Simple payback (yr)	5.90
Discounted payback (yr)	7.08

Gambar 4.39 *Compare Ekonomi*

Berdasarkan Gambar 4.39 yang merupakan hasil simulasi dari perbandingan ekonomi, dimana pada parameter ini di jelaskan bahwa nilai NPV (*Present Word*) PLTS yang diberikan oleh HOMER adalah sebesar Rp.76.763.610 dan nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sistem PLTS tersebut adalah sebesar 14.6 %, dengan periode pengembalian modal (*Discounted payback*) selama umur proyek adalah 7,1 tahun.

#### 4.4.4 Analisis Ekonomi Menggunakan *Software* PVsyst

Untuk melakukan analisis ekonomi sistem PLTS menggunakan *software* PVsyst, maka diperlukan beberapa aspek untuk memenuhi setiap parameter-parameter untuk proses simulasi, seperti biaya sistem yang mencakup keseluruhan sistem PLTS yang dirancang seperti biaya komponen, komponen penyangga, komponen proteksi, pengkabelan, dan Instalasi. Adapun biaya sistem dan analisis finansial yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut.

1) Biaya Sistem (*Cost of System*)

Cost of the system			
Installation costs			
Item	Quantity units	Cost IDR	Total IDR
PV modules			
CS3W-410P	16	3,370,000.00	53,920,000.00
Supports for modules	16	317,875.00	5,086,000.00
Inverters			
Powmr 6200	1	12,529,000.00	12,529,000.00
Batteries			14,253,000.00
Other components			
Accessories, fasteners	4	104,000.00	416,000.00
Wiring	42	76,714.00	3,221,988.00
Installation			
Transport	1	300,000.00	300,000.00
Settings	2	500,000.00	1,000,000.00
		Total	90,725,988.00
		Depreciable asset	86,204,000.00
Operating costs			
Item			Total IDR/year
Maintenance			
Provision for inverter replacement			1,252,900.00
Salaries			1,000,000.00
Repairs			1,000,000.00
Cleaning			160,000.00
Provision for battery replacement			1,425,300.00
Total (OPEX)			4,838,200.00
Including inflation (4.33%)			7,455,340.46
System summary			
Total installation cost		90,725,988.00 IDR	
Operating costs (incl. inflation 4.33%/year)		7,455,340.46 IDR/year	
Produced Energy		8798 kWh/year	
Cost of produced energy (LCOE)		1,901.644 IDR/kWh	

Gambar 4.40 Biaya Sistem

Pada Gambar 4.40 merupakan *cost of system* atau Biaya dari sistem PLTS yang dirancang. Sesuai dengan harga setiap komponen yang dibutuhkan tersebut dapat diperkirakan investasi awal pada penelitian ini yaitu Rp.90.725.988 dan Biaya dari Operasi sistem yaitu Rp. 4.838.200

## 2) Financial Analysis

Financial analysis				
<b>Simulation period</b>				
Project lifetime	20 years	Start year	2023	
<b>Income variation over time</b>				
Inflation			4.33 %/year	
Production variation (aging)			0.00 %/year	
Discount rate			9.27 %/year	
<b>Income dependent expenses</b>				
Income tax rate			0.00 %/year	
Other income tax			0.00 %/year	
Dividends			0.00 %/year	
<b>Depreciable assets</b>				
Asset	Depreciation method	Depreciation period (years)	Salvage value (IDR)	Depreciable (IDR)
PV modules				
CS3W-410P	Straight-line	20	0.00	53,920,000.00
Supports for modules	Straight-line	20	0.00	5,086,000.00
Inverters				
Powmr 6200	Straight-line	20	0.00	12,529,000.00
Batteries	Straight-line	20	0.00	14,253,000.00
Accessories, fasteners	Straight-line	20	0.00	416,000.00
		Total	0.00	86,204,000.00
<b>Financing</b>				
Own funds		90,725,988.00 IDR		
<b>Electricity sale</b>				
Feed-in tariff		1,444.7000 IDR/kWh		
Duration of tariff warranty		20 years		
Annual connection tax		0.00 IDR/kWh		
Annual tariff variation		+10.0 %/year		
Feed-in tariff decrease after warranty		0.00 %		
<b>Self-consumption</b>				
Consumption tariff		1,444.7000 IDR/kWh		
Tariff evolution		+10.0 %/year		
<b>Return on investment</b>				
Payback period		10.7 years		
Net present value (NPV)		98,187,881.37 IDR		
Internal rate of return (IRR)		17.52 %		
Return on investment (ROI)		108.2 %		

Gambar 4.41 *Financial Analysis*

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 4.41 menunjukkan *project lifetime* ini yaitu 20 tahun yang dimulai dari tahun 2023. Sumber dana yang didapatkan diasumsikan dari dana sendiri (PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar) yaitu sebesar Rp.90.726.000. dengan investasi awal tersebut maka diperoleh *Payback period* yaitu 10.7 tahun, *Net Present Value* (NPV) yaitu Rp.98.187.881,37

### 3) Detail Economic Result

Tabel 4.9 Detail Economic Result

Detailed economic results (IDR)										
Year	Electricity sale	Own funds	Run. costs	Deprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Self-cons. saving	Cumul. profit	% amortl.
0	0	90,725,988	0	0	0	0	0	0	-90,725,988	0.0%
1	0	0	4,838,200	4,310,200	0	0	-4,838,200	12,710,968	-83,521,112	7.9%
2	0	0	5,047,694	4,310,200	0	0	-5,047,694	13,982,065	-76,038,348	16.2%
3	0	0	5,266,259	4,310,200	0	0	-5,266,259	15,380,271	-68,286,225	24.7%
4	0	0	5,494,288	4,310,200	0	0	-5,494,288	16,918,298	-60,272,862	33.6%
5	0	0	5,732,191	4,310,200	0	0	-5,732,191	18,610,128	-52,005,983	42.7%
6	0	0	5,980,395	4,310,200	0	0	-5,980,395	20,471,141	-43,492,935	52.1%
7	0	0	6,239,346	4,310,200	0	0	-6,239,346	22,518,255	-34,740,706	61.7%
8	0	0	6,509,510	4,310,200	0	0	-6,509,510	24,770,080	-25,755,939	71.6%
9	0	0	6,791,371	4,310,200	0	0	-6,791,371	27,247,089	-16,544,951	81.8%
10	0	0	7,085,438	4,310,200	0	0	-7,085,438	29,971,797	-7,113,743	92.2%
11	0	0	7,392,237	4,310,200	0	0	-7,392,237	32,968,977	2,531,980	102.8%
12	0	0	7,712,321	4,310,200	0	0	-7,712,321	36,265,875	12,386,804	113.7%
13	0	0	8,046,265	4,310,200	0	0	-8,046,265	39,892,462	22,445,584	124.7%
14	0	0	8,394,668	4,310,200	0	0	-8,394,668	43,881,709	32,703,440	136.0%
15	0	0	8,758,157	4,310,200	0	0	-8,758,157	48,269,879	43,155,739	147.6%
16	0	0	9,137,385	4,310,200	0	0	-9,137,385	53,096,867	53,798,087	159.3%
17	0	0	9,533,034	4,310,200	0	0	-9,533,034	58,406,554	64,626,320	171.2%
18	0	0	9,945,814	4,310,200	0	0	-9,945,814	64,247,209	75,636,490	183.4%
19	0	0	10,376,468	4,310,200	0	0	-10,376,468	70,671,930	86,824,857	195.7%
20	0	0	10,825,769	4,310,200	0	0	-10,825,769	77,739,123	98,187,881	208.2%
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>90,725,988</b>	<b>149,106,809</b>	<b>86,204,000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-149,106,809</b>	<b>728,020,679</b>	<b>98,187,881</b>	<b>208.2%</b>

Pada Tabel 4.9 Menunjukkan hasil detail ekonomi dari perencanaan PLTS ini dimana payback period dari perencanaan ini adalah 10.7 tahun dimana periode pengembalian investasi ini yaitu pada tahun 2034.

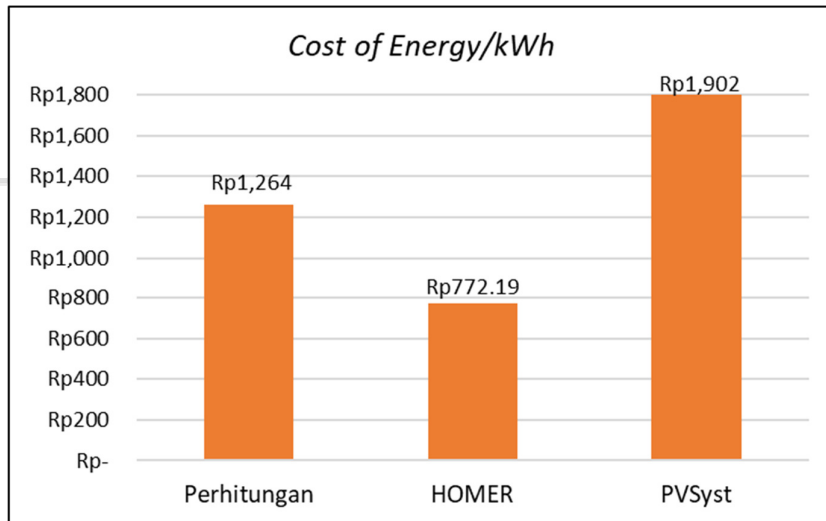
#### 4.4.5 Perbandingan Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS

Tabel 4.10 Tabel Perbandingan Analisis Ekonomi PLTS

Variabel Perbandingan	Perhitungan	Homer	<i>Pvsyst</i>
<i>Cost of Energy(kWh)</i>	Rp 1.264	Rp 772.19	Rp 1.902
<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp 26.782.000	Rp 76.763.610	Rp 98.187.881
<i>Payback Period (year)</i>	11,7	7,1	10,7
<i>Internal Rate Return (IRR)</i>	12,56 %	14,6%	17,52%

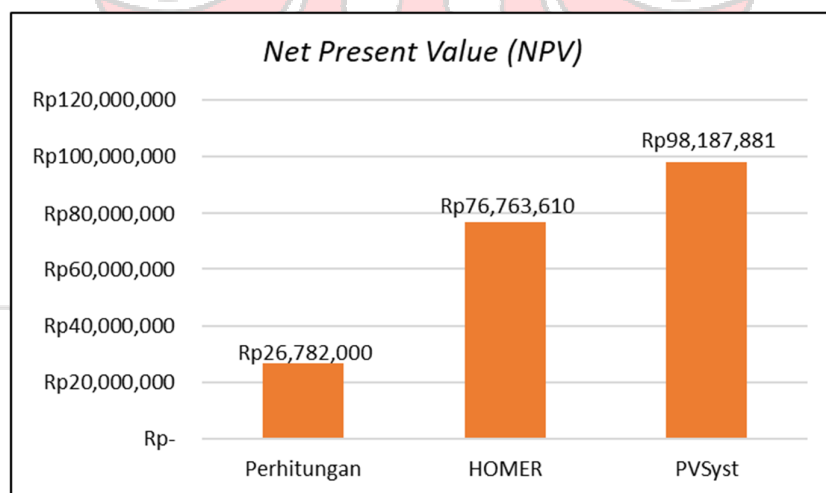
Berdasarkan hasil perhitungan, dan simulasi maka, diperoleh perbandingan seperti pada tabel 4.10 antara *Cost of Energy (COE)*, *Net Present Value (NPV)*, *Discount Payback Period (DPP)* dan *Internal Rate Return (IRR)*. Adapun hasil perbandingan tersebut dapat di Gambarkan

dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.42 sampai Gambar 4.43 berikut.



Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Biaya Energi (COE)

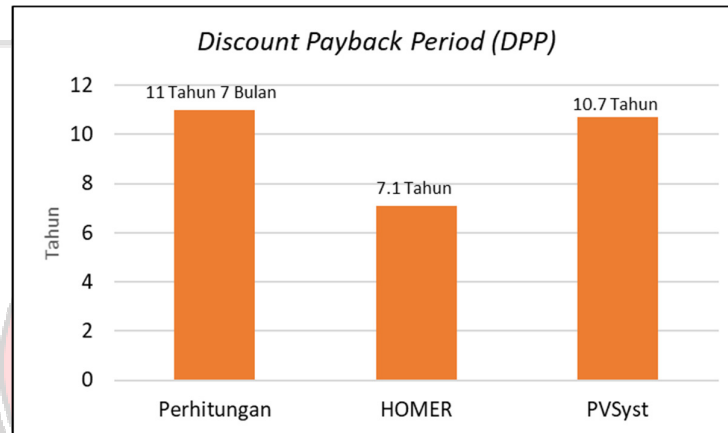
Gambar 4.42 menunjukkan biaya energi (*Cost of Energy*) per tahun dari hasil perhitungan diperoleh sebesar Rp. 1.264/kWh, sedangkan hasil simulasi dari *software* HOMER diperoleh sebesar Rp. 772,19/kWh, dan sebesar Rp.1.902/kWh dari simulasi *software* PVSyst.



Gambar 4.43 Grafik Perbandingan *Net Present Value* (NPV)

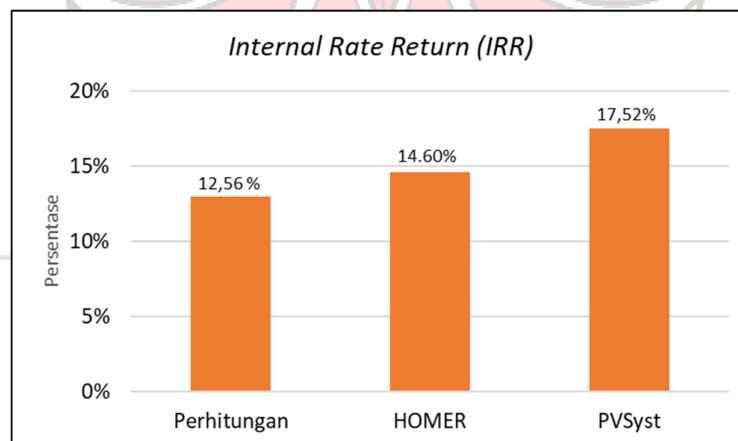


Gambar menunjukkan 4.43 *Net Present Value* (COE) per tahun dari hasil perhitungan diperoleh sebesar Rp. 26.782.000, sedangkan hasil simulasi dari *software* HOMER diperoleh sebesar Rp. 76.763.610, dan sebesar Rp. 98.187.881 dari simulasi *software* PVSyst.



Gambar 4.44 Grafik Perbandingan *Discount Payback Period (DPP)*

Gambar 4.44 menunjukkan *Discount Payback Periode (DPP)* atau periode pengembalian modal, dari hasil perhitungan diperoleh selama 11 tahun 7 bulan, sedangkan hasil simulasi dari *software* HOMER diperoleh selama 7.1 tahun, dan selama 10.7 tahun dari simulasi *software* PVSyst.



Gambar 4.45 Grafik Perbandingan *Internal Rate of Return (IRR)*

Gambar 4.45 menunjukkan *Internal Rate of Return (IRR)*, dari hasil perhitungan diperoleh nilai IRR sebesar 12,56 %, sedangkan hasil simulasi dari *software* HOMER diperoleh sebesar 14,60%, dan sebesar 17,52 % dari simulasi *software* PVSystem.

#### **4.5 Detailed Engineering Design (DED)**

Penyusunan DED merupakan tahapan perencanaan dari suatu proyek atau konstruksi yang merupakan upaya menyediakan acuan dalam pelaksanaan pekerjaan. Detail Engineering Design (DED) yang dipergunakan untuk menentukan harga perhitungan sendiri, gambar desain teknis serta rencana kerja dan syarat yang dipergunakan pada saat persiapan barang dan jasa. Penyusunan detail engineering design perencanaan pembangkit listrik tenaga surya PLTS pada atap kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan sistem hybrid meliputi perencanaan teknis, desain gambar kerja, rencana anggaran biaya dan syarat-syarat pengerjaan.

##### **4.5.1 Perencanaan Teknis**

###### **4.5.1.1 Konfigurasi PV dan *Single Line* PLTS Hybrid**

Jenis PV yang digunakan adalah Canadian Solar CS3W 410 Wp, 39.1 Volt, dan 10.49 Ampere. Jumlah panel solar sebanyak 16 unit yang kemudian dibagi menjadi dua string dimana pada masing-masing string terdapat 8 unit PV yang dirangkai secara seri. PV diletakkan pada kedua sisi atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap tersebut, kemudian kedua string dirangkai secara paralel yang menghasilkan tegangan 283 Volt DC. Jenis kabel yang digunakan pada PV yaitu

NYN 2,5 mm<sup>2</sup> dihubungkan ke inverter dan dilengkapi dengan MCB DC 25 ampere.

#### 4.5.1.2 Detail Bangunan

Kantor PT. sinopacific Peralatan Indonusa Makassar terletak pada pinggiran kota Makassar tepatnya Jl. Ir. Sutami, Bira Kec. Tamalanrea. Wilayah tersebut merupakan kawasan Industri yang berada pada kota Makassar. luas kantor tersebut 363,2meter persegi dengan kondisi sekitar bangunan terdapat tanah kosong yang memarkir Produk penjual dari kantor tersebut, dan tidak adanya bangunan tinggi maupun pepohonan yang memungkinkan adanya *shading* pada PV. Tipe bangunan 2 lantai dengan total tinggi 10 meter dari permukaan tanah dengan sudut kemiringan atap 10 derajat. Matahari terbit dari sisi belakang bangunan dan terbenam pada sisi depan sehingga PV dapat bekerja secara maksimal. Jenis atap yang digunakan pada bangunan yaitu trimlock spandek yang dapat menahan beban dari konstruksi PV.

#### 4.5.1.3 Pelatakan PV Pada Atap Bangunan

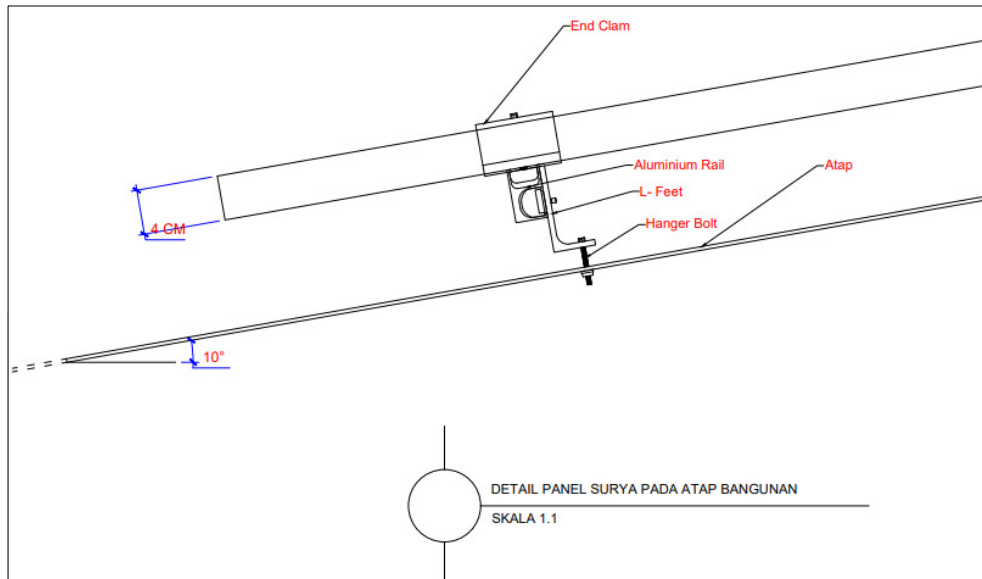
Panel surya diletakkan pada atap bangunan kantor PT. Sinopacific yang di bagi menjadi dua string, dimana masing-masing string berjumlah 8 unit PV yang di pasang pada permukaan atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap tersebut. Dudukan PV menggunakan Aluminium Rail yang di bagi menjadi dua bagian dan dipasang pada sisi atas dan bawah PV dengan masing-masing panjang Aluminium rail 8,85 meter. Pada setiap string terdapat dua buah aluminium rail yang digunakan sebagai Penyangga PV. Kemudian L-feet sebagai penopang dari dudukan PV dikaitkan pada tulang atap menggunakan *bolt* 14 mm. jarak antara permukaan PV dengan Permukaan atap dapat disesuaikan dari 10 cm-15 cm dengan

menyetel pada L-feet tersebut. Komponen lainya yang digunakan pada struktur PV yaitu End Clamp untuk mengikat PV dengan aluminium rail, Mid Clamp digunakan untuk mengikat antara PV satu dengan PV yang lainya dengan jarak 3 cm. kedua string PV diletakkan pada pertengahan atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap secara berlawanan dari bagian depan dan belakang atap bangunan.

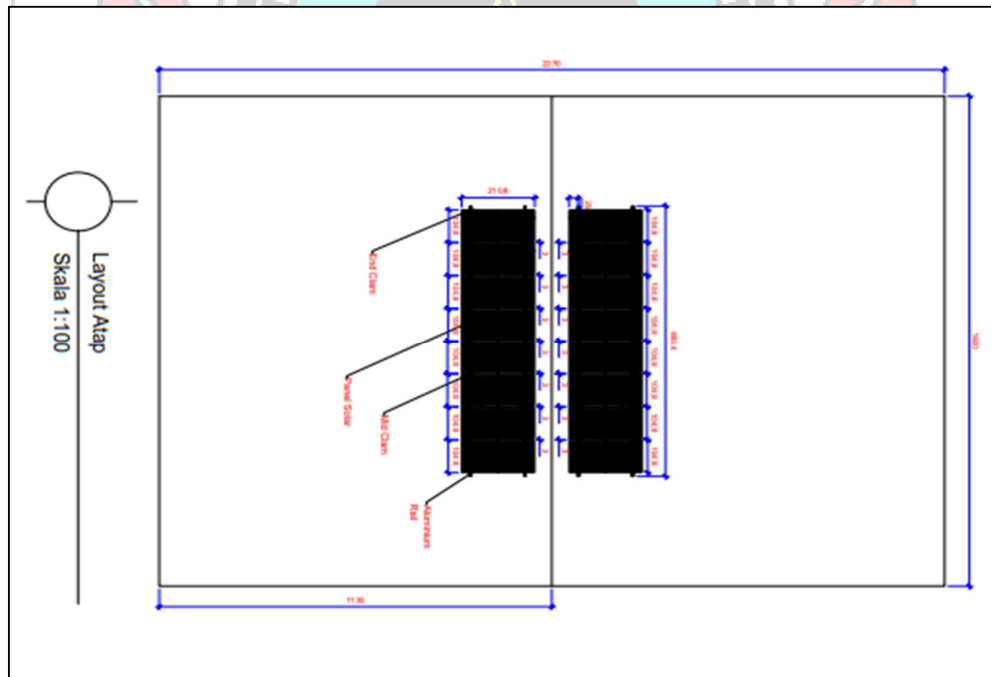
#### 4.5.1.4 Wiring Diagram

Wiring diagram atau skematik pada sistem PLTS dengan system hybrid, 16 PV dibagi menjadi dua string kemudian dirangkai secara seri untuk menaikkan Voltase dari pada PV tersebut menjadi 283 volt, kemudian kedua string dihubungkan secara paralel untuk menaikkan arus menjadi 21 Ampere. Kemudian dihubungkan ke inverter menggunakan kabel 2,5 mm<sup>2</sup> melalui MCB DC 25 Ampere. Daya yang dihasilkan dari PV kemudian akan disimpan kedalam baterai dengan kapasitas 48 Volt DC 100 Ah, sebelum disalurkan ke beban makan di arus DC dikoversi menjadi arus AC pada sebuah smart Inverter kapasitas 48 V 6200 Watt, kemudian disalurkan pada beban listrik. Apabila terjadi kekurangan daya dari PLTS maka inverter akan mengambil daya dari PLN.

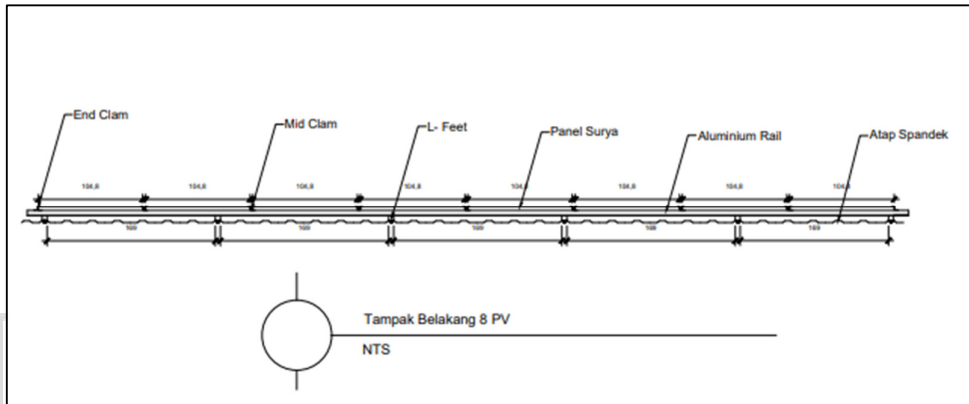




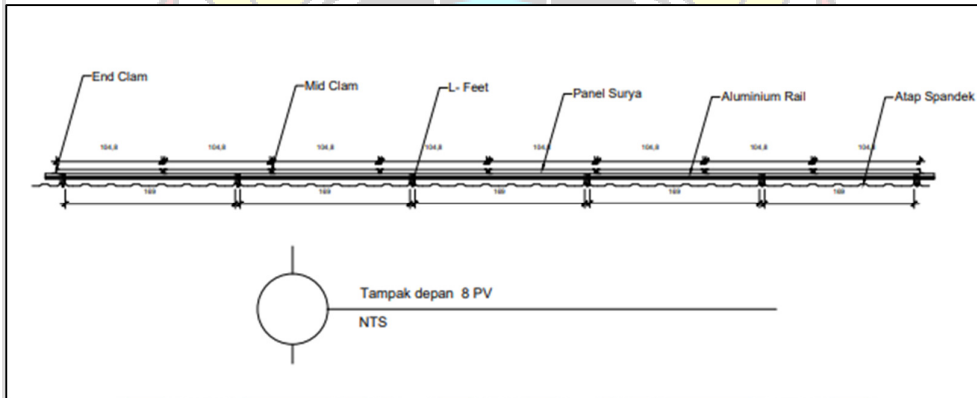
Gambar 4.48 Detail PV Pada Atap Bangunan



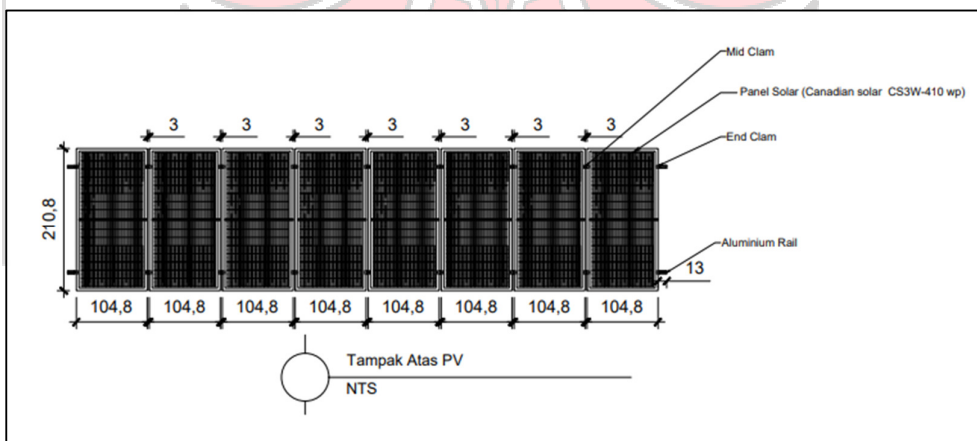
Gambar 4.49 Layout Atap PLTS Hybrid



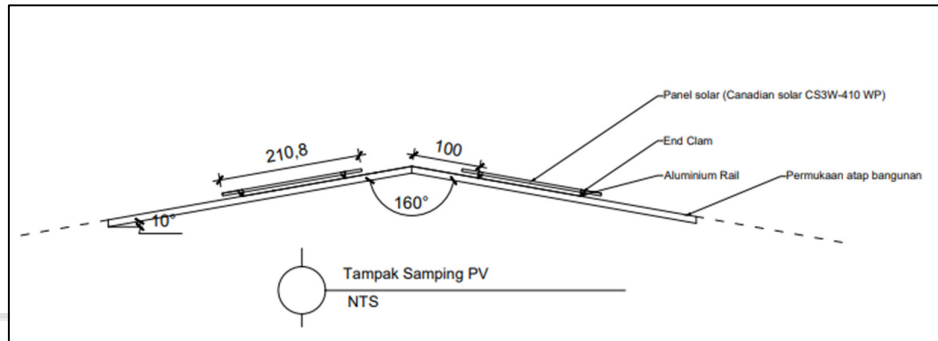
Gambar 4.50 Tampak Belakang 8 PV



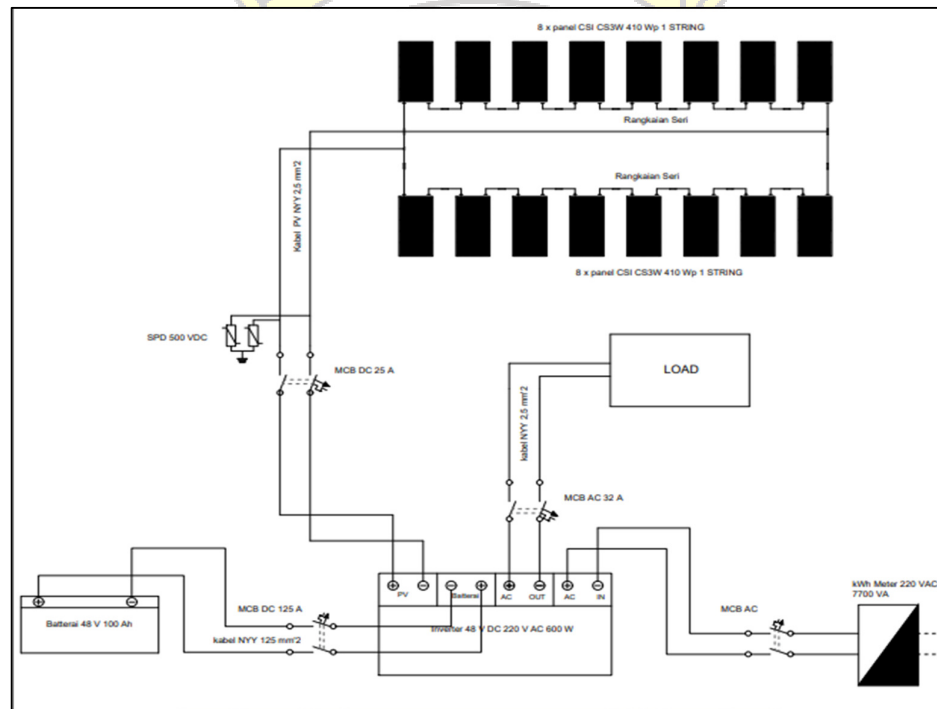
Gambar 4.51 Tampak Depan 8 PV



Gambar 4.52 Tampak Atas 8 PV



Gambar 4.53 Tampak Samping PV



Gambar 4.54 Wiring Diagram PLTS Hybrid



4.5.3 Gambar Kerja 3D



Gambar 4.55 Tampak Samping



Gambar 4.56 Tampak Atas

#### 4.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

##### 4.6.1 Perhitungan Komponen Struktur

###### 1) Struktur Dudukan PV

###### a. aluminium rail

String 1 + string 2 = 8,85 meter x 4 total kebutuhan = 20 meter

###### b. Mid Clamp 35 x 40 mm<sup>2</sup>

String 1 + string 2 = 14 pcs x 2 total kebutuhan = 28 pcs

###### a. End Clamp 35 x 40 mm<sup>2</sup>

String 1 + string 2 = 8 pcs x 2 total kebutuhan = 16 pcs

###### 2) Perkabelan

Kabel NYY 2,5 mm<sup>2</sup> total kebutuhan = 30 meter

Kabel NYY 35 mm<sup>2</sup> total kebutuhan = 2 meter

Kabel NYY 4 mm<sup>2</sup> total kebutuhan = 10 meter

##### 4.6.2 Daftar Harga Satuan Dasar Upah

Table 4.11 Daftar Harga Satuan Dasar Upah

No	Uraian Upah	Satuan	Harga (Rp.)	Keterangan
1	Operator forklip	Orang/hari	560.000,00	35.000,00 / jam
2	Pekerja	Orang/hari	200.000,00	25.000,00 / jam
3	Teknisi ahli	Orang/hari	600.000,00	75.000,00 / jam
4	Pengawas lapangan	Orang/hari	400.000,00	50.000,00 / jam

##### 4.6.3 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat

Tabel 4.12 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat

No	Uraian Alat	Satuan	Harga (Rp.)	Keterangan
1	Motor forklip	Unit	750.000,00	750.000,00/hari
2	Tangga 12 meter	Unit	450.000,00	150.000,00/ hari
3	Mobilisasi	Unit	300.000,00	300.000,00/hari

#### 4.6.4 Daftar Jumlah Pekerja

Tabel 4.13 Daftar Jumlah Pekerja

No	Uraian Alat	Jumlah	Lama kontrak	Keterangan
1	Operasi forklip	1 orang	2 hari	Lama kontrak dapat berubah menyesuaikan kondisi cuaca dan faktor lainnya
2	Teknisi	4 orang	6 hari	
3	Tenaga ahli	1 orang	6 hari	
4	Pengawas lapangan	1 orang	6 hari	

#### 4.6.5 Daftar Harga Satuan Bahan

Tabel 4.14 Daftar Harga Satuan Bahan

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satua (Rp)	Jumlah Harga Satuan (Rp)
1	Panel Surya CSI CS3W 410 (Wp)	Unit	16	3.370.000,00	53.920.000,00
2	Inverter 48V DC 220V AC 6000 W	Unit	1	12.529.000,00	12.529.000,00
3	Baterai 48V 100 Ah	Unit	1	14.253.000,00	14.253.000,00
4	Aluminium Rail	m <sup>2</sup>	20	195.000,00	3.900.000,00
5	Mid clamp 35x40mm <sup>2</sup>	Pcs	28	13.000,00	378.000,00
6	End clamp	Pcs	8	13.000,00	104.000,00
7	L-feel dan boli	Pcs	16	44.000,00	704.000,00
8	Kabel NYY 2,5 mm	m	30	27.000,00	810.000,00
9	Kabel NYY 35 mm	m	2	71.000,00	142.000,00
10	Kabel NYY 4 mm	m	10	27.000,00	270.000,00
11	Aksesoris tambahan	unit	1		2.000.000,00
12	MCB DC 25 A 440V	Unit	1	62.000,00	62.000,00
13	MCB DC 124 A	Unit	1	78.000,00	78.000,00
14	MCB DC 32 A	Unit	1	51.000,00	51.000,00
15	SPD DC 500 VDC	Unit	1	225.000,00	225.000,00
16	Safety helmet NSA	Unit	5	75.200,00	376.000,00
17	Body ful harnes	Pcs	5	116.000,00	580.000,00
18	Safety shoes	Pcs	5	120.000,00	600.000,00
Jumlah					90.982.000,00

#### 4.6.6 Rekapitulasi Anggaran

Tabel 4.15 Rekapitulasi Anggaran

No	Uraian	Jumlah harga Semua (Rp)
I.	Penyewaan alat	1.500.000,00
II.	Total harga bahan	90.982.000,00
III.	Upah pekerja	11.360.000,00
IV.	Mobilisasi komponen	300.000,00
V.	Konsumsi	3.650.000,00
Total (I+II+III+IV+V)		107.792.000,00
PPN 11%		11.857.120,00
Dibulatkan		119.777.120,00
Terbilang: Seratus Sembilan Belas Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Tujuh Seratus Dua Puluh Ribu Rupiah.		

#### 4.7 Analisa Teknis

Tabel 4.16 Analisa Teknis

Jenis Pekerjaan	Mobilisasi Komponen Utama	Keterangan
<b>Waktu pengerjaan</b>	<b>Hari Pertama</b>	
	PV	
	Inverter	
	Baterai	
	Aluminium Rail 2.1 M	
	Mid Clamp 40 mm	
	End Clamp 40 mm	
	L Feet + Hanger Bolt	
	MCB DC 25 A 440 V	
	MCB DC 125 A	
	MCB AC 32 A	
	SPD DC 500 VDC	
	Kabel NYY 2,5 mm <sup>2</sup>	
	Kabel NYY 35 mm <sup>2</sup>	
	Kabel NYY 4 mm <sup>2</sup>	
	Aksesoris Tambahan	
Paraf sopir		Paraf penerima

Jenis pekerjaan	Pembuatan struktur penyangga PV 2 string
Waktu pengerjaan	Hari kedua
Perakitan dan pemasangan penyangga PV pada atap	2 string
Operator forklip	1 orang = 1 hari
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

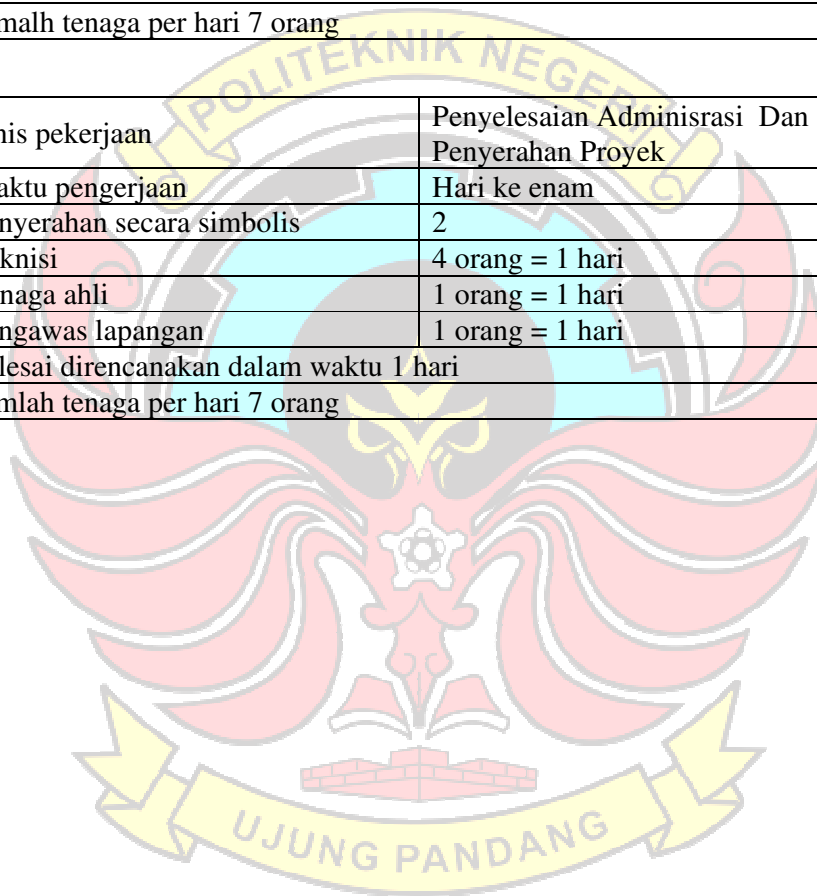
Jenis pekerjaan	Perakitan 16 PV menjadi 2 string
Waktu pengerjaan	Hari kedua
Perakitan dan pemasangan PV pada atap	2 string
Operator forklip	1 orang = 1 hari
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	Perakitan komponen utama PLTS Hybrid
Waktu pengerjaan	Hari ketiga
Pemasangan komponen utama dan instalasi listrik sistem hybrid dengan PLN	2 string
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	<i>Finishing And Commisioning Test</i>
Waktu pengerjaan	Hari ke empat
Melakukan pengujian PLTS hybrid	6,56 kWh
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari

Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	
Jenis pekerjaan	Meeting dan evaluasi
Waktu pengerjaan	Hari ke lima
Melakukan presntasi dan evaluasi hasil perencanaan	Pihak pelaksana dan client
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumalh tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	Penyelesaian Adminisrasi Dan Penyerahan Proyek
Waktu pengerjaan	Hari ke enam
Penyerahan secara simbolis	2
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	



#### 4.8 Time Schedule PLTS

*Time Schedule* adalah jadwal yang dibuat oleh *project manager* untuk mengatur pihak yang bersangkutan dalam suatu *project* agar *project* dapat selesai tepat pada waktunya (Questibrilia, 2020). Adapun *Time schedule* untuk perencanaan PLTS di PT. Sinopacific dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 *Time schedule* PLTS

No	Uraian	Jadwal pekerjaan													
		Minggu 1							Minggu 2						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
	Mobilisasi komponen	■													
	Perakitan struktur PV	■	■												
	Perakitan 16 PV 2 string	■	■												
	Pemasangan komponen utama			■											
	Perakitan instalasi listrik			■	■										
	Finishing and commissioning test				■	■									
	Dokumentasi	■	■	■	■	■	■								
	Meeting dan evaluasi				■	■									
	Final project (penyerahan)					■	■								

#### 4.9 Manajemen Resiko (*Risk Management*)

Dalam proyek ini terdapat 6 resiko yang telah penulis analisis mulai dari resiko yang memberikan dampak yang besar dan frekuensi terjadinya tinggi. Selain mengidentifikasi resiko yang dapat terjadi disini juga dilakukan kegiatan dalam hal mencegah ataupun menahan potensi resiko tersebut agar tidak memberikan dampak yang besar terhadap kelangsungan proyek ini.

Tabel 4.18 Manajemen Resiko

No	Risk Description	Assessment before measure			Actions (Multiple Possible)	Assessment after measure		
		P	S	P. S		P	S	P. S
1	Hujan menyebabkan target pemenuhan energi tidak tercapai	5	4	20	Kelemahan sistem PLTS adalah cuaca, dimana jika cuaca sedang mendung dan hujan maka produksi dari PLTS akan berkurang sehingga tidak dapat memenuhi target. Oleh karena itu hal yang perlu dilakukan yaitu menyalurkan energi listrik dari baterai ke beban maupun membackup beban oleh PLN	4	2	8
2	Efisiensi modul surya belum maksimal karena kemiringannya belum tepat	4	4	16	Melibatkan orang yang ahli dalam instalasi PLTS dalam pemasangannya	2	2	4
3	Modul surya tidak menghasilkan daya yang maksimal karena adanya debu yang ada dilingkungan tersebut	4	4	16	Rutin melakukan perawatan (maintenance) dalam periode tertentu	2	1	2



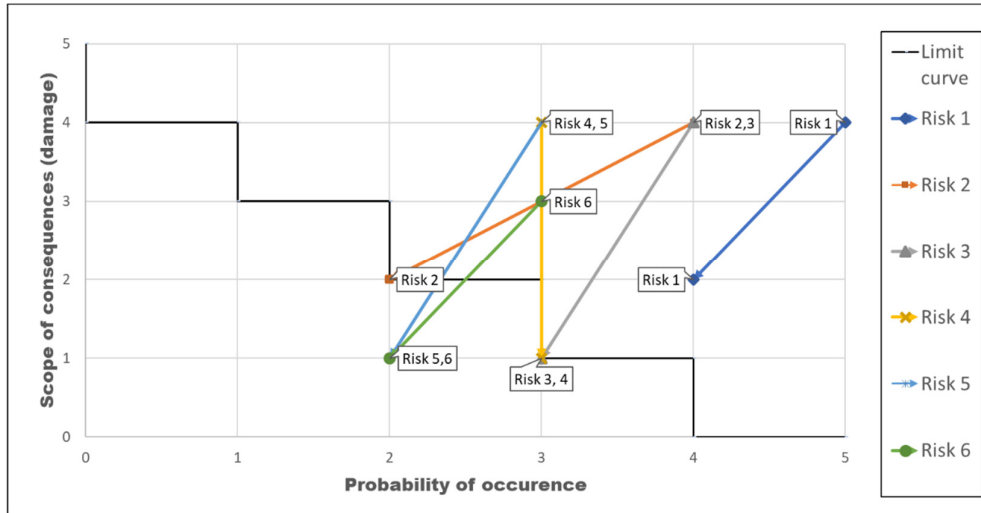
4	Seluruh komponen pendukung berpotensi terkena air di saat turun hujan, sehingga terjadi konsleting listrik dan merusak komponen	5	3	15	Membuat sebuah pusat penyaluran energi yang tertutup dan aman	3	1	3
5	Teknisi yang belum terlalu kompeten sehingga memerlukan teknisi luar ketika terdapat permasalahan yang lebih kompleks	3	4	12	Mempekerjakan teknisi dan operator berpengalaman dan memberikan Pembekalan kepada SDM dari PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dalam Mengontrol Sistem PLTS.	3	1	3
6	Berpotensi terjadinya kehilangan komponen karena dicuri	3	4	12	Melakukan Program pendampingan dan Jadwal untuk menjaga keamanan	2	1	2

Assessment scale	Probability of occurrence	Scope of consequences (damage)	Kemungkinan terjadi	Lingkup kerusakan
1	Not probable at all	Declinable	tidak mungkin sama sekali	Dapat dihindari
2	Not probable	Low	tidak mungkin	Rendah
3	possible	Medium	mungkin	Sedang
4	probable	High	mungkin	Tinggi
5	certain	Very high	yakin	Sangat tinggi

Berdasarkan Tabel 4.18 maka dapat disimpulkan bahwa resiko hujan yang menyebabkan target pemenuhan energi tidak tercapai, menjadi resiko yang kemungkinan terjadinya sangat tinggi, dan Potensi kecurian komponen menjadi resiko yang kemungkinan terjadinya sedang atau jarang terjadi.

Setelah mengidentifikasi potensi resiko yang terjadi pada Tabel 4.18, selanjutnya membuat grafik yang menunjukkan besar pengaruh resiko yang terjadi

dengan pengaruhnya setelah dilakukan kegiatan pencegahan seperti yang tampak pada Gambar 4.57 berikut.



Gambar 4.57 Grafik Manajemen Resiko

#### 4.10 Manajemen Stakeholder

Tabel 4.19 Manajemen Stakeholder

Pemangku Kepentingan	Pengaruh Kepentingan	Level	Kekuasaan, pengaruh dan wewenang	Level	Reaksi yang diharapkan pada proyek	Evaluasi	Tindakan
			Badan usaha negara yang bergerak di bidang pembangkit, transmisi dan distribusi kelistrikan negara		Proyek berjalan dengan baik, lancar dan dapat memenuhi kebutuhan pemakaian		Melakukan operasi dan pemeliharaan sistem PLTS
PLN	Distributor dan	3		3		+	

	pengelola listrik		Bertanggung jawab dalam melaporkan isu-isu atau kendala yang terjadi di lapangan		listrik di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar		Mendukung pemerintah dalam mengembangkan kapasitas atau pemanfaatan masyarakat tentang sistem PLTS manfaat kelistrikan, mekanisme pembayaran, dan berkelanjutan proyek
PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar	Konsumen listrik dan pemilik lahan	3	Pengguna akses listrik	1	Sangat Positif	+	Kontribusi lahan dan SDM untuk proyek, jika diperlukan
Mahasiswa	Sebagai agen perubahan dalam pengembangan energi terbarukan	1	Penyebarluasan informasi penerapan dan pemanfaatan energi terbarukan	3	Sangat Positif	+	Dapat menjadikan PLTS sebagai tempat penerapan ilmu dan praktek kerja lapangan
Politeknik Negeri Ujung Pandang	Lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan	3	Memfasilitasi pengembangan mahasiswa dalam penerapan dan pemanfaatan energi terbarukan	3	Sangat Positif	+	Mengoptimalkan tridharma pendidikan tinggi untuk mendukung pengembangan energi baru terbarukan

Setelah mengidentifikasi stakeholder yang terlibat pada tabel diatas, selanjutnya membuat matriks yang menunjukkan keterlibatan stakeholder tersebut di dalam proyek ini, seperti yang tampak pada Gambar 4.58 :

<b>Dukungan</b>	3	PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar (+)		PLN (+) Politeknik Negeri Ujung Pandang (+)
	2			
	1			Mahasiswa (+)
		1	2	3
<b>Pengaruh</b>				

Gambar 4.58 Matriks Manajemen Stakeholde



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari Perencanaan PLTS di kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan sistem *Hybrid* menggunakan *software* PVsyst, Homer Pro dan *Detail Engineering Design (DED)* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dengan sistem Hybrid ini menggunakan *software* PVsyst dengan menyesuaikan kebutuhan beban pada lokasi yang dijadikan tempat perencanaan yaitu pada atap kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yang didukung dengan potensi radiasi matahari sebesar 5.53 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan rata-rata energi sebesar 30399 Wh/hari, dengan modul panel yang digunakan yaitu jenis *Polycrystalline* model CS3W-410P pabrikan Canadian Solar Inc, dan tiap unit panel yang digunakan memiliki nominal power 410 Wp dibutuhkan 16 modul, 8 modul terpasang seri dengan 2 string yang terhubung secara seri paralel yang diinput ke dalam *software* PVsyst. Adapun Baterai yang dibutuhkan pada perencanaan ini menggunakan jenis Lithium-ion dengan merk “ZTE ZXDC48 FB101”. Baterai yang digunakan sebanyak 1 unit dengan kapasitas 48 V 100 Ah, dengan inverter menggunakan merek Powmr 6200W Hybrid Solar Inverter. Sehingga pada perencanaan PLTS yang menggunakan *software* PVsyst pada kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar ini dapat menghasilkan energi listrik sebesar 8798 kWh per tahun.

2. Biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk perencanaan sistem PLTS di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar adalah sebesar Rp 90.726.000. Berdasarkan hasil perhitungan numerik, maka diperoleh biaya energi per tahun sebesar Rp. 1.264/kWh, dan nilai NPV sebesar Rp.26.782.000 pertahun, dengan periode pengembalian modal selama 11 tahun 7 bulan. Sedangkan berdasarkan hasil simulasi HOMER, maka diperoleh biaya energi per tahun sebesar Rp. 772.19/kWh, dan nilai NPV sebesar Rp.76.763.610 per tahun, dengan periode pengembalian modal selama 7.1 tahun. Adapun hasil simulasi PVsyst, diperoleh biaya energi per tahun sebesar Rp. 1.902/kWh, dan nilai NPV sebesar Rp.98.187.881 per tahun, dengan periode pengembalian modal selama 10.7 tahun. Setelah dilakukan perhitungan analisis ekonomi teknik untuk sistem PLTS, maka Investasi PLTS tersebut dinyatakan Layak untuk diinvestasikan, karena *NPV* bernilai positif ( $> 0$ ), Periode DPP waktu lebih pendek dari umur proyek (*periode cutoff*), *PI* ( $1,30 > 1$ ) dan nilai *IRR* lebih tinggi dari tingkat suku bunga.
3. Peletakan panel surya pada atap kantor PT. Sinopacific yang di bagi menjadi 2 string kemudian masing-masing string diletakkan pada sisi depan dan sisi belakang atap kantor mengikuti sudut kemiringan atap tersebut, sehingga PV dapat bekerja secara maksimal dikarenakan matahari terbit dari sisi belakang dan terbenam pada sisi depan kantor tanpa adanya shading material yang digunakan sebagai dudukan PV seperti aluminium rail dengan 3540mm, penampang 55 x 28 x 1,5 mm. Mid clam 35 x 45 mm sebanyak 28 unit, End Clam 35 x 45 mm dengan jumlah 4 unit, Bolt 14 mm dengan jumlah 16 unit,

L-Feet 87 x 42 x 42 mm dengan jumlah 24 unit, dan Bolt jenis WIK H04 dengan jumlah 24 unit.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Sehingga biaya PLTS dapat lebih murah sehingga masyarakat tertarik untuk mengembangkan dan memanfaatkan listrik yang bersumber dari matahari (PLTS).
2. Menyadari bahwa perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem *Hybrid* ini belum sempurna dan belum terealisasikan, sehingga pengembangan dan riset dapat terus dilakukan untuk mewujudkan sistem yang lebih baik, dan kompleks baik itu menggunakan aplikasi simulasi yang sama ataupun berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ab Kadir, M. Z. A., dan Rafeeu, Y. 2010. A review on factors for maximizing solar fraction under wet climate environment in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2243-2248.
- Abuk, G. M., dan Rumbino, Y. 2020. Analisis Kelayakan Ekonomi Menggunakan Metode Net Present Value (NPV), Metode Internal Rate Of Return (IRR) Payback Period (PBP) Pada Unit Stone Crusher di CV. X Kab. Kupang Prov. NTT. *Jurnal Teknologi*, 14(2), 68-75.
- Afif, F., dan Martin, A. 2022. Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(1), 43-52.
- Al Bahar, A. K., dan Maulana, A. T. 2018. Perencanaan dan Simulasi Sistem PLTS Off-Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS. *Jurnal Ilmiah Elektro krisna*, 6(3), 97-107.
- Al-Qutub, R.W.A. 2010, "Treatment of Surface Water by Autonomous Solar Powered Membrane Cells", Palestine: An-Najah National University.
- Amri, Dahlia Walil. 2023. Perancangan Dan Pembangunan Plts Terpusat Dengan Skala 10 Kw Tipe On-Grid 3 Phase Di Kandang Jatinom; (Desain Sistem Proteksi). *Laporan Tugas Akhir*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Aprilianti, K. P. dkk. 2020. Potential assessment of solar power plant: A case study of a small island in Eastern Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (599(1)1,012-026). IOP Publishing.
- Asy'ari, dkk. 2012. Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya. *Simposium Nasional RAPI, XI FT UMS* 52-57.
- Bawalo, J., dkk . 2021. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud.
- BPS, 2023. tingkat suku bunga kredit bank persero. <https://www.bps.go.id/indicator/13/379/1/bi-rate.html>. Diakses pada 14 April 2023.
- Builder Future Construction. 2023. Jenis Baterai untuk Listrik Tenaga Surya. (Online) <https://www.builder.id/baterai-panel-surya/>. Diakses Tanggal 08 April 2023



- Builder Future Construction. 2023. Tipe Pemasangan Solar Panel untuk Menghasilkan Energi Maksimal. (Online). <https://www.builder.id/baterai-panel-surya/>. Diakses Tanggal 04 April 2023.
- Firmansyah. 2023. Desain Sistem Proteksi Dc Box Pada Perancangan Dan Pembangunan PLTS *On-Grid* Dengan Skala 2,1 Mwp Di Pt. X Karawang. *Laporan Tugas Akhir*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Gilang, P. L. 2022. Perencanaan Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pltb Dan Plts Di Lokasi Ekowisata Desa Gunungrejo Kecamatan Singosari Kabupaten Malang (Doctoral Dissertation, Itn Malang).
- Halim, A. 2009. Analisis Kelayakan Investasi Bisnis. Yogyakarta: Graha Ilmu. <https://powmr.com/products/hybrid-inverter-charger-6200w-220vac-48vdc> Diakses pada 2 Agustus 2023.
- ICAsolar. 2023. Menghitung Penghematan Biaya Listrik Per Panel Surya. <https://m.icasolar.com/support/blog/hitung-per-panel>. Diakses Tanggal 05 April 2023.
- Julisman, A., dkk. 2017. Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 2(1).
- Kurniawan, I. A. 2016. Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Pemanfaatan Solar Potential Analysis as Steam Power Plant (Paiton) Area. 1-99.
- Mahardika, A., dkk. 2016. Rancang bangun baterai charge control untuk sistem pengangkat air berbasis arduino uno memanfaatkan sumber PLTS. *E-Journal Spektrum*, 3(1), 26-32.
- Mitra Hijau. 2021. *Buku Panduan Perencanaan, Pembangunan, Operasional Dan Pemeliharaan PLTS Atap*. Jakarta: Mitra Hijau.
- Muslim, S., dkk. 2020. analisis kritis terhadap perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tipe photovoltaic (PV) sebagai energi alternatif masa depan. *Rang Teknik Journal*, 3(1), 119-130.
- Nugroho, Y. A. 2016. Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di PT Pertamina (Persero) Unit Pengolahan IV Cilacap (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya).
- Oktarina, A. H. 2021. Analisa Pengaruh Perubahan Intensitas Cahaya Terhadap Keluaran Daya Panel Surya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid 450 Va Di Politeknik Negeri Sriwijaya (Doctoral Dissertation, Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya

Omran, 2000. Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems. 2000. USA: IEEE-SA Standards Board.

Pengadaan.web.id. 2016. Pentingnya Detail Engineering Design (DED), Syarat dan Cara Membuatnya, , <https://www.pengadaan.web.id/2016/01/pengertian-detail-engineering-design-ded-dalam-pekerjaan-konstruksi.html>. Diakses pada 28 juni 2023.

Powersurya.co.id. 2020. Sistem Hybrid PLTS, <https://www.powersurya.co.id/plts-hybrid>. Diakses pada 01 Juli 2023.

Powmr.com. 2013. Smart Inverter Hybrid. <https://powmr.com/>. Diakses pada 16 Juli 2023.

Prayogi, A. A. 2018. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (PLN-Solar Cell) Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Menggunakan Homer.

Putranto, Choirul Alfian, Windarta Windarta Jaka dan Darjat. 2021. Pengujian Dan Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *Hybrid* Kapasitas 1230wp Pada Sma Negeri 3 Surakarta. *TRANSIENT*. 10(3), 478-487.

Questibrilia, Bivisyani. 2020. Project Scheduling untuk Hindari Konflik Penjadwalan, (online), (<https://www.jojonomic.com/blog/konflik-penjadwalan/>), Diakses 9 Oktober 2023)

Ramadhani, Bagus. 2018. Instalasi pembangkit listrik tenaga surya Dos & Don'ts. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (Endev) Indonesia Jakarta.

Ruskardi. 2015. Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Off-grid Solar System sebagai Sumber Energi Alternatif (Studi Kasus: Dusun Sedayu Desa Pulau Limbung Kecamatan Sungai Raya Kabupaten Kubu Raya), *Jurnal ELKHA* 1(7), 1-5.

Safrizal. 2017. Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Gedung Fakultas Sains Dan Teknologi Unisnu Jepara. *Jurnal Disprotek*.

Saghaleini, M., et al. 2011. New trends in *Photovoltaic* energy systems. In 2011 10th *International Conference on Environment and Electrical Engineering* (pp. 1-4).

Saleh, A. Z., dkk. 2021. Perencanaan Sistem Hybrid untuk Pelayanan Jaringan Kelistrikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

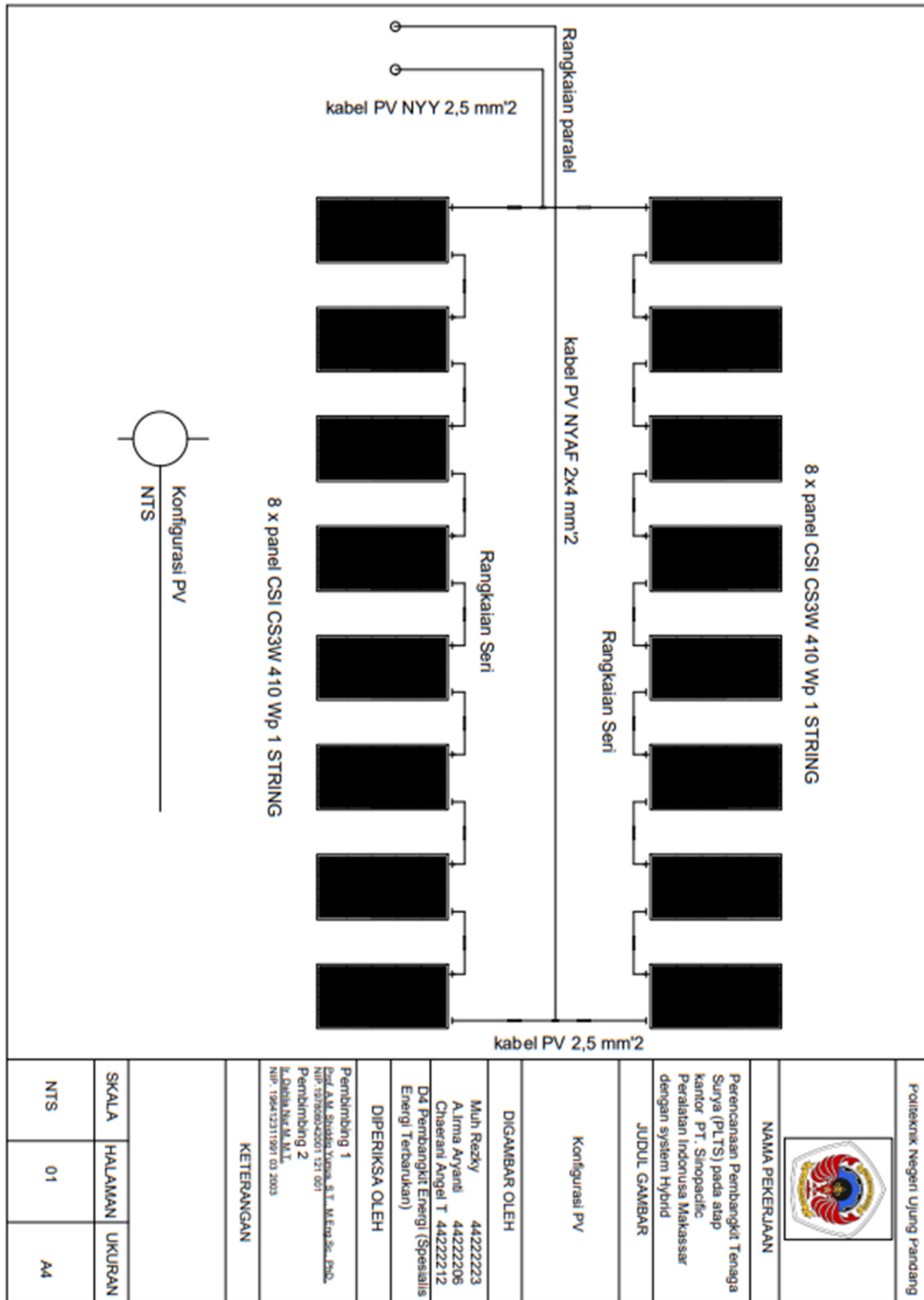
- Saputra, Indra. 2019. PVsyst, *Software* Simulasi PLTS. This IS' Blog. <https://mynameis8.wordpress.com/2019/10/16/PVsyst-software-simulasi-PLTS/>. Diakses pada 17 Mei 2023.
- Setiawan, I. A., dkk. 2014. Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli. *Jurnal Teknologi Elektro*, 1(13).
- Sihotang, G. H. 2019. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop di Hotel Kini Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- Soedjarwanto, N., dkk. 2022. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Baterai Dan Terhubung Grid Di Nias, Sumatera Utara. *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*, 3(2), 1-7.
- Suhendar. 2022. Dasar – Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Tangerang Banten: Media Edukasi Indonesia.
- Tech, T. 2018. Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat. Jakarta Selatan: USAID.
- Wahyudi, A. 2022. Kelebihan Kekurangan Panel Surya Mono dan Poli serta Perbedaan. <https://www.tptumetro.com/2021/08/kelebihan-kekurangan-panel-surya-mono.html>. Diakses pada 07 April 2023.
- Wedosolarindonesia.com. 2014. Hybrid Solar Home System. <https://www.wedosolarindonesia.com/produk/rooftop-solar-system/hybrid-solar-home-system/>. Diakses pada 01 Juli 2023.
- Wenqiang, L. Shuhua, G. Daxiong, Q., 2004. TechnoEconomic Assessment For Off-Grid *Hybrid* Generation System and Application Prospects in China. World Energy Council. London.
- Wijaya, Muhammad Hari dkk. 2019. Analisis Retrofit Lampu di Kantor Wilayah BRI Denpasar dengan Metode Life Cycle Cost. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, III (18): 293-298.

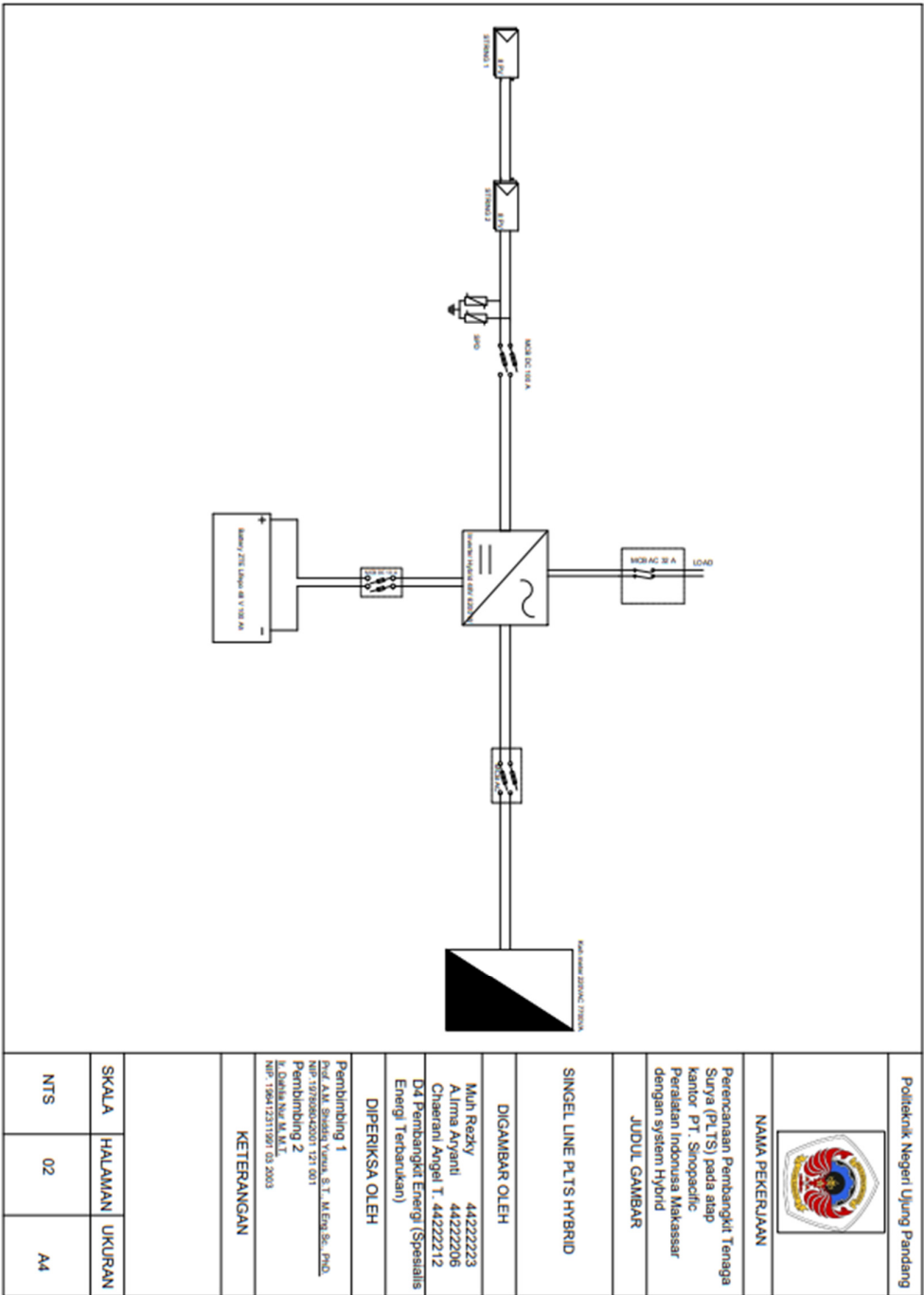
**TUGAS AKHIR**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**  
**2023**



**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)**  
**PADA ATAP KANTOR PT. SINOPACIFIC PERALATAN INDONESIA**  
**MAKASSAR DENGAN SISTEM *HYBRID***  
**TA 2022/2023**

Lampiran 1. Gambar Detail Engineering Design





Politeknik Negeri Ujung Pandang



NAAMA PEKERJAAN

Perencanaan Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific Perairan Indonesia Makassar dengan system Hybrid

JUDUL GAMBAR

SINGEL LINE PLTS HYBRID

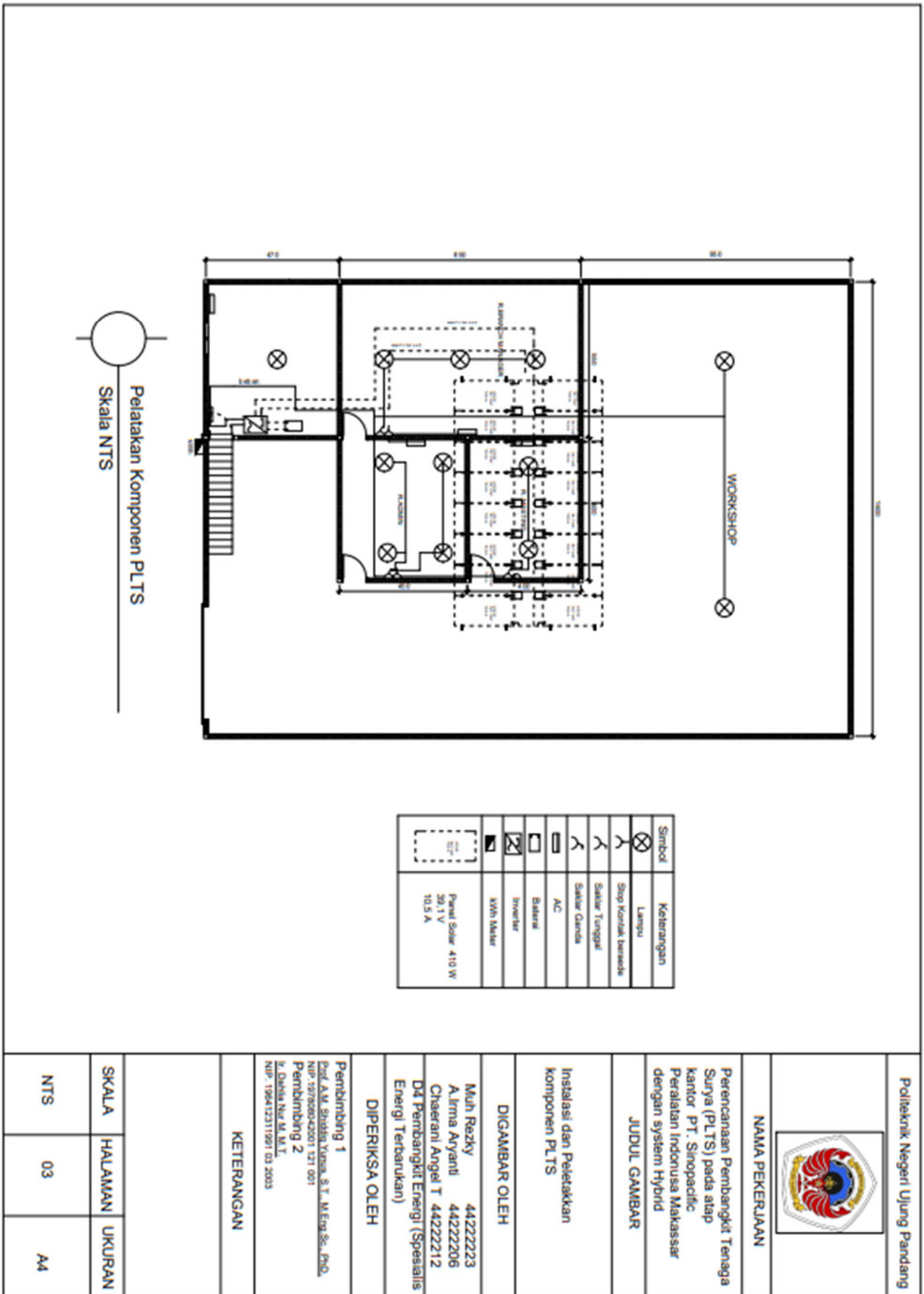
DIGAMBAR OLEH

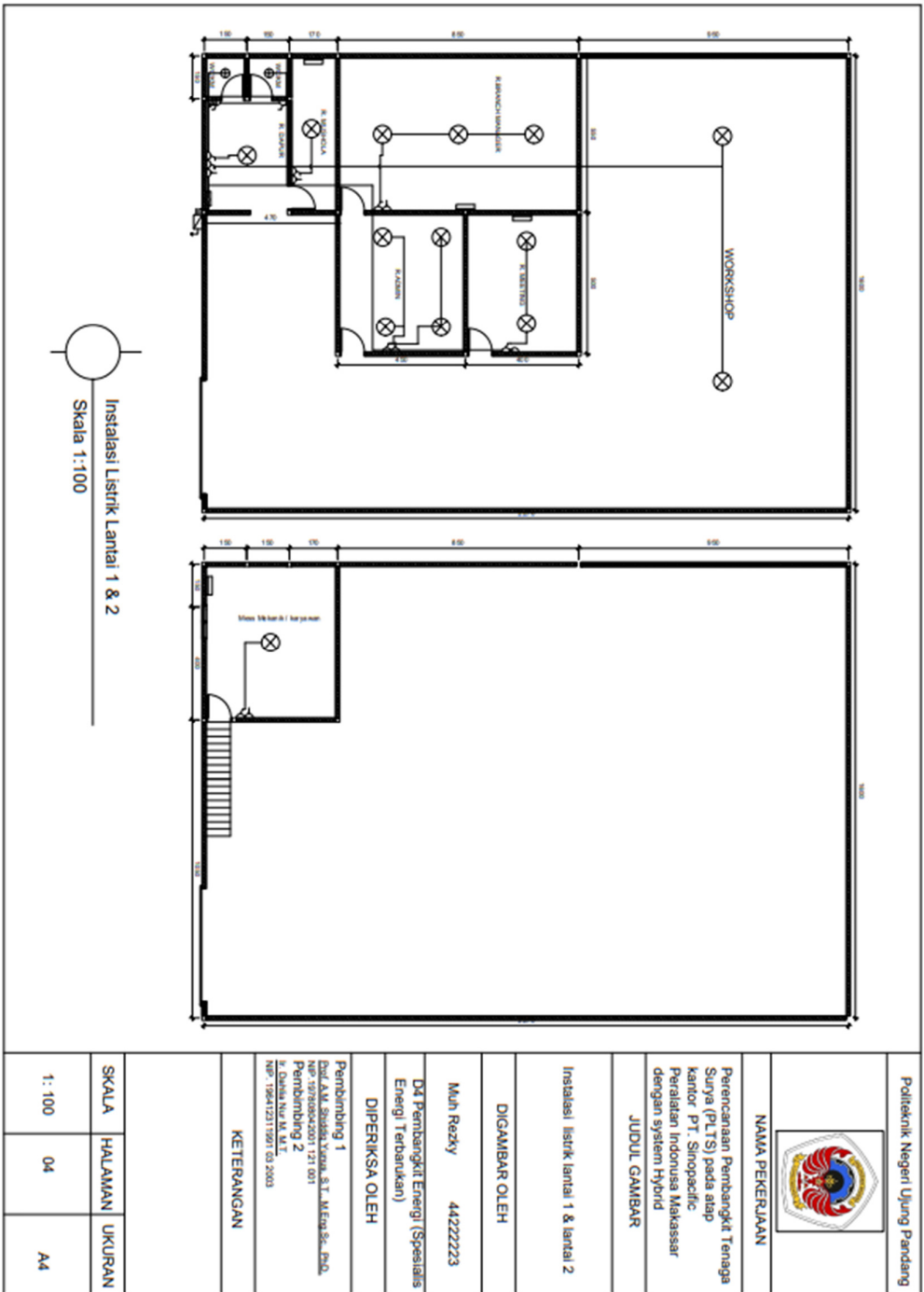
Muh Rezky 44222223  
 Alims Ananti 44222206  
 Chaerani Angeli T. 44222212  
 D4 Pembangkit Energi (Spesialis Energi Terbarukan)  
 DIPERIKSA OLEH

Pembimbing 1  
 Prof. A.M. Sholah YAKUB, S.T., M.Eng, Sc., PhD.  
 NIP. 197303020197271001  
 Pembimbing 2  
 L. GEMALAKA M. M. M.T.  
 NIP. 198412311991032003

KETERANGAN

SKALA	HALAMAN	UKURAN
NTS	02	A4





Politeknik Negeri Ujung Pandang



NAAMA PEKERJAAN

Perencanaan Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonesia Makassar dengan system Hybrid

JUDUL GAMBAR

Instalasi listrik lantai 1 & lantai 2

DIGAMBAR OLEH

Mun Rezky 44222223

Di Pembangkit Energi (Spesialis Energi Terbarukan)

DIPERIKSA OLEH

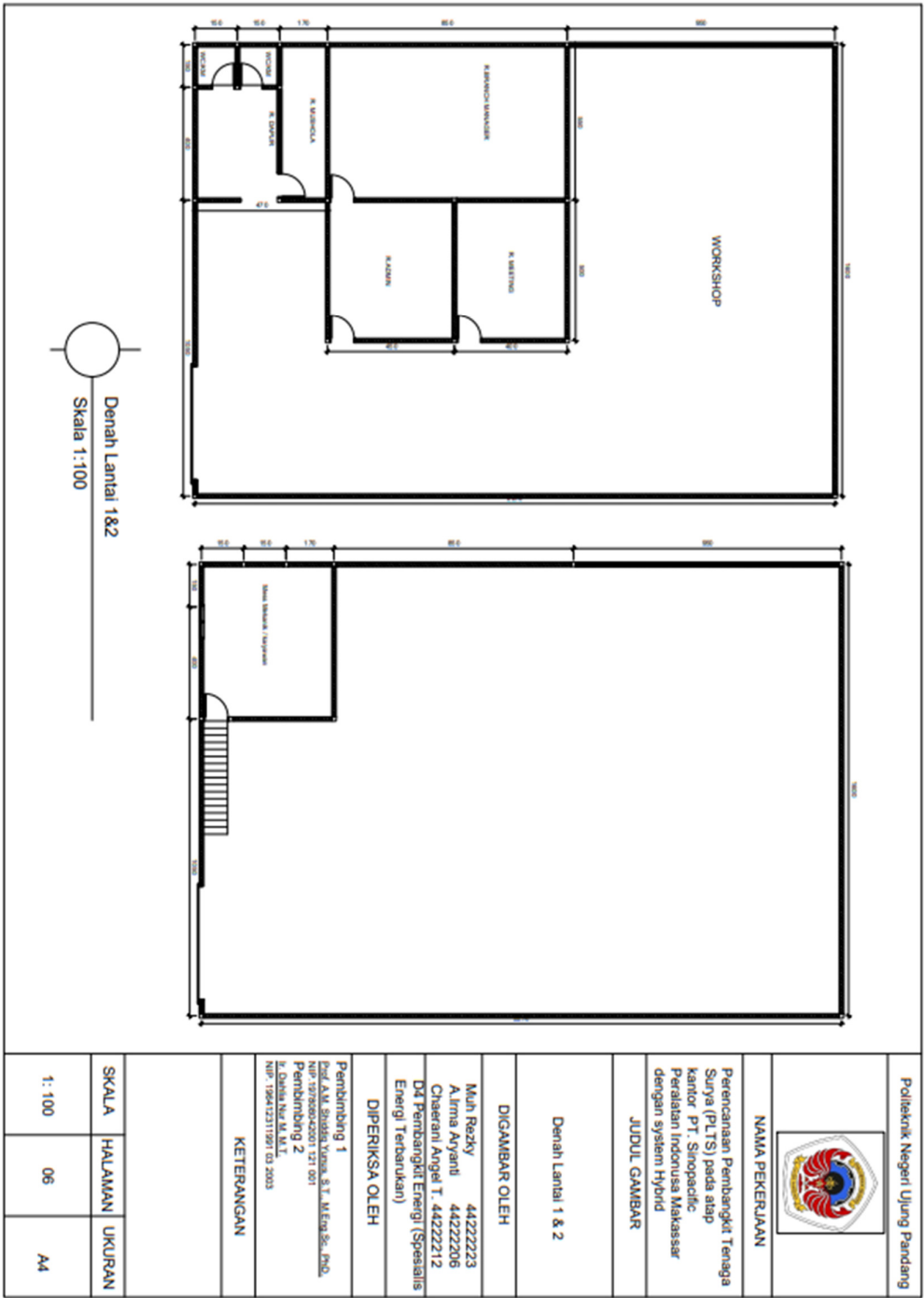
Pembimbing 1  
Drs. Lukman Hakim, S.T., M.Eng., PSE,  
NIP. 19610301197121001  
Pembimbing 2  
S. Dharma Putra, M.T.,  
NIP. 196412111987032003

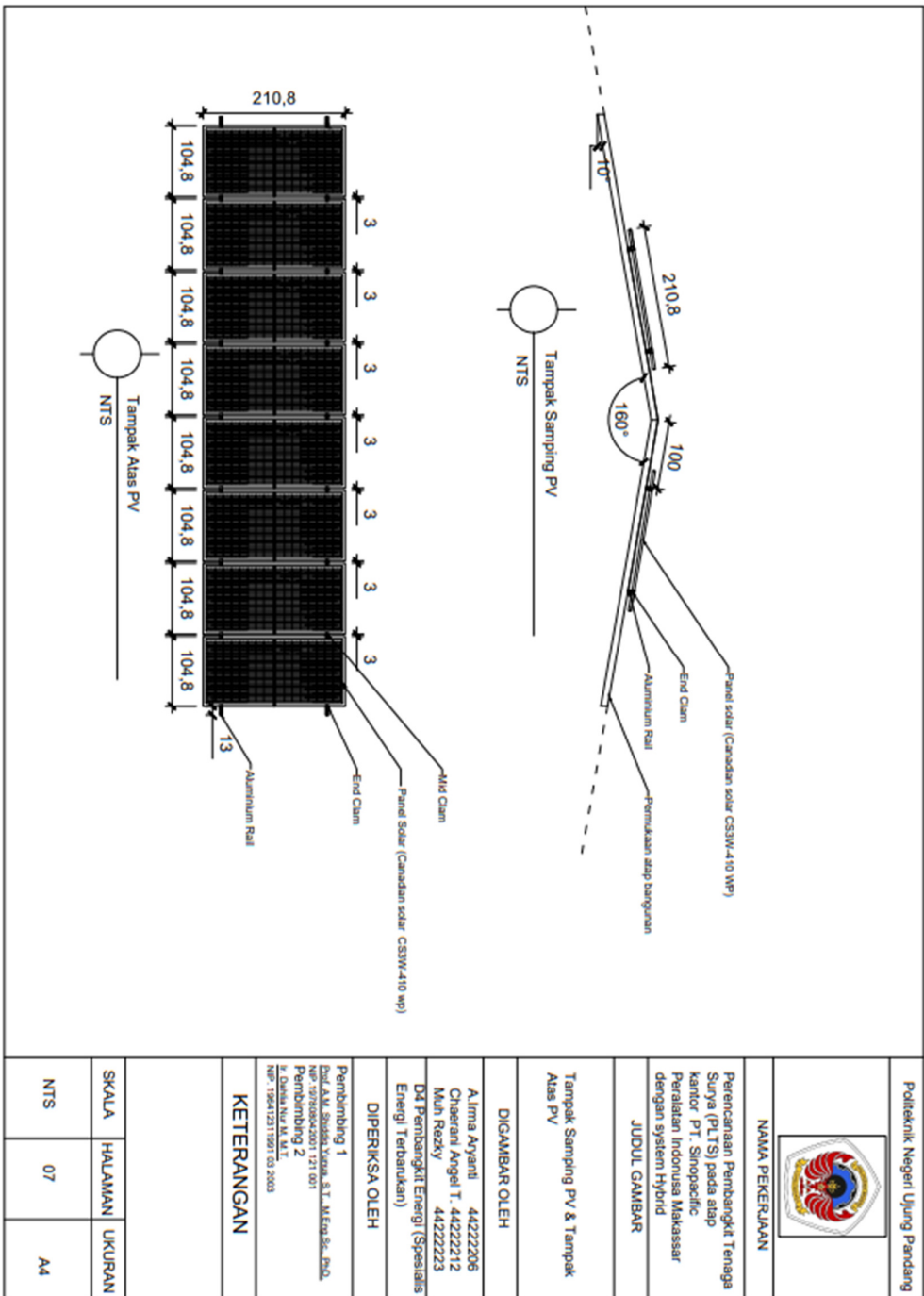
KETERANGAN

SKALA	HALAMAN	UKURAN
1 : 100	04	A4









**NAMA PEKERJAAN**

Perencanaan Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific Perlatan Indonesia Makassar dengan system Hybrid

**JUDUL GAMBAR**

Tampak Samping PV & Tampak Atas PV

**DIGAMBAR OLEH**

A Irma Ayanli 44222206  
 Chaerani Angel T. 44222212  
 Muh Rezky 44222223

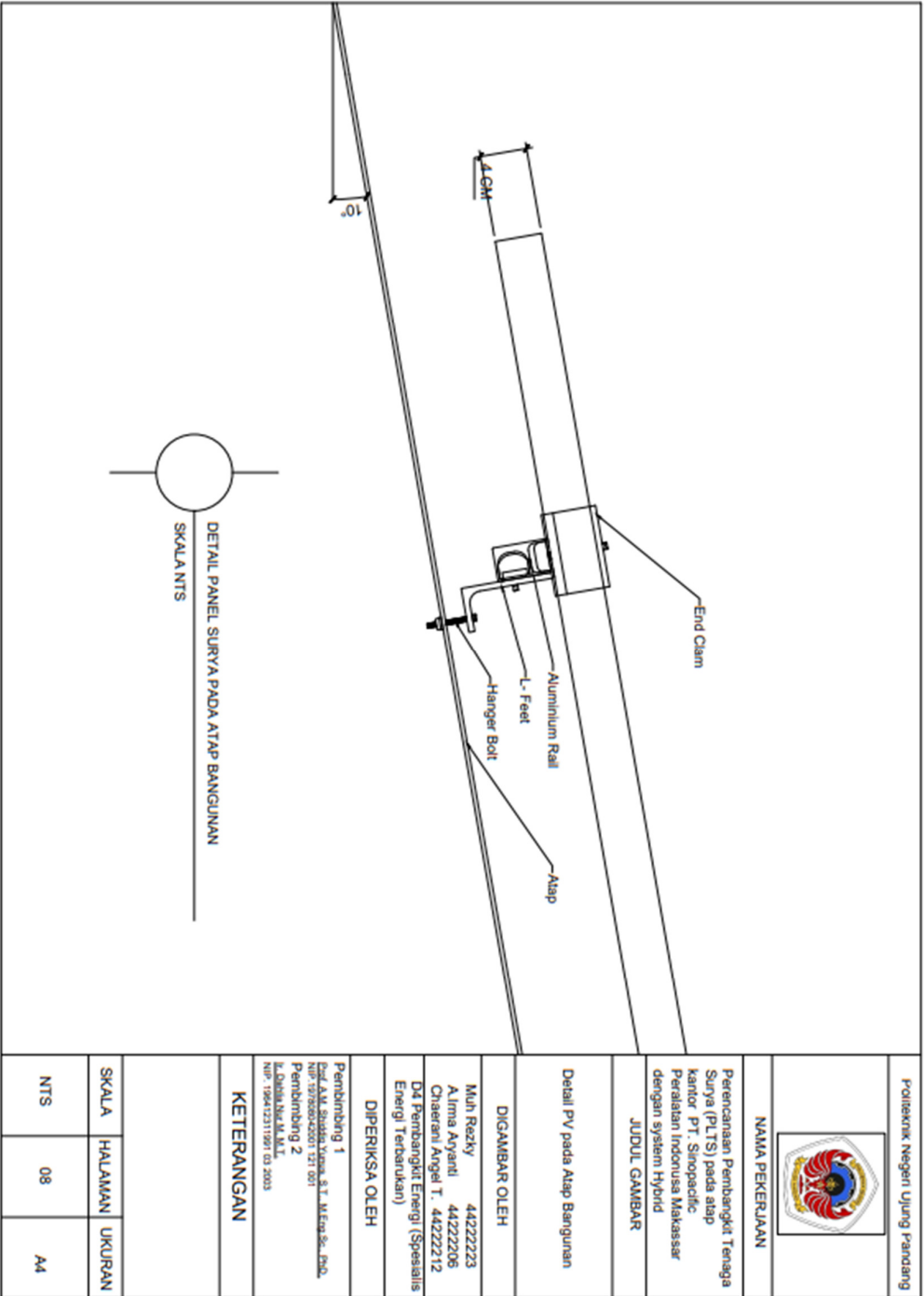
D4 Pembangkit Energi (Spesialis Energi Terbarukan)

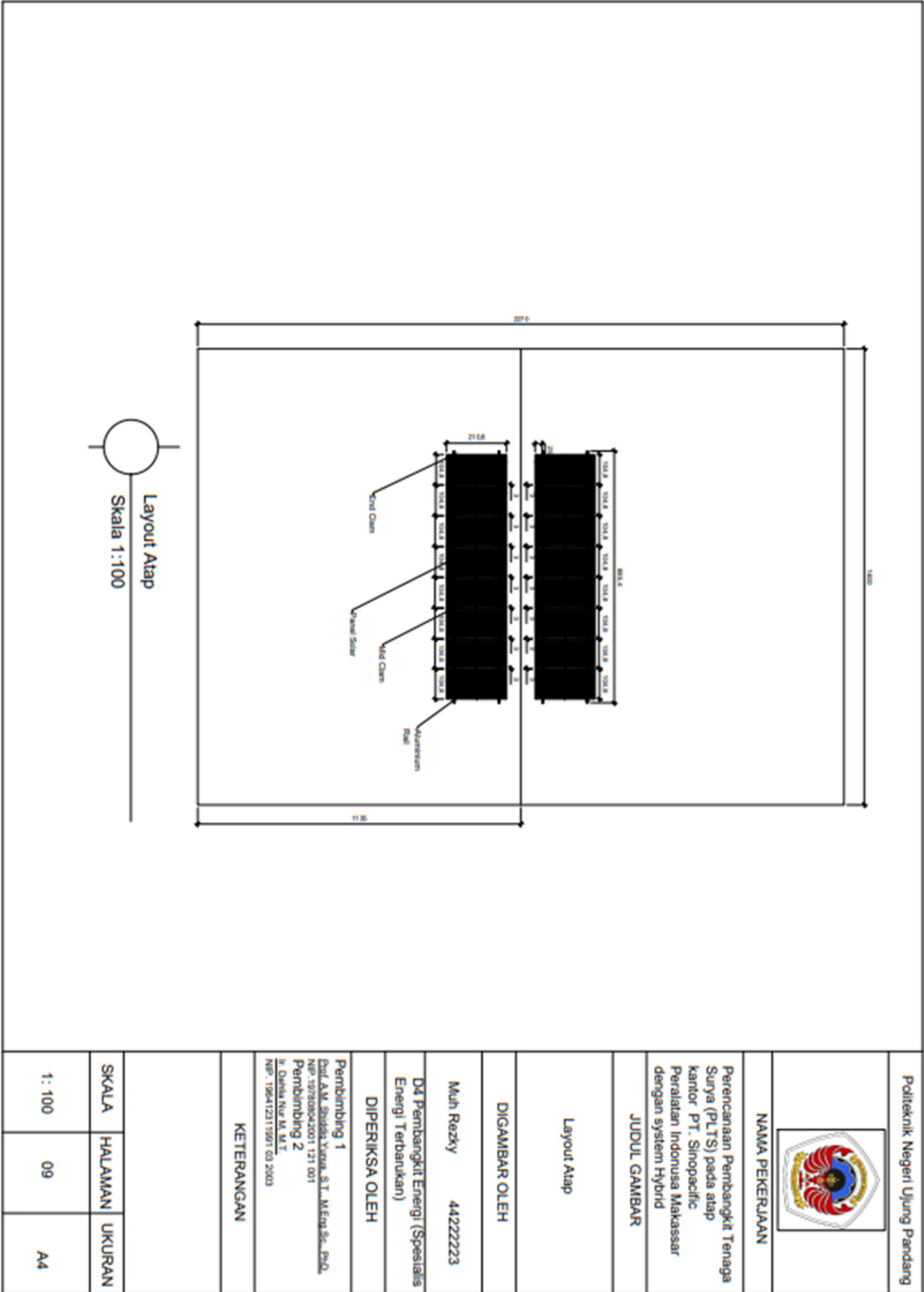
**DIPERIKSA OLEH**

Pembimbing 1  
 Dr. A.M. Sidiq, S.Kom, S.T., M.Eng, S.H., Ph.D.  
 NIP. 195003021 271 001  
 Pembimbing 2  
 Prof. Dr. H. M. H. H. H.  
 NIP. 19641231 1997 50 2003

**KETERANGAN**


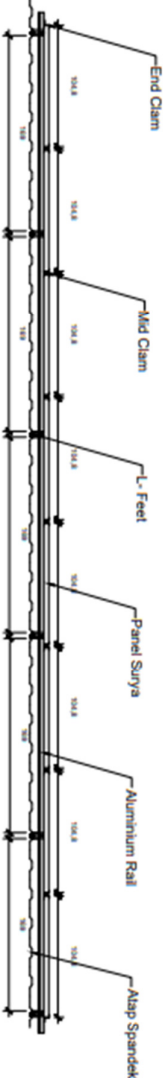
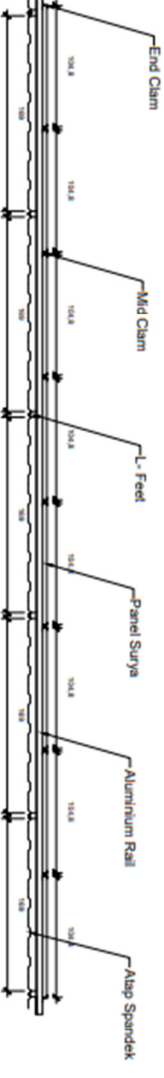
SKALA	HALAMAN	UKURAN
NTS	07	A4





Layout Atap  
Skala 1:100

Politeknik Negeri Ujung Pandang		
<b>NAMA PEKERJAAN</b>		
Perencanaan Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan system Hybrid		
<b>JUDUL GAMBAR</b>		
Layout Atap		
<b>DIGAMBAR OLEH</b>		
Muh Rezky	44222223	
<b>DA Pembangkit Energi (Spesialis Energi Terbarukan)</b>		
<b>DIPERIKSA OLEH</b>		
<b>Pembimbing 1</b> Drf. A.M. Sudda Yona, S.T., M.Eng., Ph.D. NIP. 197808242001121 001		
<b>Pembimbing 2</b> B. Dharma Nya M. M.T. NIP. 196412311975 03 2003		
<b>KETERANGAN</b>		
<b>SKALA</b>	<b>HALAMAN</b>	<b>UKURAN</b>
1 : 100	09	A4


		
Politeknik Negeri Ujung Pandang		
<b>NAMA PEKERJAAN</b>		
Perencanaan Pembangkit Tenaga Surya (PLTS) pada atap kantor PT. Sinopacific Peraltan Indonesia Makassar dengan system Hybrid		
<b>JUDUL GAMBAR</b>		
Tampak depan & tampak belakang 8 unit PV		
<b>DIGAMBAR OLEH</b>		
Muh Rezky	44222223	
A Irma Ayanti	44222206	
Chearani Angel T.	44222212	
DK Pembangkit Energi (Spesialis Energi Terbarukan)		
<b>DIPERIKSA OLEH</b>		
Pembimbing 1 Prof. A.M. Sidiq-Yusuf, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. NIP. 197008242001 121 001		
Pembimbing 2 R. Dharma Nur M. M.T. NIP. 196412311991 03 2003		
<b>KETERANGAN</b>		
		
		
Tampak depan 8 PV NTS		
Tampak Belakang 8 PV NTS		
SKALA	HALAMAN	UKURAN
NTS	11	A4



Lampiran 2. Gambar 3D



Lampiran 3. Hasil Simulasi Hybrid



Version 7.3.1

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

Project: Capstone Project\_2023

Variant: Capstone Project\_2023

No 3D scene defined, no shadings

System power: 6.56 kWp

PT. SINOPACIFIC - Indonesia

| Author





## Project: Capstone Project\_2023

Variant: Capstone Project\_2023

### PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:  
08/23/23 13:58  
with v7.3.1

### Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
PT. SINOPACIFIC Indonesia	Latitude -5.09 °S Longitude 119.48 °E Altitude 13 m Time zone UTC+8	Albedo 0.20

### Meteo data

PT. SINOPACIFIC PERALATAN INDONUSA MAKASSAR  
Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100% (Modified by user) - Synthetic

### System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	User's needs
<b>PV Field Orientation</b> Fixed plane Tilt/Azimuth 10 / 30 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	Daily household consumers Constant over the year Average 30.4 kWh/Day
<b>System information</b> <b>PV Array</b> Nb. of modules 16 units Pnom total 6.56 kWp	<b>Inverters</b> Nb. of units 1 unit Pnom total 6.20 kWac Pnom ratio 1.058	<b>Battery pack</b> Storage strategy: Self-consumption Nb. of units 1 unit Voltage 48 V Capacity 100 Ah

### Results summary

Produced Energy	8798 kWh/year	Specific production	1341 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	61.93 %
Used Energy	11096 kWh/year			Solar Fraction SF	79.30 %

### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8
P50 - P90 evaluation	9
Single-line diagram	10
Cost of the system	11
Financial analysis	12
CO <sub>2</sub> Emission Balance	15



Project: Capstone Project\_2023

Variant: Capstone Project\_2023

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date: 08/23/23 13:58 with v7.3.1

General parameters

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Sheds configuration</b>	<b>Models used</b>
Orientation	No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane		Diffuse Perez, Meteorom
Tilt/Azimuth 10 / 30 °		Circumsolar separate
<b>Horizon</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Free Horizon	No Shadings	Daily household consumers
		Constant over the year
		Average 30.4 kWh/Day
<b>Storage</b>		
Kind Self-consumption		
No grid reinjection		
<b>Charging strategy</b>	<b>Discharging strategy</b>	
When excess solar power is available	As soon as power is needed	

PV Array Characteristics

<b>PV module</b>	<b>CSI Solar</b>	<b>Inverter</b>	<b>Powmr</b>
Manufacturer	CSI Solar	Manufacturer	Powmr
Model	CS3W-410P	Model	Powmr 6200
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	410 Wp	Unit Nom. Power	6.20 kWac
Number of PV modules	16 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	6.56 kWp	Total power	6.2 kWac
Modules	2 Strings x 8 in series	Operating voltage	90-450 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.06
Pmpp	5.95 kWp		
U mpp	283 V	<b>Total inverter power</b>	
I mpp	21 A	Total power	6.2 kWac
<b>Total PV power</b>		Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	7 kWp	Pnom ratio	1.06
Total	16 modules		
Module area	35.3 m²		
Cell area	31.7 m²		
<b>Battery Storage</b>			
<b>Battery</b>			
Manufacturer	ZTE		
Model	ZTE ZXDC48 FB100CI	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>Battery pack</b>		Voltage	48 V
Nb. of units	1 Unit	Nominal Capacity	100 Ah (C10)
Discharging min. SOC	20.0 %	Temperature	Fixed 20 °C
Stored energy	3.7 kWh		
<b>Battery input charger</b>			
Model	Generic		
Max. charg. power	3.0 kWdc		
Max./Euro effic.	97.0/95.0 %		
<b>Battery to Grid inverter</b>			
Model	Generic		
Max. disch. power	4.2 kWac		
Max./Euro effic.	97.0/95.0 %		



Project: Capstone Project\_2023

Variant: Capstone Project\_2023

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:  
08/23/23 13:58  
with v7.3.1

Array losses

Array Soiling Losses

Loss Fraction 3.0 %

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance  
Uc (const) 29.0 W/m²K  
Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res. 224 mΩ  
Loss Fraction 1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction -0.3 %

Module mismatch losses

Loss Fraction 2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction 0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): User defined profile

10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1.000	1.000	1.000	0.990	0.990	0.970	0.920	0.760	0.000

System losses

Unavailability of the system

Time fraction 2.0 %  
7.3 days,  
3 periods



PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:  
08/23/23 13:58  
with v7.3.1

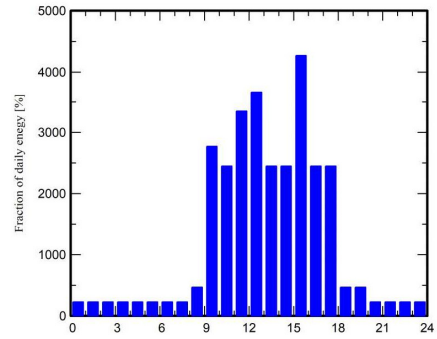
**Detailed User's needs**

Daily household consumers, Constant over the year, average = 30.4 kWh/day

**Annual values**

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
Lampu	16	15/lamp	12.0	2880
AC 1/2 PK	4	495/app	9.0	17820
WiFi	2	18/app	24.0	864
Dispenser	1		24	4560
Charger Laptop	5		3	975
Kompresor	1	1500 tot	1.0	1500
Mesin Las	1	900 tot	2.0	1800
<b>Total daily energy</b>				<b>30399</b>

**Hourly distribution**





**PVsyst V7.3.1**

VC0, Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

**Main results**

**System Production**

Produced Energy	8798 kWh/year	Specific production	1341 kWh/kWp/year
Used Energy	11096 kWh/year	Performance Ratio PR	61.93 %
		Solar Fraction SF	79.30 %

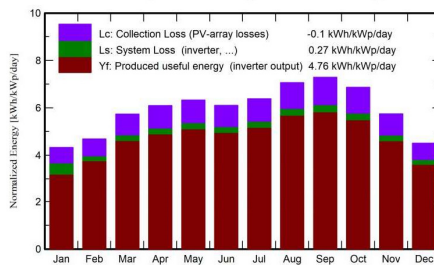
**Battery aging (State of Wear)**

Cycles SOW	95.4 %
Static SOW	90.0 %
Battery lifetime	10.0 years

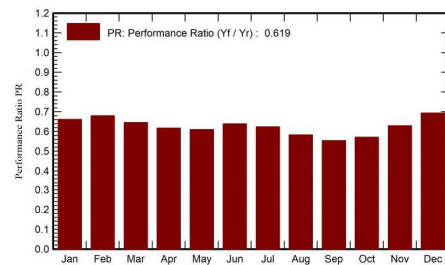
**Economic evaluation**

<b>Investment</b>		<b>Yearly cost</b>		<b>LCOE</b>	
Global	90,725,988.00 IDR	Annuities	0.00 IDR/yr	Energy cost	1902 IDR/kWh
Specific	13830 IDR/Wp	Run. costs	7,455,340.46 IDR/yr		
		Payback period	10.7 years		

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**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
<b>January</b>	141.7	72.70	26.40	134.1	127.3	749	942.4	582.5	56.6	359.8
<b>February</b>	135.8	75.80	26.30	131.3	124.8	731	851.2	585.2	93.3	266.0
<b>March</b>	178.3	84.30	26.40	177.8	169.6	990	942.4	752.5	170.9	189.8
<b>April</b>	177.3	69.90	26.60	182.8	174.8	1015	912.0	740.1	207.4	171.9
<b>May</b>	185.1	70.20	26.60	196.2	187.8	1093	942.4	785.1	238.2	157.3
<b>June</b>	170.1	58.70	26.10	183.2	175.3	1026	912.0	767.4	192.8	144.6
<b>July</b>	184.4	59.10	25.70	197.8	189.3	1107	942.4	809.8	226.6	132.6
<b>August</b>	207.7	59.40	25.80	218.9	209.6	1217	942.4	836.5	303.1	105.9
<b>September</b>	216.6	64.60	26.30	218.7	209.3	1208	912.0	794.7	337.0	117.2
<b>October</b>	218.5	74.70	26.70	212.9	203.1	1176	942.4	797.1	304.3	145.3
<b>November</b>	182.7	79.30	26.70	172.3	163.8	956	912.0	711.2	180.8	200.8
<b>December</b>	147.3	82.80	26.50	139.7	132.2	777	942.4	636.2	84.7	306.2
<b>Year</b>	2145.4	851.49	26.34	2165.7	2066.9	12046	11095.6	8798.4	2395.8	2297.3

**Legends**

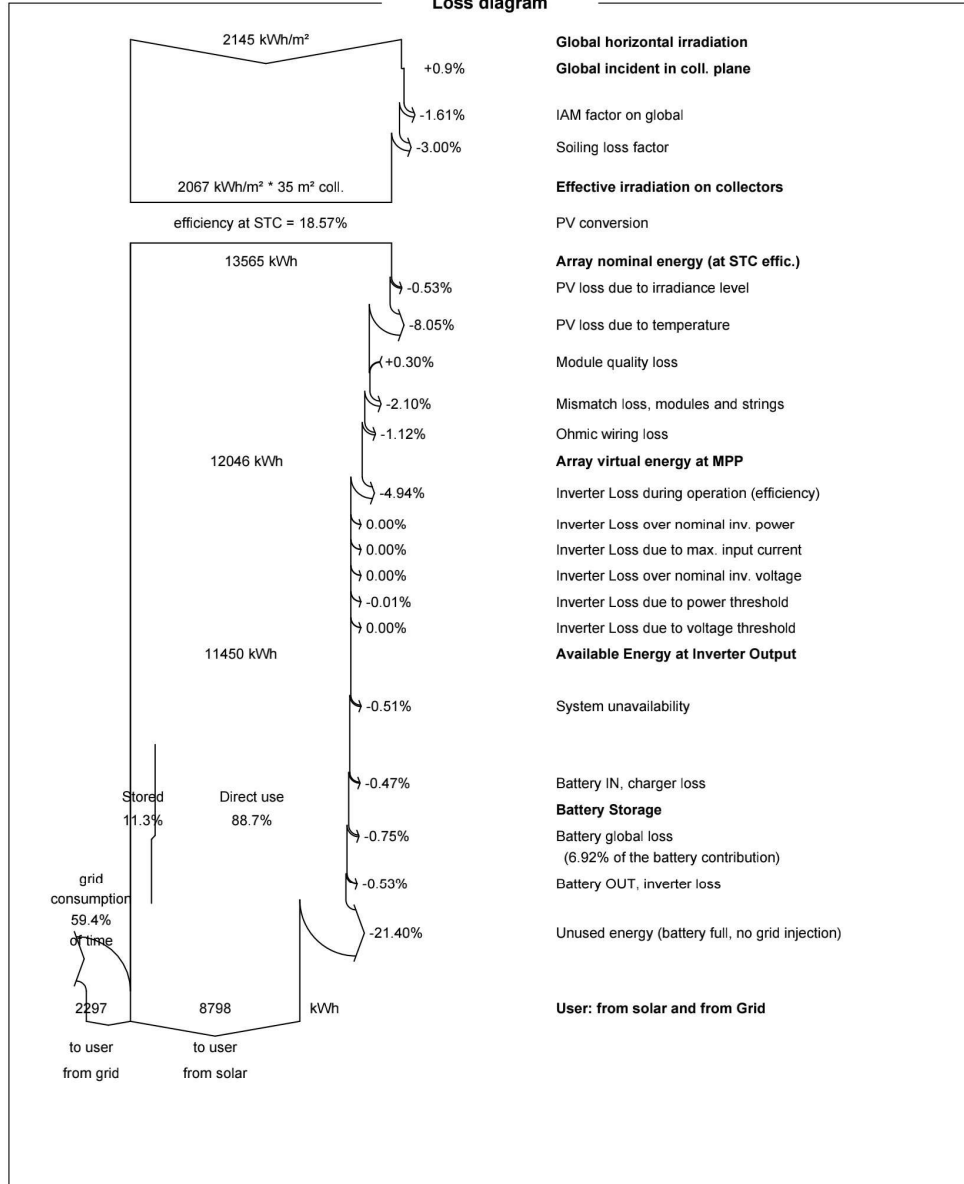
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	EUnused	Unused energy (battery full, no grid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



PVsyst V7.3.1

VCO, Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

Loss diagram



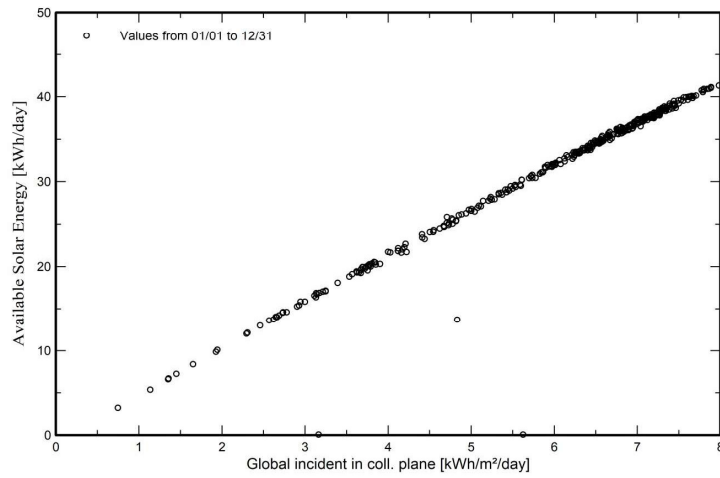


PVsyst V7.3.1

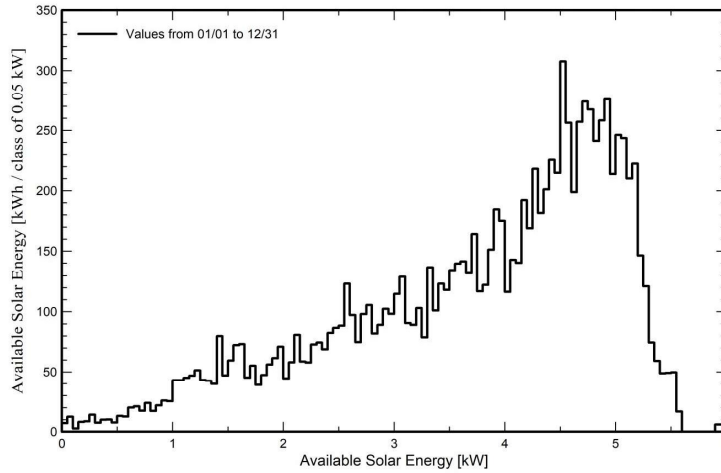
VC0, Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

Predef. graphs

Daily Input/Output diagram



System Output Power Distribution





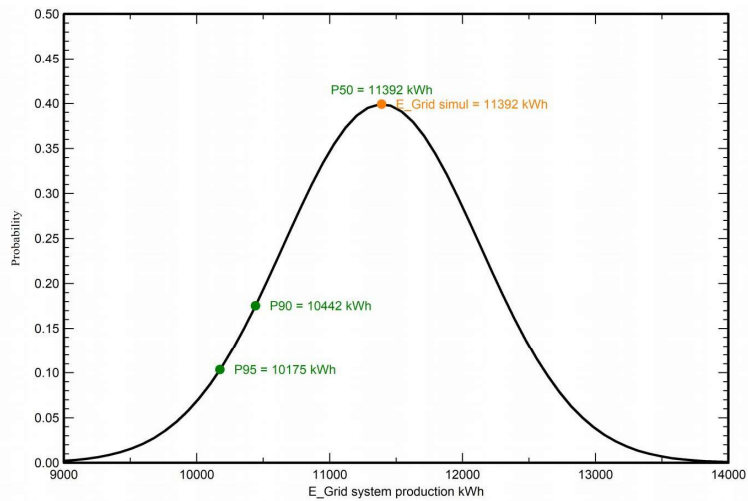
**PVsyst V7.3.1**

VC0. Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

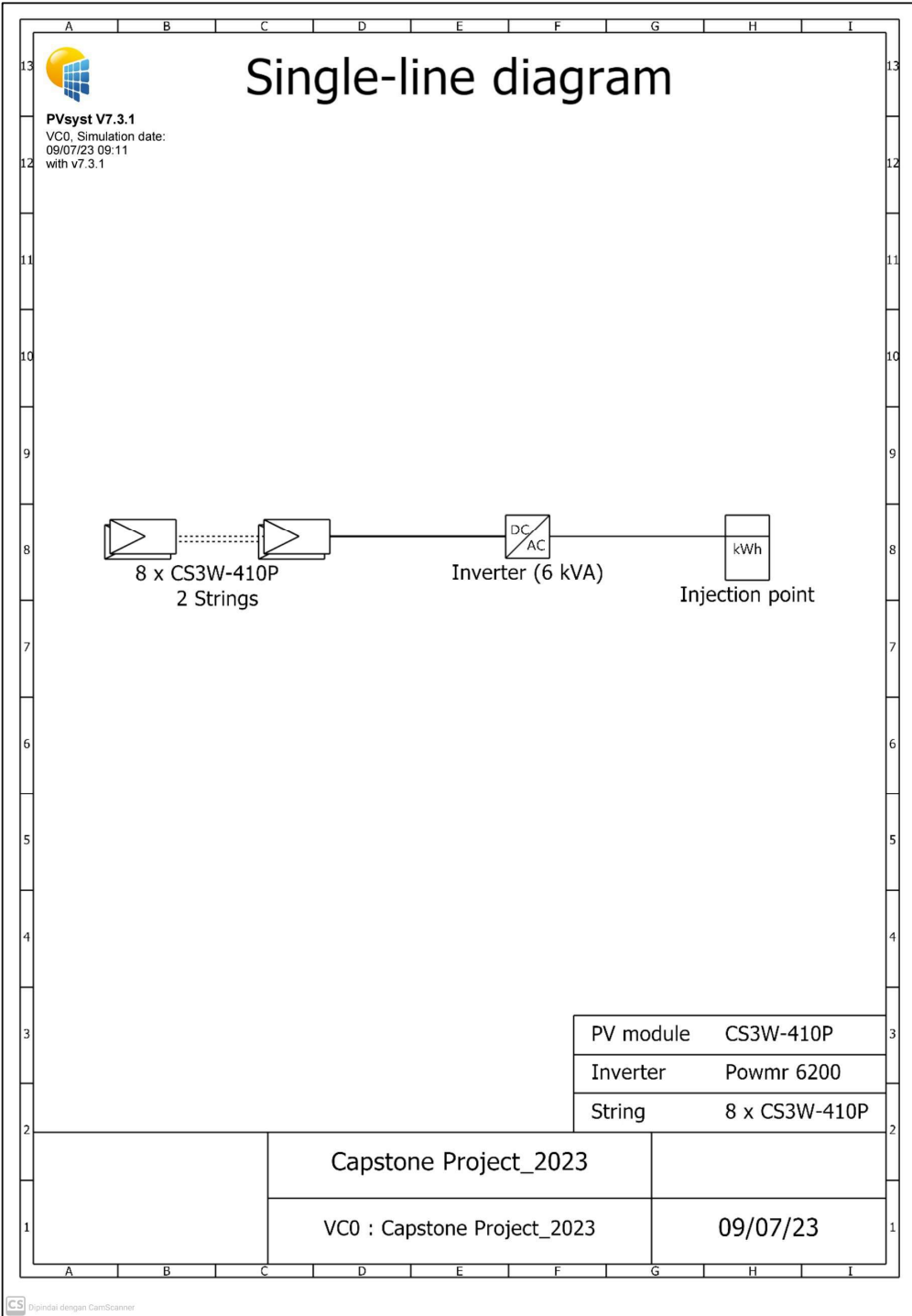
**P50 - P90 evaluation**

Meteo data		Simulation and parameters uncertainties	
Source	(2016-2021), Sat=100% (Modified by user)	PV module modelling/parameters	1.0 %
Kind	Monthly averages	Inverter efficiency uncertainty	0.5 %
	Synthetic - Multi-year average	Soiling and mismatch uncertainties	1.0 %
	Year-to-year variability(Variance)	Degradation uncertainty	1.0 %
	6.3 %		
Specified Deviation		Annual production probability	
Climate change	0.0 %	Variability	741 kWh
Global variability (meteo + system)		P50	11392 kWh
Variability (Quadratic sum)	6.5 %	P90	10442 kWh
		P95	10175 kWh

**Probability distribution**









**PVsyst V7.3.1**  
 VCO, Simulation date:  
 09/07/23 09:11  
 with v7.3.1

**Project: Capstone Project\_2023**

Variant: Capstone Project\_2023

**Cost of the system**

**Installation costs**

Item	Quantity units	Cost IDR	Total IDR
PV modules			
CS3W-410P	16	3,370,000.00	53,920,000.00
Supports for modules	16	317,875.00	5,086,000.00
Inverters			
Powmr 6200	1	12,529,000.00	12,529,000.00
Batteries			14,253,000.00
Other components			
Accessories, fasteners	4	104,000.00	416,000.00
Wiring	42	76,714.00	3,221,988.00
Installation			
Transport	1	300,000.00	300,000.00
Settings	2	500,000.00	1,000,000.00
		Total	90,725,988.00
		Depreciable asset	86,204,000.00

**Operating costs**

Item	Total IDR/year
Maintenance	
Provision for inverter replacement	1,252,900.00
Salaries	1,000,000.00
Repairs	1,000,000.00
Cleaning	160,000.00
Provision for battery replacement	1,425,300.00
Total (OPEX)	4,838,200.00
Including inflation (4.33%)	7,455,340.46

**System summary**

Total installation cost	90,725,988.00 IDR
Operating costs (incl. inflation 4.33%/year)	7,455,340.46 IDR/year
Produced Energy	8798 kWh/year
Cost of produced energy (LCOE)	1,901.644 IDR/kWh



Project: Capstone Project\_2023

Variat: Capstone Project\_2023

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

Financial analysis

Simulation period

Project lifetime 20 years Start year 2023

Income variation over time

Inflation 4.33 %/year  
Production variation (aging) 0.00 %/year  
Discount rate 9.27 %/year

Income dependent expenses

Income tax rate 0.00 %/year  
Other income tax 0.00 %/year  
Dividends 0.00 %/year

Depreciable assets

Asset	Depreciation method	Depreciation period (years)	Salvage value (IDR)	Depreciable (IDR)
PV modules				
CS3W-410P	Straight-line	20	0.00	53,920,000.00
Supports for modules	Straight-line	20	0.00	5,086,000.00
Inverters				
Powmr 6200	Straight-line	20	0.00	12,529,000.00
Batteries	Straight-line	20	0.00	14,253,000.00
Accessories, fasteners	Straight-line	20	0.00	416,000.00
		Total	0.00	86,204,000.00

Financing

Own funds 90,725,988.00 IDR

Electricity sale

Feed-in tariff 1,444.7000 IDR/kWh  
Duration of tariff warranty 20 years  
Annual connection tax 0.00 IDR/kWh  
Annual tariff variation +10.0 %/year  
Feed-in tariff decrease after warranty 0.00 %

Self-consumption

Consumption tariff 1,444.7000 IDR/kWh  
Tariff evolution +10.0 %/year

Return on investment

Payback period 10.7 years  
Net present value (NPV) 98,187,881.37 IDR  
Internal rate of return (IRR) 17.52 %  
Return on investment (ROI) 108.2 %



**PVsyst V7.3.1**  
 VCO, Simulation date:  
 09/07/23 09:11  
 with v7.3.1

Project: Capstone Project\_2023

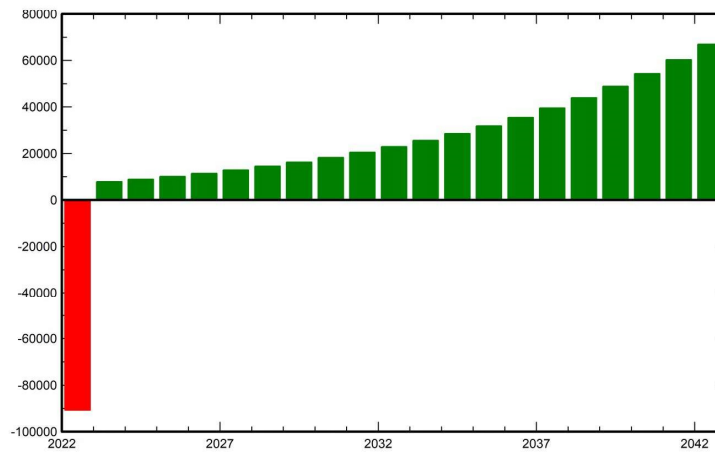
Variat: Capstone Project\_2023

**Financial analysis**

**Detailed economic results (IDR)**

Year	Electricity sale	Own funds	Run. costs	Deprec. allow.	Taxable income	Taxes	After-tax profit	Self-cons. saving	Cumul. profit	% amorti.
0	0	90,725,988	0	0	0	0	0	0	-90,725,988	0.0%
1	0	0	4,838,200	4,310,200	0	0	-4,838,200	12,710,968	-83,521,112	7.9%
2	0	0	5,047,694	4,310,200	0	0	-5,047,694	13,982,065	-76,038,348	16.2%
3	0	0	5,266,259	4,310,200	0	0	-5,266,259	15,380,271	-68,286,225	24.7%
4	0	0	5,494,288	4,310,200	0	0	-5,494,288	16,918,298	-60,272,862	33.6%
5	0	0	5,732,191	4,310,200	0	0	-5,732,191	18,610,128	-52,005,983	42.7%
6	0	0	5,980,395	4,310,200	0	0	-5,980,395	20,471,141	-43,492,935	52.1%
7	0	0	6,239,346	4,310,200	0	0	-6,239,346	22,518,255	-34,740,706	61.7%
8	0	0	6,509,510	4,310,200	0	0	-6,509,510	24,770,080	-25,755,939	71.6%
9	0	0	6,791,371	4,310,200	0	0	-6,791,371	27,247,089	-16,544,951	81.8%
10	0	0	7,085,438	4,310,200	0	0	-7,085,438	29,971,797	-7,113,743	92.2%
11	0	0	7,392,237	4,310,200	0	0	-7,392,237	32,968,977	2,531,980	102.8%
12	0	0	7,712,321	4,310,200	0	0	-7,712,321	36,265,875	12,386,804	113.7%
13	0	0	8,046,265	4,310,200	0	0	-8,046,265	39,892,462	22,445,584	124.7%
14	0	0	8,394,668	4,310,200	0	0	-8,394,668	43,881,709	32,703,440	136.0%
15	0	0	8,758,157	4,310,200	0	0	-8,758,157	48,269,879	43,155,739	147.6%
16	0	0	9,137,385	4,310,200	0	0	-9,137,385	53,096,867	53,798,087	159.3%
17	0	0	9,533,034	4,310,200	0	0	-9,533,034	58,406,554	64,626,320	171.2%
18	0	0	9,945,814	4,310,200	0	0	-9,945,814	64,247,209	75,636,490	183.4%
19	0	0	10,376,468	4,310,200	0	0	-10,376,468	70,671,930	86,824,857	195.7%
20	0	0	10,825,769	4,310,200	0	0	-10,825,769	77,739,123	98,187,881	208.2%
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>90,725,988</b>	<b>149,106,809</b>	<b>86,204,000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-149,106,809</b>	<b>728,020,679</b>	<b>98,187,881</b>	<b>208.2%</b>

**Yearly net profit (kIDR)**



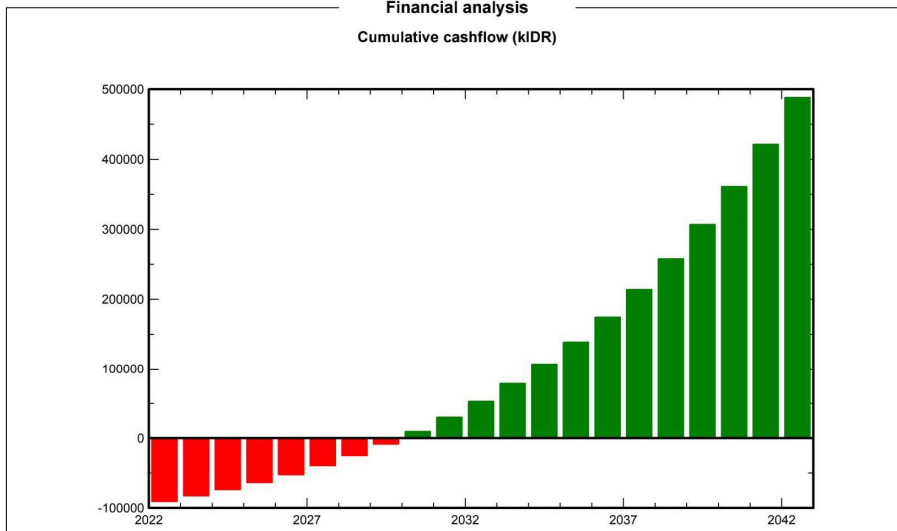


**PVsyst V7.3.1**  
VC0, Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

Project: Capstone Project\_2023

Variat: Capstone Project\_2023

**Financial analysis**  
**Cumulative cashflow (kIDR)**



09/07/23

Page 14/15



Project: Capstone Project\_2023

Variant: Capstone Project\_2023

PVsyst V7.3.1

VC0, Simulation date:  
09/07/23 09:11  
with v7.3.1

CO<sub>2</sub> Emission Balance

Total: 205.2 tCO<sub>2</sub>

Generated emissions

Total: 12.50 tCO<sub>2</sub>

Source: Detailed calculation from table below.

Replaced Emissions

Total: 250.9 tCO<sub>2</sub>

System production: 11.39 MWh/yr

Grid Lifecycle Emissions: 734 gCO<sub>2</sub>/kWh

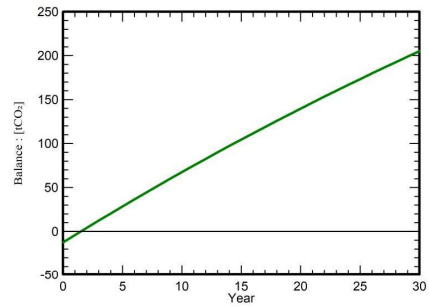
Source: IEA List

Country: Indonesia

Lifetime: 30 years

Annual degradation: 1.0 %


Saved CO<sub>2</sub> Emission vs. Time





System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal
			[kgCO <sub>2</sub> ]
Modules	1713 kgCO <sub>2</sub> /kWp	6.56 kWp	11235
Supports	4.90 kgCO <sub>2</sub> /kg	160 kg	783
Inverters	485 kgCO <sub>2</sub> /units	1.00 units	485

Lampiran 4. Data Sheet Panel Surya














## HiKu

**SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE**  
**395 W ~ 420 W**  
**CS3W-395 | 400 | 405 | 410 | 415 | 420P (IEC1000 V)**  
**CS3W-395 | 400 | 405 | 410 | 415 | 420P (IEC1500 V)**

**MORE POWER**

-  24 % higher power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE  
Up to 2.7 % lower system cost
-  Low NMOT: 42 ± 3 °C  
Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C
-  Better shading tolerance

**MORE RELIABLE**

-  Lower internal current, lower hot spot temperature
-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa\*

**25 years** linear power output warranty\*

**12 years** enhanced product warranty on materials and workmanship\*


\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

**MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\***

ISO 9001:2015 / Quality management system  
 ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

**PRODUCT CERTIFICATES\***

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / KS / INMETRO  
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)  
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS  
 UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way  
 Canadian Solar recycles panels at the end of life cycle



\* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

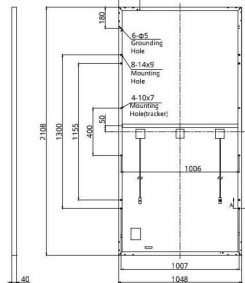
**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 38 GW deployed around the world since 2001.

\* For detail information, please refer to Installation Manual.

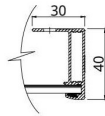
**CANADIAN SOLAR INC.**  
 Canadian Solar M55 (Australia) Pty Ltd., 44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia  
 sales.au@canadiansolar.com, www.canadiansolar.com/au

**ENGINEERING DRAWING (mm)**

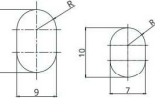
Rear View



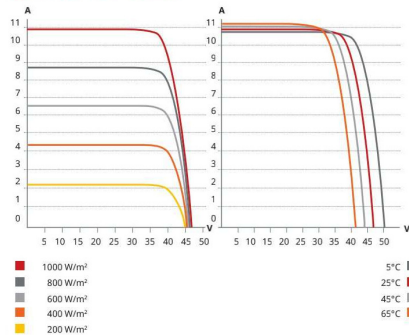
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



**CS3W-400P / I-V CURVES**



**ELECTRICAL DATA | STC\***

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V	39.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A	10.64 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V	48.0 V
Short Circuit Current (Isc)	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A	11.26 A
Module Efficiency	17.88%	18.11%	18.33%	18.56%	18.79%	19.01%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 5 W					

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C. Measurement uncertainty: ±3 % (Pmax).

**ELECTRICAL DATA | NMOT\***

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	294 W	297 W	301 W	305 W	308 W	312 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.8 V	36.0 V	36.1 V	36.3 V	36.5 V	36.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.21 A	8.27 A	8.33 A	8.39 A	8.45 A	8.51 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.1 V	44.3 V	44.4 V	44.6 V	44.8 V	45.0 V
Short Circuit Current (Isc)	8.73 A	8.79 A	8.86 A	8.92 A	8.99 A	9.08 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

**MECHANICAL DATA**

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4-PC-1 (IEC 1000 V) or PV-KST4/xy-UR, PV-KBT4/xy-UR (IEC 1000 V) or T4-PC-1 (IEC 1500 V) or T4-PPE-1 (IEC 1500 V) or PV-KST4-EVO2/XY, PV-KBT4-EVO2/XY (IEC 1500 V) or UTXCFA4AM, UTXCMA4AM (IEC 1500 V)
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

**TEMPERATURE CHARACTERISTICS**

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

**PARTNER SECTION**



\* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

**CANADIAN SOLAR INC.**


Canadian Solar MSS (Australia) Pty Ltd., 44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia  
 sales.au@canadiansolar.com, www.canadiansolar.com/au

March 2020. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V5.59\_AU  
 \* Manufactured and assembled in China, Thailand and Vietnam.



Leading 5G Innovations

## FB101 Lithium-ion Battery



**ZXDC48 FB101**

### Introduction


ZTE ZXDC48 FB101 lithium-ion battery is designed for various scenarios such as good grid or poor grid for backup or reuse.

### Product Feature

- 4U height and supports 19" standard installation.
- Excellent cycle performance
- Large charge & discharge current: max. 0.5C
- Supports parallel connection up to 16 pcs.
- High environmental adaptability in various sites
- Built in Battery Management Unit (BMU)

### Technical Parameters

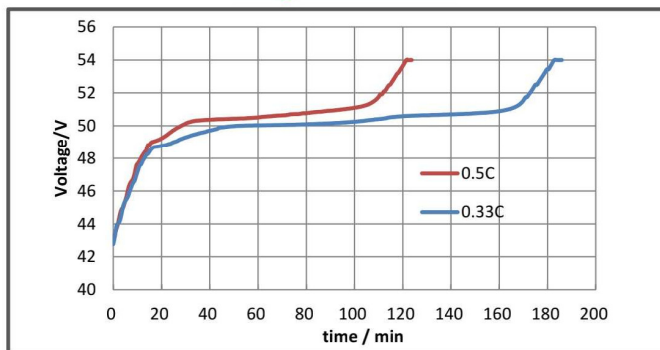
Item	Parameters
Rated capacity	100Ah(C <sub>3</sub> ,25°C,cut-off voltage 42V)
Energy storage	4800Wh
Nominal voltage	48V
Battery type(Cathode material)	LiFePO <sub>4</sub>
Operating voltage range	-42V ~ -53.5 V
Recommended current	0.3C
Charge current range	0A~50A
Charge current limiting module	10A, can be set to On or OFF
Discharge current range	0A~50A
Operating temperature	charging: 0°C~55°C, discharging: -20°C~+55°C
Storage temperature range	-20°C~+60°C
Dimensions(W*D*H mm)	442*395*176(4U) (excluding mounting ear,handle,terminal)
Net weight	≈42kg
Self discharge	<3% per month@RT
Memory effect	None



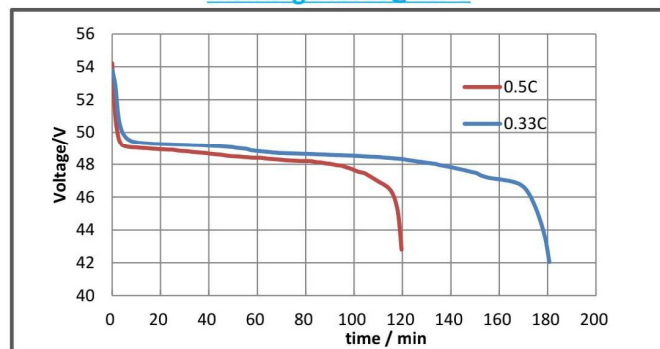


Item	Parameters
Relative humidity	5%RH~95%RH
Atmospheric pressure	70kPa~106kPa
Protection grade	IP20
Design life	15 years(25°C)
Cycle life@80%DOD, 35°C	3500 cycles(considering 80%EOL) 6000 cycles(considering 70%EOL)
Parallel function	Max. 16 batteries parallel connection
BMS Cell balancing feature	Resistance balance
Internal Resistance	≈15 mΩ
Communication Protocol	ZTE's Protocol
Communication Ports	DO*1,RS232*1,RS485*2,ADDR*1
Certification	UN38.3,IEC62619,CE

Charge curve@25 °C



Discharge curve@25 °C



ZTE CORPORATION

NO. 55, Hi-tech Road South, Shenzhen, P. R. China  
 Postcode: 518057  
 Web: [www.zte.com](http://www.zte.com)  
 Tel: +86-755-26770000  
 Fax: +86-755-26771999



Lampiran 6. Data Sheet Inverter



<b>Spesifikasi Inverter</b>	
Nilai daya keluaran	6200 W
Bentuk gelombang tegangan keluaran	<i>Pure Sine Wave</i>
Regulasi tegangan keluaran	230 Vac $\pm$ 5%
Frekuensi keluaran	50Hz
Efisiensi puncak	93%
Perlindungan overload	3s@2150% ; beban 5s@ 101%-150%
Kapasitas lonjakan	2*nilai daya selama 5 detik
Tegangan input DC nominal	48 Vdc
Tegangan mulai dingin	46.0 Vdc
Tegangan pemulihan DC tinggi	62 Vdc
Tegangan cut-off DC tinggi	63 Vdc
Tegangan rangkaian terbuka array PV maks	
Konsumsi daya tanpa beban	62 W
Rentang tegangan MPPT PV Array	90 Vdc – 450 Vdc
Operasi Grid-Tie	
Tegangan keluaran nominal	220/230/240 Vac
Arus keluaran nominal	26.1 A
Rentang faktor daya	>0,99

Efisiensi konversi maksimum	97%
Spesifikasi Umum	
Kisaran suhu pengoperasian	-10 <sup>0</sup> C hingga 50 <sup>0</sup>
Suhu penyimpanan	-15 <sup>0</sup> C-60 <sup>0</sup> C
Kelembaban	5% hingga 95% kelembaban relatif (Non-kondensasi)
Dimensi	100x300x444 mm
Berat bersih	12 Kg



Lampiran 7. Dokumentasi







Lampiran 8. Kartu Asistensi



POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
 JURUSAN TEKNIK MESIN  
 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**

Nama : A. Irma Aryanti / 44222206  
 Chaerani Angel T. / 44222212  
 Muh Rezky / 44222223

Jurusan : Teknik Mesin

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan

Judul Capstone Project: Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem Hybrid

No.	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Pembimbing
1	Selasa, 30/5/23	Simulasikan software dan buat kan hasilnya	<i>[Signature]</i>
2	Kamis, 15/6/23	Lengkapi semua teori yang berhubungan dgn PLTS	<i>[Signature]</i>
3	Jumat 16/6/23	Ulangi pengukuran radiasi matahari	<i>[Signature]</i>
4	Senin 19/7/23	Perbaiki Laporan sesuai pedoman Penulisan	<i>[Signature]</i>
5	Jumat, 14/7/23	Perbaiki gambar tangkaihan dan DEDnya	<i>[Signature]</i>
6	Selasa, 25/7/23	Perbaiki gambar flowchart	<i>[Signature]</i>
7	Jumat 4/8/23	Lengkapi hasil simulasi PVsyst & Homer	<i>[Signature]</i>
8	Jumat 16/8/23	Buat tabel dan grafik Perbandingan Ekonomi	<i>[Signature]</i>
9	Senin 4/9/23	Cari dan lengkapi Instalasi pada sistem PLTS	<i>[Signature]</i>
10	Selasa 5/9/23	Perbaiki poster, Perhatikan penulisan	<i>[Signature]</i>
11	Rabu 6/9/23	Tambahkan 12R, Referensi umur PLTS & suku bunga	<i>[Signature]</i>
12	Kamis 7/9/23	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
13			
14			
15			
16			

Makassar, 7 September 2023

Pembimbing I

Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
 Nip. 197808042001121001



POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
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

### KARTU KONTROL BIMBINGAN CAPSTONE PROJECT

Nama : A. Irma Aryanti / 44222206

Chaerani Angel T. / 44222212

Muh Rezky / 44222223

Jurusan : Teknik Mesin

Program Studi : D-IV Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan

Judul Capstone Project: Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem Hybrid

No.	Hari/Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Pembimbing
1	Selasa, 30/5/23	Simulasikan Software dan lakukan pengukuran.	di
2	Kamis, 8/6/23	Lengkapi semua teori yang berhubungan dgn PLTS	di
3	Kamis 15/6/23	Lakukan pengukuran radiasi matahari lagi	di
4	Jumat 16/6/23	Perbaiki penulisan Laporan sesuai pedoman	di
5	Jumat 23/6/23	Perbaiki skema rangkaian, tentukan baterai yg digunakan	di
6	Senin 3/7/23	Perbaiki gambar, tabel, lengkapi gambar rangkaian.	di
7	Jumat 14/7/23	Simulasi Software /ekonomi dan analisis kelayakannya.	di
8	Selasa 25/7/23	buat desain di autocad & analisiskan.	di
9	Jumat, 4/8/23	Perbaiki salah ketik & Tambah DEP	di
10	Jumat, 18/8/23	Buat laporan Capstone.	di
11	Senin, 9/9/23	Lengkapi Laporan dan poster	di
12	Senin, 4/9/23	perbaiki bagran Ringkasan	di
13	Selasa, 5/9/23	perbaiki kesimpulan	di
14	Kabu, 6/9/23	Lengkapi semua laporan skripsi, capstone & poster	di
15	Kamis, 7/9/23	Perbaiki poster lagi, tambahkan referensi <sup>intra</sup> <sub>bumah</sub>	di
16	Jumat, 8/9/23	ACC	di

Makassar, 8 September 2023

Pembimbing II

Ir. Dahlia Nur, M., M.T.  
Nip. 196412311991032003



**1.26 SUKU BUNGA PINJAMAN RUPIAH YANG DIBERIKAN  
MENURUT KELOMPOK BANK DAN JENIS PINJAMAN  
(Persen Per Tahun)**

KELOMPOK BANK DAN JENIS PINJAMAN	2017	2018	2019	2020	2021					
						Jul	Aug	Sep	Oct	
<b>1 Bank Persero</b>										
2 Pinjaman Modal Kerja Yang Diberikan	10,54	10,00	9,72	8,77	8,34	8,21	8,22	8,25	8,25	
3 Pinjaman Investasi Yang Diberikan	10,29	10,34	9,75	8,87	8,49	8,40	8,44	8,43	8,52	
4 Pinjaman Konsumsi Yang Diberikan	12,35	11,20	11,44	10,56	10,14	9,50	9,46	9,43	9,75	
<b>5 Bank Pemerintah Daerah</b>										
6 Pinjaman Modal Kerja Yang Diberikan	11,74	11,23	10,80	10,22	9,45	9,14	9,03	8,97	8,98	
7 Pinjaman Investasi Yang Diberikan	11,39	11,05	11,04	10,40	9,35	9,25	9,11	9,20	9,12	
8 Pinjaman Konsumsi Yang Diberikan	12,77	12,21	11,75	11,48	11,09	10,85	10,80	10,76	10,73	
<b>9 Bank Swasta Nasional</b>										
10 Pinjaman Modal Kerja Yang Diberikan	11,12	10,95	10,54	9,70	9,13	8,96	8,91	8,94	9,19	
11 Pinjaman Investasi Yang Diberikan	10,89	10,67	10,02	8,81	8,22	7,87	7,88	7,92	8,00	
12 Pinjaman Konsumsi Yang Diberikan	12,17	11,41	11,10	10,65	10,13	10,31	10,35	10,41	10,50	
<b>Bank Asling dan Bank Campuran</b>										
14 Pinjaman Modal Kerja Yang Diberikan	7,83	8,04	7,83	6,76	5,69	5,47	5,68	5,87	6,22	
15 Pinjaman Investasi Yang Diberikan	8,84	7,56	8,83	7,24	6,20	5,95	6,12	6,47	6,82	
16 Pinjaman Konsumsi Yang Diberikan	24,90	23,87	22,91	22,07	23,23	23,36	22,83	23,67	23,84	
<b>Bank Umum</b>										
18 Pinjaman Modal Kerja Yang Diberikan	10,68	10,34	10,03	9,15	8,59	8,42	8,42	8,46	8,58	
19 Pinjaman Investasi Yang Diberikan	10,56	10,38	9,90	8,88	8,35	8,13	8,15	8,18	8,26	
20 Pinjaman Konsumsi Yang Diberikan	12,66	11,73	11,62	10,97	10,53	10,26	10,24	10,24	10,41	

-Sajak periode data Agustus 2017, terdapat perubahan cakupan Bank Swasta Nasional dan Pemerintah akibat adanya perubahan status pada salah satu bank

**1.26 INTEREST RATE OF RUPIAH LOANS  
BY GROUP OF BANKS AND TYPE OF LOANS  
(Percent Per Annum)**


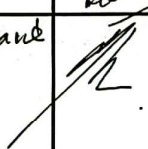

	2022						2023						GROUP OF BANKS AND TYPE OF LOANS	
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul*	Aug*				
8.31	8.29	8.51	8.73	8.83	8.85	8.86	8.88	8.97				1	State Banks	
8.59	8.72	8.86	9.05	9.20	9.27	9.28	9.30	9.38				2	Working Capital Loans	
9.69	9.65	9.65	9.63	9.60	9.59	9.56	9.52	9.49				3	Investment Loans	
												4	Consumer Loans	
												5	<b>Regional Government Banks</b>	
8.96	8.85	8.79	8.90	8.93	8.94	9.11	9.07	9.13				6	Working Capital Loans	
9.05	9.16	9.20	9.15	9.09	9.14	9.14	9.11	9.14				7	Investment Loans	
10.69	10.64	10.63	10.61	10.58	10.56	10.55	10.52	10.50				8	Consumer Loans	
												9	<b>Private National Banks</b>	
9.15	9.17	9.27	9.31	9.32	9.25	9.23	9.21	9.18				10	Working Capital Loans	
8.09	8.28	8.35	8.39	8.42	8.43	8.44	8.37	8.33				11	Investment Loans	
10.52	10.54	10.58	10.69	10.72	10.69	10.67	10.55	10.56				12	Consumer Loans	
												13	<b>Foreign Banks and Joint Banks</b>	
6.45	6.55	6.71	6.85	6.90	6.89	6.92	6.90	6.93				14	Working Capital Loans	
7.32	7.91	8.08	8.20	8.19	8.26	8.26	8.25	8.12				15	Investment Loans	
23.85	23.12	23.72	22.82	23.06	23.17	23.62	23.37	22.82				16	Consumer Loans	
												17	<b>Commercial Banks</b>	
8.60	8.60	8.75	8.89	8.95	8.92	8.93	8.93	8.95				18	Working Capital Loans	
8.34	8.51	8.62	8.72	8.80	8.84	8.85	8.82	8.84				19	Investment Loans	
10.38	10.36	10.38	10.39	10.39	10.37	10.35	10.29	10.27				20	Consumer Loans	




\*Since the data period of August 2017, there is a change of coverage of National Private Bank and Government Bank due to status change for one of the banks

**LEMBAR REVISI JUDUL SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : A. Irma Aryanti 44222206  
 Chaerani Angel T. 44222212  
 Muh. Rezky 44222223

**Catatan Daftar Revisi Penguji :**

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gbr cetakan berwarna</li> <li>- Ska. Hybrid power PLN + PLTS</li> <li>- Daya PLN + PLTS.</li> <li>- Dibuatkan simulasi suplai daya dari PLN + PLTS.</li> <li>- Perhitungan tegangan output Inverter</li> <li>- Poct Skripsi Isbar.</li> </ul>	 25.03.23
2	Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cek calculus based on demand</li> </ul>	
3	Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cek satuan (daya/energi)</li> <li>- Gbr print berwarna.</li> <li>- Rincian DED disesuaikan</li> <li>- Tambahkan jadwal aktivitas</li> <li>- Capstone project : tahap II pekerjaan, safety, dll</li> <li>- perhitungan upah kerja.</li> </ul>	

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
4	Ir. Remigius.T, MEngSc.		 24/10/23
5	Prof. A.M.Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc.,Ph.D.		 25/10/23
6	Ir. Dahlia Nur M., M.T.		

Kamis, 14 September 2023  
Ketua/Sekretaris/Panitia Ujian Skripsi,

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

Catatan: Jika ada perubahan Judul Skripsi, konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik

FM-Q.42.ed.A rev.0

# **CAPSTONE PROJECT**



PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
(PLTS) PADA ATAP KANTOR PT. SINOPACIFIC PERALATAN  
INDONUSA MAKASSAR DENGAN SISTEM HYBRID



CAPSTONE PROJECT

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

A. IRMA ARYANTI	44222206
CHAERANI ANGEL T.	44222212
MUH REZKY	44222223

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Capstone Project dengan judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem *Hybrid*” oleh A. Irma Aryanti NIM 44222206, Chaerani Angel T. NIM 44222212 dan Muh. Rezky NIM 44222223 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 08 September 2023

Anggota 1



A. Irma Aryanti  
44222206

Anggota 2



Chaerani Angel T.  
44222212

Anggota 3



Muh. Rezky  
44222223

Pembimbing I



Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP. 197808042001121001

Pembimbing II



Ir. Dahlia Nur M., M.T.  
NIP.196412311991032003

Mengetahui,  
Kordinator Program Studi



H. Chandra Buana, M.T  
NIP. 19650319 199103 1 003

Client Project  
PT. Sinopacific Peralatan  
Indonusa Makassar



Asmuadji Asnan, S.T.  
Branch Manager



## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Kamis tanggal 14 September 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: A. Irma Aryanti NIM 44222206, Chaerani Angel T. NIM 44222212 dan Muh. Rezky NIM 44222223 dengan judul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem *Hybrid*”.

Makassar, 14 September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir

- |   |            |         |
|---|------------|---------|
| 1. Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph. D.       | Ketua      | (.....) |
| 2. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.               | Sekretaris | (.....) |
| 3. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph. D                | Anggota    | (.....) |
| 4. Ir. Remigius T, M.Eng. Sc.                 | Anggota    | (.....) |
| 5. Prof. A.M. Shiddiq, S.T., M.Eng.Sc., Ph. D | Anggota    | (.....) |
| 6. Ir. Dahlia Nur M., M.T.                    | Anggota    | (.....) |



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi ini yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Atap Kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan Sistem *Hybrid*”.

Capstone Project ini disusun untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi. Diharapkan Capstone Project ini bisa menjadi evaluasi dan pembelajaran bagi penulis dan masyarakat luas yang ingin belajar dalam hal mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

Dalam Pelaksanaan dan Penyusunan Capstone Project ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lambaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua yaitu Ibu dan Bapak yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan tak henti - hentinya mendoakan dan mendukung penulis.
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 Koordinator Program Studi Teknik Pembangkit Energi.
5. Bapak Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. sebagai pembimbing I dan Ibu Ir. Dahlia Nur M., M.T. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Capstone Project ini.
6. PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar, sebagai tempat penulis melakukan penelitian ini.
7. Dosen dan tenaga kependidikan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya dosen pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, wawasan dan pengalaman bagi penulis.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi angkatan 2022 yang telah membantu dan memberikan ilmu serta dukungannya.
9. Buat semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu yang berjasa dalam penyelesaian Capstone Project ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, September 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN SAMBUTAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PENERIMAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
RINGKASAN EKSEKUTIF.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II DESKRIPSI SITUASI AWAL.....	5
2.1 Profil PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar.....	5
BAB III METODOLOGI.....	7
3.1 Observasi.....	7
3.2 Studi Literatur.....	7
3.3 Data Iklim.....	13
3.3.1 <i>Software</i> PVsyst 7.3.....	13
3.3.2 <i>Software</i> Homer Pro.....	15
3.4 Desain Sistem <i>Hybrid</i> Dengan <i>Software</i> PVsyst.....	16
3.4.1 Orientasi Sistem.....	16
3.4.2 Sistem Desain.....	17
3.5 Konfigurasi PV.....	17
3.6 Aspek Penelitian.....	18
3.6.1 Analisis Teknis.....	18

3.6.2 Analisis Ekonomi .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN DISKUSI.....</b>	<b>20</b>
4.1 Analisis Teknis.....	20
4.2 Analisis Ekonomi.....	21
4.2.1 Analisis Perhitungan Ekonomi .....	21
4.2.2 Analisis Kelayakan Investasi PLTS .....	25
4.3 Perbandingan Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS .....	31
<b>BAB V REKOMENDASI UNTUK KLIEN .....</b>	<b>32</b>
5.1 Perencanaan Teknis.....	32
5.1.1 Konfigurasi PV dan <i>Singel Line</i> PLTS <i>Hybrid</i> .....	32
5.1.2 Detail Bangunan .....	32
5.1.3 Peletaka PV Pada Atap Bangunan .....	33
5.1.4 Wiring Diagram .....	33
5.2 Gambar Kerja 2D .....	34
5.3 Gambar Kerja 3D .....	38
5.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	39
5.4.1 Perhitungan Komponen Struktur.....	39
5.4.2 Daftar Harga Satuan Dasar Upah.....	39
5.4.3 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat .....	39
5.4.4 Daftar Jumlah Pekerja.....	40
5.4.5 Daftar Harga Satuan Bahan .....	40
5.4.6 Rekapitulasi Anggaran .....	41
5.5 Analisa Teknis .....	41
5.6 Time Schedule PLTS .....	43
5.7 Spesifikasi Komponen Utama.....	44
5.7.1 Panel Surya .....	44
5.7.2 Inverter.....	45
5.7.3 Baterai.....	47
5.8 Manajemen Resiko.....	48
5.9 Manajemen Stakeholder.....	50



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Hasil Review Sumber Informasi.....	8
Tabel 3.2 Data Beban Listrik Harian .....	13
Tabel 3.3 Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin .....	14
Tabel 4.1 Perbandingan Analisa Teknis PVsyst 7.3 dan Homer Pro.....	20
Tabel 4.2 Biaya Investasi PLTS.....	21
Tabel 4.3 Perhitungan DF, NCF dan PVNCF, dengan $i=9.27%$ .....	26
Tabel 4.4 Perhitungan DF, NCF, dengan $i=8.27%$ .....	29
Tabel 4.5 Perhitungan DF, NCF, dengan $i=10.27%$ .....	30
Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Analisis Ekonomi PLTS .....	31
Tabel 5.1 Daftar Harga Satuan Dasar Upah.....	39
Tabel 5.2 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat .....	39
Tabel 5.3 Daftar Jumlah Pekerja.....	40
Tabel 5.4 Daftar Harga Satuan Bahan .....	40
Tabel 5.5 Rekapitulasi Anggaran.....	41
Tabel 5.6 Analisa Teknis .....	41
Tabel 5.7 Time schedule PLTS.....	43
Tabel 5.8 Spesifikasi Panel Surya (Canadian Solar) .....	45
Tabel 5.9 Spesifikasi Powmr 6200W Hybrid Solar Inverter .....	46
Tabel 5.10 Spesifikasi Baterai ZTE ZXDC48 FB101 .....	47

Tabel 5.11 Manajemen Resiko .....48  
Tabel 5.12 Manajemen Stakeholder .....50





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar .....	5
Gambar 2.2 Bangunan PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar .....	6
Gambar 3.1 Tampilan Data Radiasi Matahari .....	15
Gambar 3.2 Tampilan Data Temperatur .....	15
Gambar 3.3 Tampilan Menu Main Parameters Orientation.....	16
Gambar 3.4 Skema Sistem Desain PLTS .....	17
Gambar 3.5 Konfiugurasi Panel Surya .....	18
Gambar 5.1 Single Line PLTS Hybrid .....	34
Gambar 5.2 Konfigurasi PV .....	34
Gambar 5.3 Detail PV Pada Atap Bangunan .....	35
Gambar 5.4 Layout Atap PLTS Hybrid.....	35
Gambar 5.5 Tampak Belakang 8 PV .....	36
Gambar 5.6 Tampak Depan 8 PV .....	36
Gambar 5.7 Tampak Atas 8 PV .....	36
Gambar 5.8 Tampak Samping PV .....	37
Gambar 5.9 Wiring Diagram PLTS Hybrid.....	37
Gambar 5.10 Tampak Samping .....	38
Gambar 5.11 Tampak Atas .....	38
Gambar 5.12 Panel Surya Canadian Solar .....	44
Gambar 5.13 Powmr 6200W Hybrid Solar Inverter.....	45
Gambar 5.14 Baterai .....	47
Gambar 5.15 Grafik Manajemen Resiko .....	50



## RINGKASAN EKSEKUTIF

PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yang terletak di Jl. Ir. Sutami, Bira, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Sulawesi Selatan. Perusahaan ini bergerak pada bidang distributor alat berat, yang meliputi penjualan dan service alat berat. Saat ini perusahaan tersebut menggunakan daya mencapai 212,79 Watt dalam satu minggu dan sekitar 911,97 Watt dalam sebulan, dan secara konstruksi perusahaan ini mendukung untuk tahap perencanaan karena memiliki luas bangunan 22.7 x 16 Meter persegi. Namun, dalam penggunaan listrik memerlukan daya yang besar guna untuk menunjang penggunaan listrik pada kantor PT. Sinopacific.

Maka dibuatlah sebuah perencanaan yang menggabungkan kelistrikan PLN dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistem *Hybrid*. PLTS berperan sebagai sumber pembangkit listrik utama, sedangkan PLN berfungsi sebagai sumber cadangan ketika terjadi kekurangan energi yang dihasilkan oleh PLTS. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini menggunakan *software PVsyst 7.3*, *Homer Pro* untuk menghitung potensi dan keekonomian dari sistem perencanaan serta dilengkapi dengan *Detail Engineering Design (DED)* terkait PLTS menggunakan *software Autocad*.

Adapun hasil dari perencanaan ini berdasarkan hasil simulasi *PVsyst* kebutuhan energi perhari sebesar 30399 kWh sehingga panel surya yang digunakan tipe *Polycrystalline* dengan kapasitas panel surya 410 Wp sebanyak 16 unit. maka diperoleh biaya investasi awal dari hasil simulasi *PVsyst* sebesar Rp. 90.725.988 dengan nilai NPV Rp. 98.187.881 bernilai positif dan IRR 17.52% sedangkan pada *software Homer Pro* biaya investasi awal sebesar Rp. 90.726.000 dengan nilai NPV Rp. 76.763.610 dan nilai IRR 14.6% sehingga perencanaan PLTS ini dikatakan layak, karena NPV bernilai positif ( $>0$ ), dan nilai IRR lebih tinggi dari suku bunga dan pengembalian modal investasi yang kurang dari masa proyek 20 tahun.

## BAB I PENDAHULUAN

Pada era sekarang ini, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi informasi yang sangat pesat telah mendorong terjadinya perubahan dalam berbagai sektor kehidupan manusia, termasuk perubahan teknologi hasil inovasi energi yang merupakan kebutuhan pokok bagi setiap individu, rumah tangga dan industri. Dunia industri yang semakin berkembang menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hanya saja, saat ini energi yang digunakan sebanyak 80% masih menggunakan energi konvensional yang tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan. Kebutuhan energi global akan terus meningkat 1,5% setiap tahunnya hingga 2030. Kebutuhan energi ini umumnya digunakan sebagai energi listrik. (Afif & Martin, 2022)

Kebutuhan energi listrik di Indonesia selalu meningkat setiap tahun. Menurut Perusahaan Listrik Negara di Indonesia (PLN), kebutuhan listrik nasional mencapai 232.296 TWh pada tahun 2018 dan tumbuh 5,1% per tahun. Tuntutan tersebut tidak hanya pada wilayah ibukota di pulau-pulau besar, bahkan sampai wilayah di pulau-pulau kecil. Namun, total produksi listrik pada tahun 2018 baru mencapai 220.817 TWh yang masih didominasi oleh bahan bakar fosil yaitu batu bara, minyak dan gas bumi sebesar 59,6% (Aprilianti, dkk, 2020).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengalihkan penggunaan energi fosil mengingat energi tersebut merupakan penghasil emisi terbesar di dunia saat ini. Salah satu upaya adalah dengan mengalihkan sumber energi primer dari energi fosil menjadi energi terbarukan dan berkelanjutan. Energi terbarukan seperti energi

panas bumi, surya, air, angin, sampah, laut, dan biomassa memiliki potensi yang cukup besar di Indonesia.

Dari beberapa sumber energi terbarukan yang ada tersebut, penggunaan energi surya memiliki potensi yang sangat baik untuk diterapkan di wilayah Indonesia, mengingat wilayah Indonesia yang cukup luas dan berada di daerah khatulistiwa sehingga memiliki tingkat intensitas matahari yang cukup stabil.

Pembangkit listrik berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) memberikan kontribusi yang cukup besar dalam menunjang kebutuhan akan energi listrik. Sumber energi alternatif merupakan suatu kebutuhan yang mendesak akibat berkurangnya sumber energi fosil. Salah satu sistem pembangkit EBT ialah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang merupakan suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik yang menggunakan sel photovoltaic (*photovoltaic cell*) atau yang sering dikenal dengan sebutan PV. PLTS bersifat ramah lingkungan, berkelanjutan, mudah diimplementasikan, lokasi yang fleksibel dan dekat dengan pusat beban. Penyambungan PLTS ke dalam jaringan distribusi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kualitas jaringan distribusi tenaga listrik meliputi: aliran daya, perbaikan profil tegangan, peningkatan keandalan, dan penurunan rugi-rugi daya.

Dikawasan kota memiliki potensi besar untuk dikembangkan PLTS yang dapat diaplikasikan pada atap bangunan. Sistem PLTS dapat dilakukan dengan Sistem *Hybrid*. Sistem PLTS *Hybrid* adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang didukung oleh teknologi *Hybrid*, sistem listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan listrik dari PLN untuk memudahkan pengguna

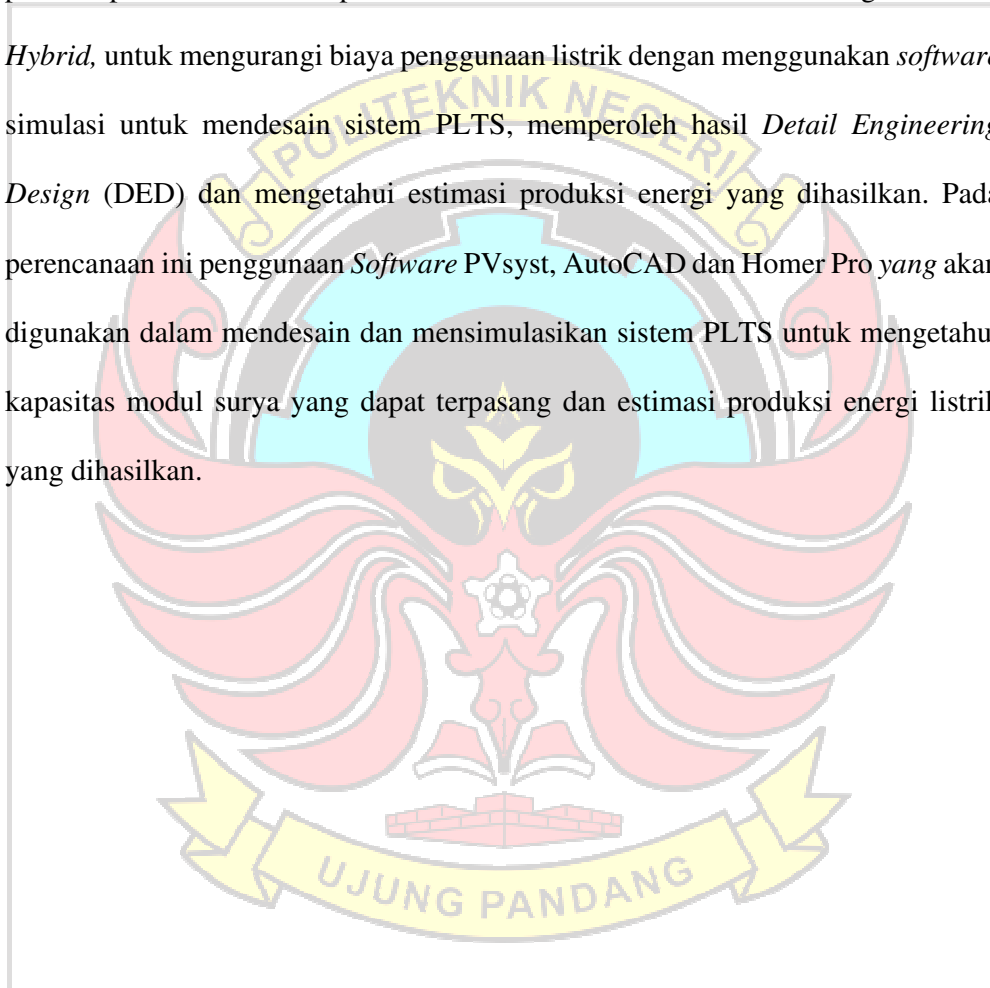
mendapatkan dukungan energi listrik yang optimal sekaligusantisipasi saat terjadi kekurangan daya atau pemadaman. Listrik yang dihasilkan dari sistem PLTS tipe ini nantinya akan disimpan ke dalam baterai cadangan, seperti yang diterapkan pada PLTS *Off-Grid*. Bedanya jika di tipe *Off-Grid*, kekurangan cadangan listrik dari baterai diatasi oleh genset. Sedangkan untuk tipe ini, secara otomatis akan dicadangkan oleh listrik dari PLN sehingga menjaga aliran listrik bekerja secara optimal.

Salah satu perusahaan yang mempunyai lokasi potensial dalam perencanaan ketenagalistrikan adalah PT. Sinopacific Peralatan Indonusa yang merupakan salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang distributor alat berat, yang meliputi penjualan dan service alat berat. Kantor pusat dari perusahaan ini terletak di Jakarta dan memiliki banyak cabang di Indonesia salah satunya terdapat di Makassar. Kantor Sinopacific Makassar memiliki luas bangunan 22.7 x 16 Meter persegi dengan model atap menggunakan bahan spandek serta posisi bangunan yang menghadap ke selatan barat daya sehingga PLTS dapat bekerja secara optimal. Dengan besar penggunaan daya mencapai 212,793 Watt dalam satu minggu dan sekitar 911,970 Watt dalam sebulan. Dengan jumlah penggunaan daya yang besar tersebut membuat perusahaan sering membeli token listrik tambahan beberapa kali dalam sebulan, sehingga membutuhkan penghematan pengeluaran biaya listrik

PLN. Disamping itu, dengan banyaknya beban yang digunakan membuat perusahaan harus menambah daya dari 2200 Watt menjadi 7700 Watt untuk menunjang penggunaan listrik pada kantor PT. Sinopacific. Selain dari penambahan daya listrik yang dilakukan, juga sering kali terjadi pemutusan kabel input dari PLN

dikarenakan adanya mobil tronton atau kendaraan pengangkut alat berat yang menyeret kabel listrik sehingga terjadi pemadaman hingga 2 – 3 jam.

Berdasarkan kondisi tersebut pemanfaatan sinar matahari melalui perencanaan PLTS merupakan langkah yang tepat untuk memenuhi kebutuhan dasar kelistrikan pada atap kantor PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar Dengan Sistem *Hybrid*, untuk mengurangi biaya penggunaan listrik dengan menggunakan *software* simulasi untuk mendesain sistem PLTS, memperoleh hasil *Detail Engineering Design* (DED) dan mengetahui estimasi produksi energi yang dihasilkan. Pada perencanaan ini penggunaan *Software* PVsyst, AutoCAD dan Homer Pro yang akan digunakan dalam mendesain dan mensimulasikan sistem PLTS untuk mengetahui kapasitas modul surya yang dapat terpasang dan estimasi produksi energi listrik yang dihasilkan.

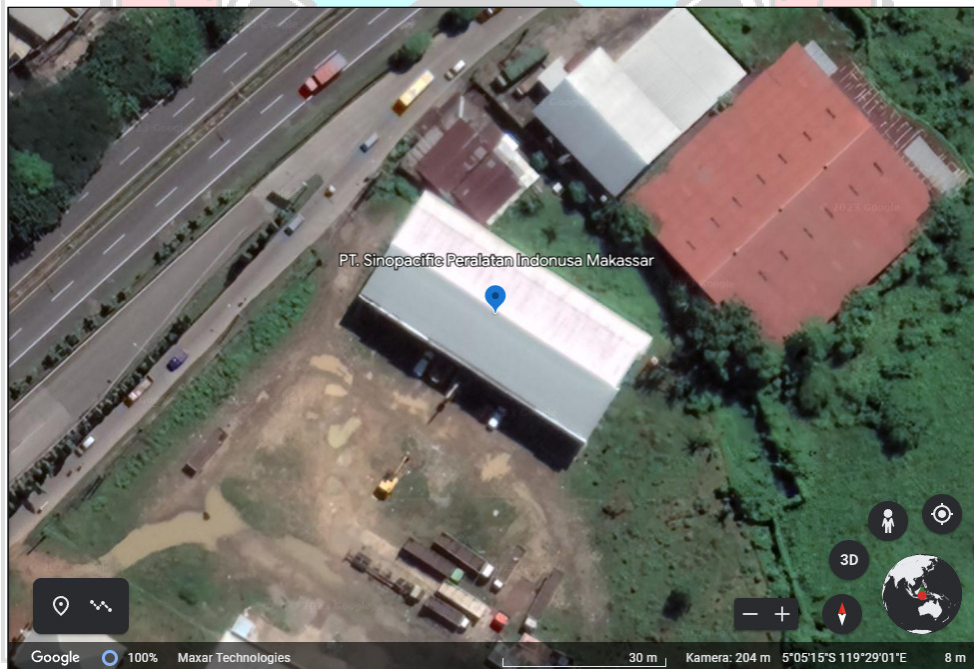




## BAB II DESKRIPSI SITUASI AWAL

### 2.1 Profil PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar

Lokasi penelitian terletak pada Koordinat titik  $-5.08756^{\circ}$ ,  $119.48365^{\circ}$ , Jl. Ir. Sutami, Bira, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Gambar 2.1 akan memperlihatkan tampak atas PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar yang didapatkan melalui bantuan *Google Earth* yang merupakan sebuah *software* berupa *globe virtual* yang berisi pemetaan bumi berdasarkan Gambar 2.1 yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan *globe GIS*.



Gambar 2.1 Lokasi PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar





Gambar 2.2 Bangunan PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar



## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Observasi

Observasi adalah teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui suatu pengamatan, dengan disertai pencatatan terhadap keadaan untuk memastikan rancangan yang diusulkan sesuai dengan batasan yang ditentukan. Sehingga untuk mencapai hal tersebut, tahapan observasi diawali dengan mengumpulkan informasi terkait kebutuhan sistem yang dirancang.

### 3.2 Studi Literatur

Pada tahap studi literatur dilakukan serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan pengumpulan data pustaka, serta mengelolah bahan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan aspek teoritis maupun aspek manfaat praktis. Studi literatur dilakukan untuk mencari dasar pijakan atau fondasi untuk memperoleh dan membangun landasan teori terkait penelitian yang dilakukan. Berikut adalah hasil *review* atau kumpulan dari beberapa sumber informasi yang relevan dengan *project* yang akan kami rencanakan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Hasil Review Sumber Informasi

Penulis	Judul Penelitian	Hasil
Tarigan, (2022)	Analisa Kelayakan Pembangkit Tenaga <i>Hybrid</i> (Diesel Dan Photovoltaic) Guna Memenuhi Pengembangan Industri Pariwisata Di Pulau Pandang	<p>Pulau Pandang merupakan salah satu pulau terpencil dan terluar yang berada di Sumatera Utara. Saat ini kondisi energi listrik di Pulau Pandang di pasok oleh Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dan Pembangkit Fotovoltaik sehingga kualitas energi listrik yang digunakan tentu sangat berpotensi untuk dijadikan penelitian sebuah kelayakan pembangkit untuk wilayah pulau pandang tersebut terhadap beban yang ada di Pulau tersebut. Dengan melakukan simulasi pembangkit listrik tenaga hybrid generator diesel dan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan aplikasi PV Syst dapat menghasilkan potensi energi listrik sebesar 203,5 MWh/tahun dan untuk simulasi produksi energi listrik yang dihasilkan sebesar 170 MWh/tahun.</p> <p>Hasil analisa kelayakan investasi yang telah dilakukan yaitu pada nilai NPV sebesar Rp. 1.489.721.932, dengan nilai IRR sebesar 26% dan nilai B/C sebesar Rp. 4.000, serta</p>

		<p>jangka waktu pengembalian modal selama 10 tahun, dengan kriteria tersebut maka pembangkit listrik tenaga hibrida di Pulau Pandang tersebut dinyatakan layak sebagai investasi</p>
Arifin, (2019)	<p>Unjuk Kerja Desain Perencanaan Dan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>On-Grid</i> Sistem DC Coupling Kapasitas 17 kWp Pada Gedung Hunian Graha Cendekia Yogyakarta Menggunakan Pvsyst 6.8.4</p>	<p>Graha Cendekia Yogyakarta merupakan gedung hunian yang terletak di Yogyakarta yang direncanakan menggunakan sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) untuk memenuhi sekitar 80% kebutuhan listrik yang <i>On-Grid</i> dengan listrik PLN. Perencanaan dan simulasi PLTS dilakukan dengan menggunakan software PvSyst 6.8.4 kemudian dianalisis dan hasilnya berupa report yang terstruktur. Simulasi penelitian menunjukkan bahwa PLTS memiliki performa sistem sebesar 75,4% yang dapat memenuhi 42.16% dari total kebutuhan listrik yang diperkirakan mampu dilayani oleh PLTS atau dengan kata lain memenuhi 34.01% dari total kebutuhan listrik gedung Graha cendekia Yogyakarta. Untuk mendapatkan daya sebesar itu membutuhkan 52 modul fotovoltaik dengan total kapasitas terpasang sebesar 17,42 kWp, 80unit baterai</p>

		<p>sistem 24V dengan kapasitas total 8000 Ah dan 4unit inverter dengan kapasitas total 16 kW AC yang diperuntukkan melayani kebutuhan listrik ketika malam hari.</p> <p>Analisis kelayakan investasi dilakukan dengan menggunakan <i>NPV (Net Present Value)</i>, <i>PI (Profitability Index)</i> dan <i>PBP (Pay Back Period)</i>. Hasil analisis menunjukkan NPV sebesar Rp 11.509.198, PI bernilai positif 1,013 dan PBP selama 12 tahun 5 bulan. Simpulan dari kajian ini adalah investasi proyek PLTS pada Graha Cendekia Yogyakarta berdasarkan aspek teknis dan aspek biaya layak dilaksanakan.</p>
Prayogi, (2018)	<p>Perancangan Sistem Pembangkit Listrik <i>Hybrid</i> (PLN-Solar Cell) Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil dan</p>	<p>Saat ini FTSP UII masih menggunakan energi listrik tak terbarukan (PLN). Karena pertumbuhan ekonomi dan permintaan energi listrik semakin meningkat maka diperlukan terobosan baru untuk mengatasinya yaitu dengan penyediaan energi</p>
	<p>Perencanaan Universitas Islam Indonesia Menggunakan Homer.</p>	<p>listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu energi terbarukan yang digunakan adalah sistem photovoktaik dan PLN sebagai hybrid pada gedung FTSP UII. Pada penelitian ini akan membahas</p>

		<p>bagaimana cara merancang sistem hybrid baik secara teknik maupun ekonominya sesuai dengan kondisi pada gedung FTSP UII. Komponen pada penelitian ini terdiri dari: panel surya, baterai, inverter dan HOMER sebagai simulatornya. 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</p>
Syaeful Anwar, A. (2021).	<p>Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya</p>	<p>Dalam penelitian ini dilakukan simulasi dan analisis kelayakan pembangkitan energi listrik tenaga surya. Analisis kelayakan menggunakan parameter nilai</p>
	<p>Rooftop Di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi</p>	<p>investasi diantaranya adalah Penghematan Biaya Pengeluaran Untuk Tagihan Listrik, Analisis Waktu Kembali Modal Investasi, dan Effisiensi dari PLTS Setiap Tahunnya. Penelitian ini dilakukan</p>

	(Doctoral Dissertation	menggunakan perangkat lunak PVsyst dengan berlokasi di rooftop Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan apabila dibangkitkan PLTS di rooftop
		Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa di gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi tidak dapat dibangkitkan PLTS dengan konfigurasi off-grid karena luasan rooftop yang terbatas, tetapi dapat dibangkitkan PLTS dengan konfigurasi on-grid yang memerlukan lahan pembangkitan seluas 87 m <sup>2</sup> , menggunakan solar panel 300 Wp sebanyak 58 Unit yang mampu menghasilkan daya sebesar 17,4 kWp, dengan hasil analisis investasi waktu kembali modal investasi adalah selama 13,21 tahun dan penghematan pertahun sebesar Rp. 33.704.100 artinya PLTS di rooftop Gedung Fakultas Teknik
		Universitas Siliwangi mengeffisiensikan pengeluaran pertahun sebesar 38,75 %.

Saat ini estimasi energi konsumsi listrik harian pada gedung PT. Sinopacific sebesar 30399 Wh dengan rincian konsumsi listrik per item yang sudah ditentukan sebelumnya. Konsumsi listrik terbesar terdapat pada penggunaan AC yakni sebesar 17.820 Wh, sedangkan konsumsi daya terendah didapatkan penggunaan pada Wifi dengan konsumsi listrik sebesar 864 Wh yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah

ini:

Tabel 3.2 Data Beban Listrik Harian

No	Jenis Beban	Jumlah	Daya (Watt)	Daya Total (Watt)	Waktu Pemakaian/Hari (h)		Kebutuhan Energi (Wh)		Total Energi (Wh)
					Siang	Malam	Siang	Malam	
1	Lampu	16	15	240	10	2	2400	480	2880
2	AC 1 PK	4	495	1980	9	0	17820	0	17820
3	Wifi	2	18	36	12	12	432	432	864
4	Charger Laptop	5	65	325	3	0	975	0	975
5	Dispenser	1	190	190	12	12	2280	2280	4560
6	Kompresor	1	1500	1500	1	0	1500	0	1500
7	Mesin Las	1	900	900	2	0	1800	0	1800
<b>Total</b>			<b>3183</b>	<b>5171</b>	<b>49</b>	<b>26</b>	<b>27207</b>	<b>3192</b>	<b>30399</b>

### 3.3 Data Iklim

#### 3.3.1 Software PVsyst 7.3

Data iklim dan intensitas radiasi matahari diperoleh dari database Meteorologi 8.1 melalui software PVsyst 7.3 dengan memilih titik koordinat lokasi PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar. Adapun data Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.



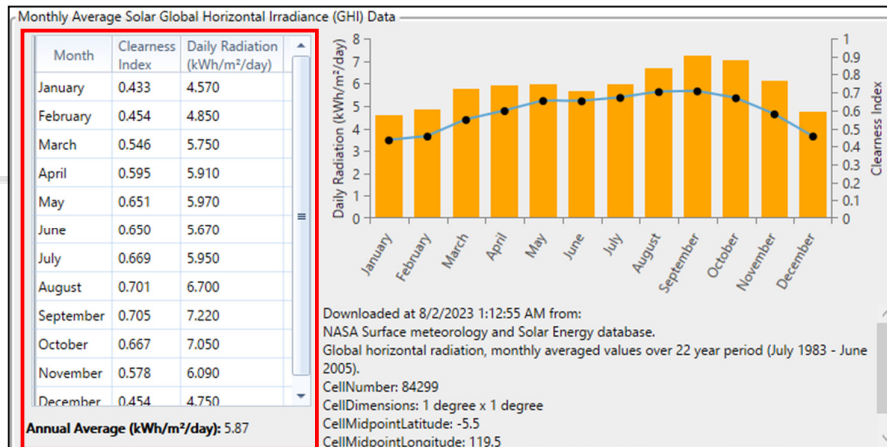
Tabel 3.3 Insolasi, Suhu, Diffuse Irradiation dan Kecepatan Angin

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	4.57	2.35	26.4	1.00
Februari	4.85	2.71	26.3	0.98
Maret	5.75	2.72	26.4	1.00
April	5.91	2.33	26.6	0.99
Mei	5.97	2.26	26.6	1.00
Juni	5.67	1.96	26.1	1.19
Juli	5.95	1.91	25.7	1.50
Agustus	6.70	1.92	25.8	1.69
September	7.22	2.15	26.3	1.59
Oktober	7.05	2.41	26.7	1.19
November	6.09	2.64	26.7	1.31
Desember	4.75	2.67	26.5	1.30
Rata-rata	5.88	2.33	26.3	1.3

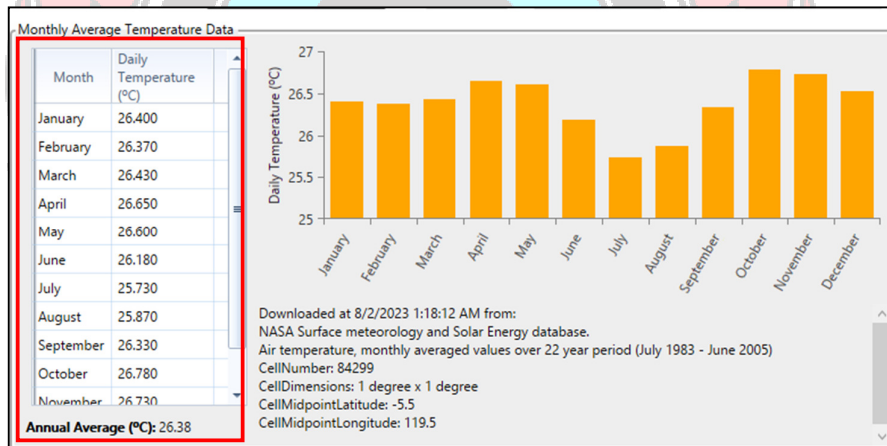
Pada Menu *Monthly Meteo* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 merupakan tampilan data iradiasi matahari, diffuse irradiation, suhu, dan kecepatan angin yang ada pada PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar rata-rata relatif tinggi yaitu sebesar 5.88 kWh/m<sup>2</sup>/hari dengan suhu rata-rata sebesar 26.3°C. pada tampilan Menu *Monthly Meteo* ini dapat mengubah unit radiasi yang diinginkan mulai dari kWh/m<sup>2</sup>/hari dan kWh/m<sup>2</sup>/bulan.

### 3.3.2 Software Homer Pro

#### 5) Data Radiasi Matahari dan Temperatur



Gambar 3.1 Tampilan Data Radiasi Matahari



Gambar 3.2 Tampilan Data Temperatur

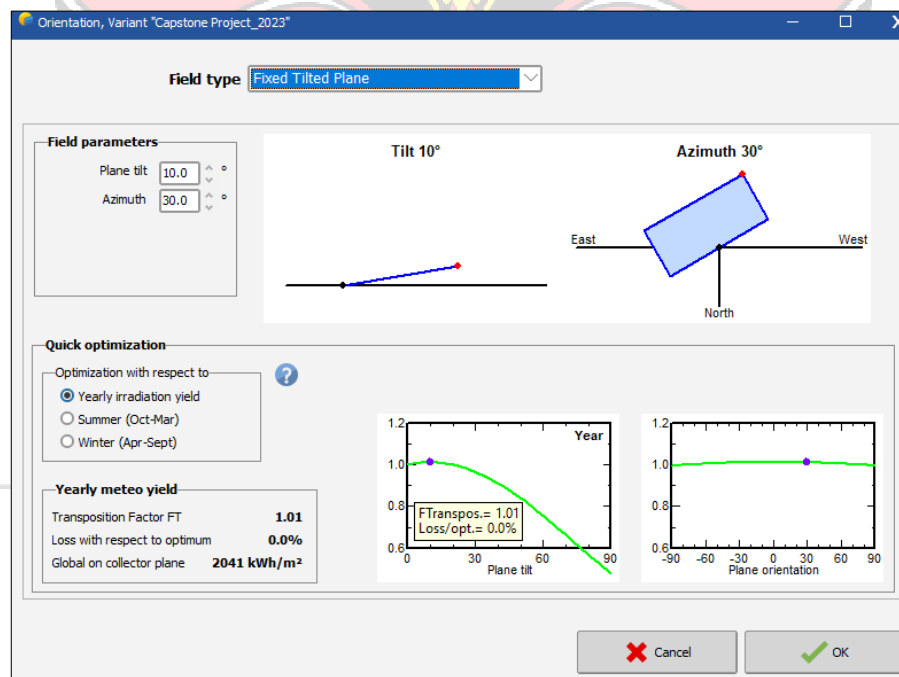
Pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 merupakan menu data radiasi matahari dan temperatur didapat dari NASA *Prediction of Worldwide Energy Resources* (POWER). Nilai daya radiasi per unit area atau nilai *irradiance* dapat dijadikan parameter untuk melihat tingkat pencahayaan atau radiasi energi matahari yang ditangkap oleh panel surya.

Berdasarkan Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 diperoleh nilai radiasi matahari dan temperatur di area PT. Sinopacific, dengan rata-rata radiasi matahari 5,87 kWh/m<sup>2</sup> /day dan rata-rata suhu 26,38°C, sehingga dengan kondisi tersebut, sangat berpotensi untuk menerapkan panel surya.

### 3.4 Desain Sistem *Hybrid* Dengan Software PVsyst

#### 3.4.1 Orientasi Sistem

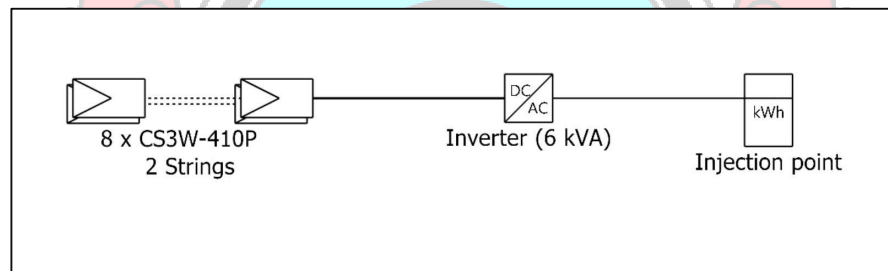
Berdasarkan kondisi di lapangan, perencanaan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan tipe metode pemasangan *Rooftop Rack* dengan kemiringan yang disesuaikan dengan kondisi atap yaitu sebesar 10<sup>0</sup> dan *azimuth* 30<sup>0</sup> dengan model atap menggunakan bahan spandek yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini:



Gambar 3.3 Tampilan Menu *Main Parameters Orientation*

### 3.4.2 Sistem Desain

Menggabungkan beberapa komponen utama, seperti sistem kelistrikan PLN, panel surya, inverter, dan baterai, dalam desain sistem simulasi pada software PVSyst 7.3. Tujuan utama desain ini adalah untuk menemukan sebuah sistem yang dapat mengoptimalkan penggunaan energi sambil mengurangi ketergantungan pada sumber daya eksternal. Software PVSyst memungkinkan peneliti untuk memodelkan, memantau, dan mengoptimalkan sistem dengan mempertimbangkan penggunaan energi, kapasitas penyimpanan baterai, dan fitur sumber daya yang tersedia. Gambar 3.4 berikut menunjukkan desain sistem:

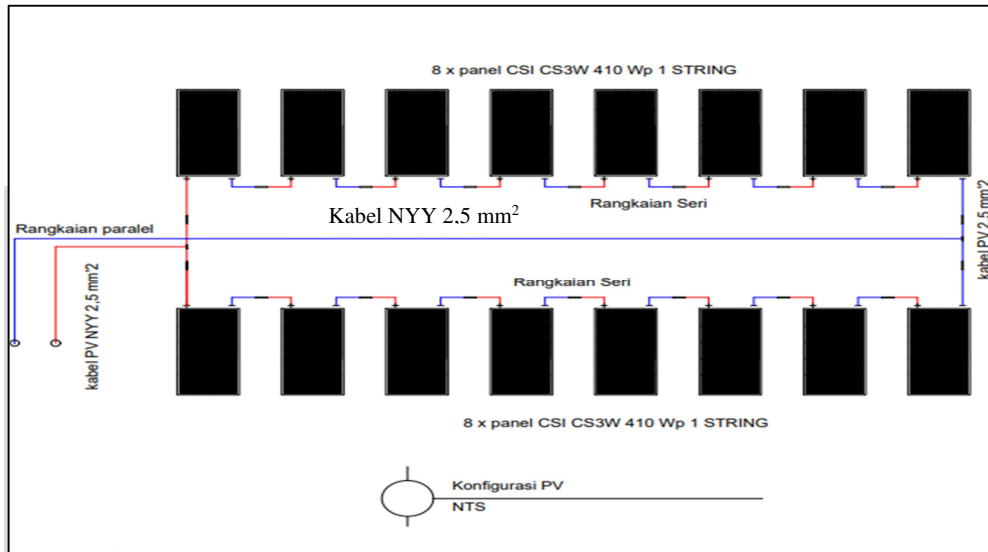


Gambar 3.4 Skema Sistem Desain PLTS

### 3.5 Konfigurasi PV

Jenis PV yang digunakan ialah Canadian Solar CS3W 410 Wp, 39.1 Volt, dan 10.49 Ampere. Jumlah panel solar sebanyak 16 unit yang kemudian di bagi menjadi dua string dimana pada masing-masing string terdapat 8 unit PV yang rangkai secara seri. PV diletakkan pada kedua sisi atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap tersebut, kemudian kedua string dirangkai secara paralel yang menghasilkan tegangan 283 Volt DC. Jenis kabel yang gunakan pada PV yaitu NYY 2,5 mm<sup>2</sup>

dihubungkan ke inverter dan dilengkapi dengan MCB DC 25 ampere. Konfigurasi PV seperti pada Gambar 3.5. detail gambar dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 3.5 Konfigurasi Panel Surya

### 3.6 Aspek Penelitian

#### 3.6.1 Analisis Teknis

Analisis teknik yang dilakukan mengacu pada sebesar apakah kapasitas PLTS yang akan dirancang, menentukan spesifikasi komponen yang digunakan, orientasi panel surya dan daya yang dapat dihasilkan PLTS tersebut. Daya yang dihasilkan PLTS dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya radiasi matahari yang terdapat di lokasi perencanaan PLTS, kemiringan dan arah dari panel surya, ada tidaknya sinar matahari, temperatur wilayah di lokasi PLTS, dan performa teknis dari komponen yang digunakan pada PLTS. Performa dari PLTS diperkirakan menurun sejalan dengan usia pakainya karena disebabkan oleh degradasi dari modul surya, dan umur dari komponen yang digunakan. Kualitas dari suatu PLTS dapat juga ditunjukkan oleh rasio performanya. Rasio performa umumnya dinyatakan dalam

persentase yang menunjukkan daya total yang dihasilkan sistem akibat adanya rugi-rugi yang dibandingkan dengan saat sistem bekerja pada kondisi STC. Rugi-rugi pada sistem PLTS mencakup rugi karena efisiensi panel surya, temperatur, dan efisiensi inverter.

### 3.6.2 Analisis Ekonomi

Secara umum analisis ekonomi teknik bisa dikatakan sebagai analisis ekonomi dari suatu investasi teknik. Tujuan dari analisis ini untuk menilai kelayakan suatu perencanaan dengan melakukan kajian alternatif yang dianggap paling menguntungkan. Kelayakan investasi PLTS yang akan direncanakan di lokasi penelitian ditentukan berdasarkan nilai *Net Present Value* (NPV) dan Metode *Discounted Payback Period* (DPP). Hasil simulasi dipengaruhi oleh biaya total investasi yang harus dikeluarkan, biaya operasional, *discount rate* dan nilai inflasi. Biaya total investasi masing-masing variasi didapat dari survei ke toko *online* di berbagai *e-commerce* di Indonesia sedangkan *discount rate* dan nilai inflasi didapat dari laman resmi Bank Indonesia.

## BAB IV HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Analisis Teknis

Berdasarkan analisis teknis dari hasil simulasi software PVsyst 7.3 dan Homer Pro yang telah dilakukan, diperoleh hasil akhir berupa parameter umum seperti *project lifetime (year)*, jumlah panel surya, inverter, dan baterai serta nilai *system power* serta produksi energi masing-masing pembangkit, total produksi dari sistem, dan performa sistem yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Perbandingan Analisa Teknis PVsyst 7.3 dan Homer Pro

<b>Parameter</b>	<b>PVsyst 7.3</b>	<b>Homer Pro</b>
Project Lifetime (year)	20	20
Panel Surya (unit)	16	16
System Power (kWp)	6.56	6.56
Inverter (unit)	1	1
Baterai (unit)	1	1
Beban Kelistrikan (kWh)	30399 Wh	30399 Wh
Produce Energy (kWh/year)	8,798	10,664
Biaya Investasi Awal	Rp. 90.725.988	Rp. 90.726.000
<i>Payback Period (year)</i>	10.7 Tahun	7.1
<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp. 98.187.881	Rp. 76.763.610
IRR	17.52%	14.6 %

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa sistem yang didesain dapat memenuhi kebutuhan energi di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dengan menunjukkan angka produksi energi pada perencanaan PVSyst sebesar 8,798 kWh/tahun. Adapun pada perencanaan HOMER Pro angka produksi energi sebesar 10,664 kWh/tahun.

## 4.2 Analisis Ekonomi

### 4.2.1 Analisis Perhitungan Ekonomi

#### 1) Biaya Investasi PLTS

Berdasarkan analisa ekonomi yang telah dilakukan, diperoleh Biaya investasi awal untuk PLTS yang akan di rancang pada atap Gedung PT. Sinopacific mencakup biaya-biaya seperti biaya komponen PLTS, biaya rak penyangga panel surya, biaya pengkabelan serta biaya instalasi PLTS. Biaya investasi PLTS pada atap Gedung PT. Sinopacific dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Biaya Investasi PLTS

No.	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga Per Unit	Total Harga
<b>Komponen Utama</b>					<b>Rp 80,702,000</b>
1	Panel Surya CSI CS3W 410 (Wp)	16	Unit	Rp 3,370,000	Rp 53,920,000
2	Inverter 48V DC 220V AC 6000 W	1	Unit	Rp 12,529,000	Rp 12,529,000
3	Baterai 48V 100 Ah	1	Unit	Rp 14,253,000	Rp 14,253,000
<b>Komponen Sistem Penyangga</b>					<b>Rp 5,086,000</b>
4	Aluminium Rail 2.1 M	20	Unit	Rp 195,000	Rp 3,900,000
5	Mid Clamp 40 mm	28	Pes	Rp 13,500	Rp 378,000
6	End Clamp 40 mm	8	Pes	Rp 13,000	Rp 104,000
7	L Feet + Hanger Bolt	16	Pes	Rp 44,000	Rp 704,000



<b>Perangkat Proteksi</b>						<b>Rp 416,000</b>
7	MCB DC 25 A 440 V	1	Unit	Rp 62,000	Rp 62,000	
8	MCB DC 125 A	1	Unit	Rp 78,000	Rp 78,000	
9	MCB AC 32 A	1	Unit	Rp 51,000	Rp 51,000	
10	SPD DC 500 VDC	1	Unit	Rp 225,000	Rp 225,000	
<b>Pengkabelan</b>						<b>Rp 3,222,000</b>
11	Kabel NYY 2,5 mm <sup>2</sup>	30	Meter	Rp 27,000	Rp 810,000	
12	Kabel NYY 35 mm <sup>2</sup>	2	Meter	Rp 71,000	Rp 142,000	
13.	Kabel NYY 4 mm <sup>2</sup>	10	Meter	Rp 27,000	Rp 270,000	
14	Aksesoris Tambahan				Rp 2,000,000	
<b>Instalasi</b>						<b>Rp 1,300,000</b>
15	Transport	1	Unit	Rp 300,000	Rp 300,000	
16	Setting				Rp 1,000,000	
<b>INVESTASI AWAL</b>						<b>Rp 90,726,000</b>

## 2) Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal. Penentuan persentase 1% didasarkan bahwa negara Indonesia hanya mengalami dua musim, sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan panel suryanya tidak sebesar pada negara yang mengalami empat musim dalam satu tahun. Selain itu penentuan persentase ini juga didasarkan pada tingkat upah tenaga kerja di Indonesia yang lebih murah dibandingkan dengan tingkat upah tenaga kerja di negara maju. Adapun biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$M = 1\% \times \text{Total Biaya Investasi Awal}$$

$$M = 1\% \times \text{Rp } 90.726.000$$

$$M = \text{Rp } 907.260$$

### 3) Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal (C), biaya jangka panjang untuk pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) dan biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian selama umur proyek (RPW).

PLTS yang akan dirancang pada penelitian ini, akan beroperasi selama 20 tahun. Besarnya tingkat diskonto ( $i$ ) yang dipergunakan untuk menghitung nilai sekarang pada penelitian ini adalah sebesar 9.27%. Penentuan tingkat diskonto ini mengacu kepada tingkat suku bunga kredit bank per April tahun 2023 (BPS, 2023). Besar nilai sekarang (*present value*) untuk biaya pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) PLTS selama umur proyek 20 tahun dengan tingkat diskonto 9.27% adalah sebagai berikut.

$$M_{PW} = M \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 907.260 \left[ \frac{(1+0,0927)^{20} - 1}{0,0927(1+0,0927)^{20}} \right]$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 907.260 \left[ \frac{4,8887}{0,5459} \right]$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 907.260 \times 8,96$$

$$M_{PW} = \text{Rp } 8.125.047$$

Adapun Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian selama umur proyek (RPW) dapat di hitung dengan menjumlahkan biaya penggantian baterai dan inverter yang dapat di kembangkan sebagai berikut.

$$R_{PW} = \text{Biaya Penggantian Baterai} + \text{Biaya penggantian inveter}$$

$$R_{PW} = Rp \text{ } 14.253.000 + Rp \text{ } 12.529.000$$

$$R_{PW} = Rp \text{ } 26.782.000$$

Berdasarkan biaya investasi awal (C), perhitungan biaya pemeliharaan dan operasional ( $M_{PW}$ ) dan biaya penggantian ( $R_{PW}$ ), maka biaya siklus hidup (LCC) untuk PLTS yang akan dikembangkan selama umur proyek 20 adalah sebagai berikut.

$$LCC = C + M_{PW} + R_{PW}$$

$$LCC = Rp \text{ } 90.726.000 + Rp \text{ } 8.125.047 + Rp \text{ } 26.782.000$$

$$LCC = Rp \text{ } 125.633.047$$

#### 4) Biaya Energi (*Cost of Energy*)

Perhitungan biaya energi (*cost of energy*) suatu PLTS ditentukan oleh biaya siklus hidup (LCC), faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan PLTS. Adapun faktor pemulihan modal (CRF) dapat di lihat sebagai berikut.

$$CRF = \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$CRF = \left[ \frac{0,0927(1+0,0927)^{20}}{(1+0,0927)^{20} - 1} \right]$$

$$CRF = \left[ \frac{0,5459}{4,8887} \right] = 0,1117$$

Sedangkan untuk kWh produksi tahunan PLTS dapat dihitung sebagai berikut.

$$AkWh = kWh \text{ Produksi Harian} \times 365 \text{ Hari}$$

$$AkWh = 30399 \times 365 \text{ Hari}$$

$$AkWh = 11.096 \text{ kWh}$$

Berdasarkan hasil perhitungan LCC, CRF dan kWh produksi tahunan maka besar biaya energi (COE) Untuk PLTS yang akan di rancang pada Atap Gedung PT. Sinopacific adalah sebagai berikut.

$$COE = \frac{LCC \times CRF}{AKWH}$$

$$COE = \frac{Rp 125.633.047 \times 0,1117}{11.096}$$

$$COE = 1.264/kWh$$

#### 4.4.6 Analisis Kelayakan Investasi PLTS

Kelayakan investasi PLTS yang akan dirancang pada atap Gedung PT. Sinopacific Indonusa Makassar ditentukan berdasarkan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), *Discounted Payback Period* (DPP) dan *Internal Rate Return* (IRR). Dimana perhitungan NPV, PI dan DPP ditentukan oleh besar arus kas bersih (*Net Cash Flow*), faktor diskonto (*discount factor*) dan nilai sekarang arus kas bersih (*Present Value Net Cash Flow*). Arus kas bersih (NCF) dihasilkan dengan mengurangi arus kas masuk dengan arus kas keluar kemudian mengalikannya dengan tingkat diskonto. Sedangkan untuk nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF) dihasilkan dengan menjumlahkan arus kas bersih (NCF) tahun sebelumnya dan tahun selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3 Perhitungan DF, NCF dan PVNCF, dengan  $i=9.27\%$

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount factor (DF)	PV	Kumulatif (PVNCF)
0	Rp 90,726,000				1.000		
1		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.9152	Rp 12,008,047	Rp 12,008,047
2		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.8375	Rp 10,989,336	Rp 22,997,383
3		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7665	Rp 10,057,047	Rp 33,054,430
4		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7014	Rp 9,203,850	Rp 42,258,281
5		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6419	Rp 8,423,035	Rp 50,681,316
6		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5875	Rp 7,708,461	Rp 58,389,777
7		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5376	Rp 7,054,508	Rp 65,444,285
8		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4920	Rp 6,456,034	Rp 71,900,318
9		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4503	Rp 5,908,331	Rp 77,808,650
10		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4121	Rp 5,407,094	Rp 83,215,743
11		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3771	Rp 4,948,379	Rp 88,164,122
12		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3451	Rp 4,528,580	Rp 92,692,702
13		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3159	Rp 4,144,394	Rp 96,837,096
14		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2891	Rp 3,792,802	Rp 100,629,898
15		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2645	Rp 3,471,037	Rp 104,100,934
16		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2421	Rp 3,176,569	Rp 107,277,503
17		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2216	Rp 2,907,082	Rp 110,184,585
18		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2028	Rp 2,660,458	Rp 112,845,043
19		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1856	Rp 2,434,756	Rp 115,279,798
20		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1698	Rp 2,228,202	Rp 117,508,000
<b>Total</b>						Rp 117,508,000	Rp 117,508,000

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dengan tingkat diskonto ( $i$ ) sebesar  $9.27\%$  dan nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF).

Arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan kWh produksi tahunan PLTS dengan biaya energi. Dengan kWh produksi tahunan PLTS sebesar  $11.096$  kWh dan biaya energi sebesar Rp.  $1.264/\text{kWh}$  maka besar arus kas masuk tahunan adalah Rp.  $14.028.453$  adapun untuk arus kas keluar tahunan PLTS diperhitungkan sebesar Rp. $907.260$  yang ditentukan berdasarkan biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS.

1) *Net Present Value (NPV)*

Berdasarkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dan nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF), maka NPV dapat dihitung sebagai berikut.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{AkWh \times COE - M}{(1+i)^t} - C$$

$$NPV = Rp 117.508.000 - Rp 90.726.000$$

$$NPV = Rp 26.782.000$$

Berdasarkan hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 26.782.000 (> 0), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan.

2) *Profitability Index (PI)*

*Profitability Index* atau model rasio manfaat biaya (*benefit cost ratio*) merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Dengan total nilai sekarang arus kas bersih (PVNCF) sebesar Rp. 117.508.000 dan biaya investasi awal (*Initial Investment*) sebesar Rp. 90.726.000 maka besar nilai *Profitability Index* dapat dihitung sebagai berikut.

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NCF_t (1+i)^{-t}}{C}$$

$$PI = \frac{117.508.000}{90.726.000} = 1,30$$

Berdasarkan hasil perhitungan PI yang bernilai 1,30 (> 1), menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan.

### 3) *Discounted Payback Period (DPP)*

*Payback Period* adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi).

Pada Tabel 4.4 menunjukkan tahun ke-11, nilai sekarang arus kas bersih kumulatif (PVNCF) mendekati nilai investasi awal dengan kekurangan sebesar Rp. 2.561.877 yaitu dari Rp. 90.726.000 – Rp 88.164.122. Dalam tahun ke-12, nilai sekarang arus kas bersih adalah sebesar Rp. 4.528.580 Sehingga untuk dapat menutupi kekurangan investasi awal sebesar Rp. 2.561.877 maka lama waktu yang diperlukan dapat di hitung sebagai berikut.

$$DPP = \frac{\text{Investment Cost} - \text{PVNCF Tahun 11}}{\text{NCF Tahun 12}} \times 12 \text{ Bulan}$$

$$DPP = \frac{\text{Rp } 90.726.000 - \text{Rp } 88.164.122}{\text{Rp } 92.692.702} \times 12 \text{ Bulan}$$

$$DPP = 6.79 \text{ Bulan}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dihasilkannya DPP sekitar 11 tahun 7 bulan, menunjukkan bahwa investasi PLTS akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan. Hal ini karena DPP yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih kecil dari periode umur proyek yang ditetapkan, yaitu selama 20 tahun

#### 4) Internal Rate Return (IRR)

Tabel 4.4 Perhitungan DF, NCF, dengan  $i=8.27\%$

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount factor (DF)	PVr
0	Rp 90,726,000				1.000	
1		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.9236	Rp 12,118,955
2		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.8531	Rp 11,193,272
3		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7879	Rp 10,338,295
4		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7277	Rp 9,548,624
5		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6721	Rp 8,819,270
6		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6208	Rp 8,145,627
7		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5734	Rp 7,523,438
8		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5296	Rp 6,948,775
9		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4891	Rp 6,418,006
10		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4518	Rp 5,927,778
11		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4173	Rp 5,474,996
12		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3854	Rp 5,056,799
13		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3560	Rp 4,670,545
14		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3288	Rp 4,313,794
15		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3037	Rp 3,984,293
16		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2805	Rp 3,679,960
17		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2590	Rp 3,398,874
18		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2393	Rp 3,139,257
19		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2210	Rp 2,899,471
20		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2041	Rp 2,678,000
<b>Total</b>						Rp 126,278,029

Tabel 4.4 menunjukkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dengan tingkat suku bunga rendah ( $i$ ) sebesar 8.27 %. Berdasarkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), dan faktor diskonto (DF) dengan  $i = 8.27\%$  maka NPVr dapat dihitung sebagai berikut.

$$NPVr = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVr = \sum_{t=1}^n \frac{AkwH \times COE - M}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVr = Rp 126.278.029 - Rp 90.726.000$$

$$NPVr = Rp 35.552.029$$



Tabel 4.5 Perhitungan DF, NCF, dengan  $i=10.27\%$

Tahun	Biaya Investasi	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	Discount factor (DF)	PVt
0	Rp 90,726,000				1.000	
1		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.9069	Rp 11,899,150
2		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.8224	Rp 10,790,923
3		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.7458	Rp 9,785,910
4		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6763	Rp 8,874,499
5		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.6134	Rp 8,047,972
6		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5562	Rp 7,298,424
7		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.5044	Rp 6,618,685
8		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4574	Rp 6,002,253
9		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.4148	Rp 5,443,233
10		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3762	Rp 4,936,278
11		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3412	Rp 4,476,537
12		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.3094	Rp 4,059,615
13		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2806	Rp 3,681,522
14		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2544	Rp 3,338,644
15		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2307	Rp 3,027,699
16		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.2093	Rp 2,745,714
17		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1898	Rp 2,489,992
18		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1721	Rp 2,258,087
19		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1561	Rp 2,047,780
20		Rp 14,028,453	Rp 907,260	Rp 13,121,193	0.1415	Rp 1,857,060
<b>Total</b>						Rp 109,679,976

Tabel 4.5 menunjukkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), faktor diskonto (DF) dengan tingkat suku bunga rendah ( $i$ ) sebesar 10.27 %. Berdasarkan hasil perhitungan arus kas bersih (NCF), dan faktor diskonto (DF) dengan  $i = 10.27\%$  maka NPVt dapat dihitung sebagai berikut.

$$NPVt = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVt = \sum_{t=1}^n \frac{Akw h \times COE - M}{(1+i)^t} - C$$

$$NPVt = Rp 109.679.976 - Rp 90.726.000$$

$$NPVt = Rp 18.953.976$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai NPVr sebesar Rp. 35.552.029 dan nilai NPVt sebesar Rp. 18.953.976, nilai IRR dapat dihitung sesuai persamaan (2-19) sebagai berikut.

$$IRR = Ir + \left( \frac{NPVr}{NPVr - NPVt} \right) (it - ir)$$

$$IRR = 8.27\% + \left( \frac{Rp\ 35.552.029}{Rp\ 35.552.029 - Rp\ 18.953.976} \right) (10,27\% - 8.27\%)$$

$$IRR = 12,56\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan IRR yang bernilai 12,56 %, atau lebih tinggi dari tingkat suku bunga menunjukkan bahwa investasi PLTS yang akan dirancang pada atap gedung PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar layak untuk dilaksanakan.

#### 4.3 Perbandingan Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS

Tabel 4.6 Tabel Perbandingan Analisis Ekonomi PLTS

Variabel Perbandingan	Perhitungan	Homer	$P_{vsyst}$
<i>Cost of Energy(kWh)</i>	Rp 1.264	Rp 772.19	Rp 1.902
<i>Net Present Value (NPV)</i>	Rp 26.782.000	Rp 76.763.610	Rp 98.187.881
<i>Payback Period (year)</i>	11,7	7,1	10,7
<i>Internal Rate Return (IRR)</i>	12,56 %	14,6%	17,52%

## BAB V REKOMENDASI UNTUK KLIEN

### 5.1 Perencanaan Teknis

#### 5.1.1 Konfigurasi PV dan *Singel Line* PLTS Hybrid

Jenis PV yang digunakan adalah Canadian Solar CS3W 410 Wp, 39.1 Volt, dan 10.49 Ampere. Jumlah panel solar sebanyak 16 unit yang kemudian dibagi menjadi dua string dimana pada masing-masing string terdapat 8 unit PV yang dirangkai secara seri. PV diletakkan pada kedua sisi atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap tersebut, kemudian kedua string dirangkai secara paralel yang menghasilkan tegangan 283 Volt DC. Jenis kabel yang digunakan pada PV yaitu NYY 2,5 mm<sup>2</sup> dihubungkan ke inverter dan dilengkapi dengan MCB DC 25 ampere.

#### 5.1.2 Detail Bangunan

Kantor PT. sinopacific Peralatan Indonusa Makassar terletak pada pinggiran kota Makassar tepatnya Jl. Ir. Sutami, Bira Kec. Tamalanrea. Wilayah tersebut merupakan kawasan Industri yang berada pada kota makassar. luas kantor tersebut 363,2meter persegi dengan kondisi sekitar bangunan terdapat tanah kosong yang memarkir Produk penjual dari kantor tersebut, dan tidak adanya bangunan tinggi maupun pepohonan yang memungkinkan adanya *shading* pada PV. Tipe bangunan 2 lantai dengan total tinggi 10 meter dari permukaan tanah dengan sudut kemiringan atap 10 derajat. Matahari terbit dari sisi belakang bangunan dan terbenam pada sisi depan sehingga PV dapat bekerja secara maksimal. Jenis atap yang gunakan pada bangunan yaitu trimlock spandek yang dapat menahan beban dari konstruksi PV.

### 5.1.3 Peletaka PV Pada Atap Bangunan

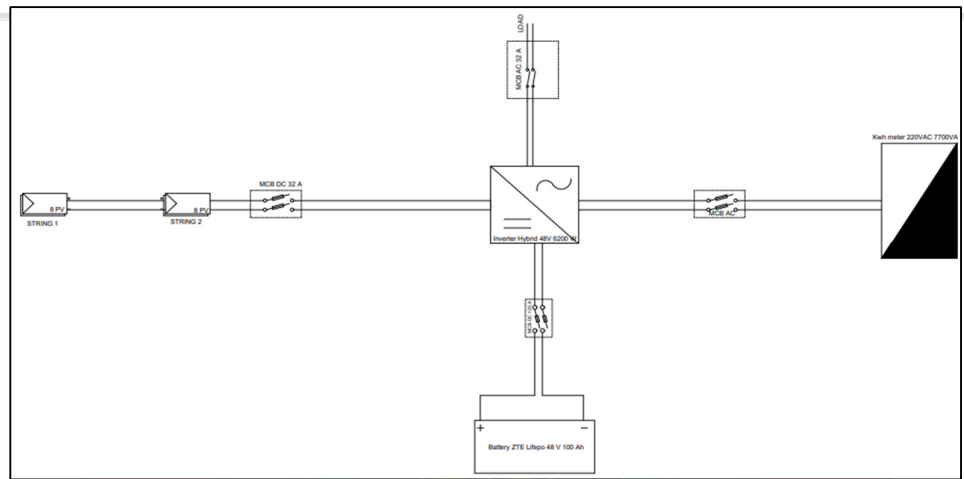
Panel surya diletakkan pada atap bangunan kantor PT. Sinopacific yang di bagi menjadi dua string, dimana masing-masing string berjumlah 8 unit PV yang di pasang pada permukaan atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap tersebut. Dudukan PV menggunakan Aluminium Rail yang di bagi menjadi dua bagian dan dipasang pada sisi atas dan bawah PV dengan masing-masing panjang Aluminium rail 8,85 meter. Pada setiap string terdapat dua buah aluminium rail yang digunakan sebagai Penyangga PV. Kemudian L-feet sebagai penopang dari dudukan PV dikaitkan pada tulang atap menggunakan *bolt* 14 mm. jarak antara permukaan PV dengan Permukaan atap dapat disesuaikan dari 10 cm-15 cm dengan menyatel pada L-feet tersebut. Komponen lainnya yang digunakan pada struktur PV yaitu End Clamp untuk mengikat PV dengan aluminium rail, Mid Clamp digunakan untuk mengikat antara PV satu dengan PV yang lainnya dengan jarak 3 cm. kedua string PV diletakkan pada pertengahan atap bangunan mengikuti sudut kemiringan atap secara berlawanan dari bagian depan dan belakang atap bangunan.

### 5.1.4 Wiring Diagram

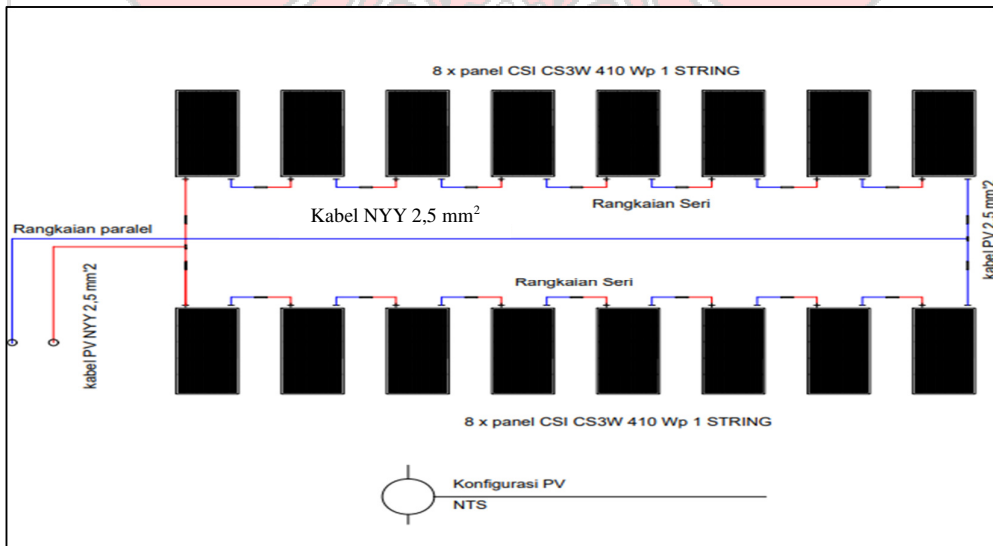
Wiring diagram atau skematik pada sistem PLTS dengan system hybrid, 16 PV dibagi menjadi dua string kemudian dirangkai secara seri untuk menaikkan Voltase dari pada PV tersebut menjadi 283 volt, kemudian kedua string dihubungkan secara paralel untuk menaikkan arus menjadi 21 Ampere. Kemudian dihubungkan ke inverter menggunakan kabel 2,5 mm<sup>2</sup> melalui MCB DC 25 Ampere. Daya yang dihasilkan dari PV kemudian akan disimpan kedalam baterai dengan kapasitas 48 Volt DC 100 Ah, sebelum disalurkan ke beban makan di arus DC dikoversi menjadi

arus AC pada sebuah smart Inverter kapasitas 48 V 6200 Watt, kemudian disalurkan pada beban listrik. Apabila terjadi kekurangan daya dari PLTS maka inverter akan mengambil daya dari PLN.

## 5.2 Gambar Kerja 2D

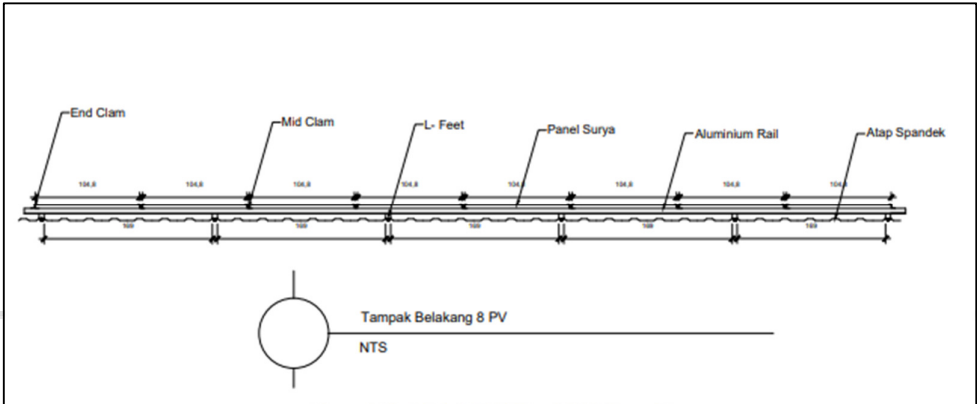


Gambar 5.1 Single Line PLTS Hybrid

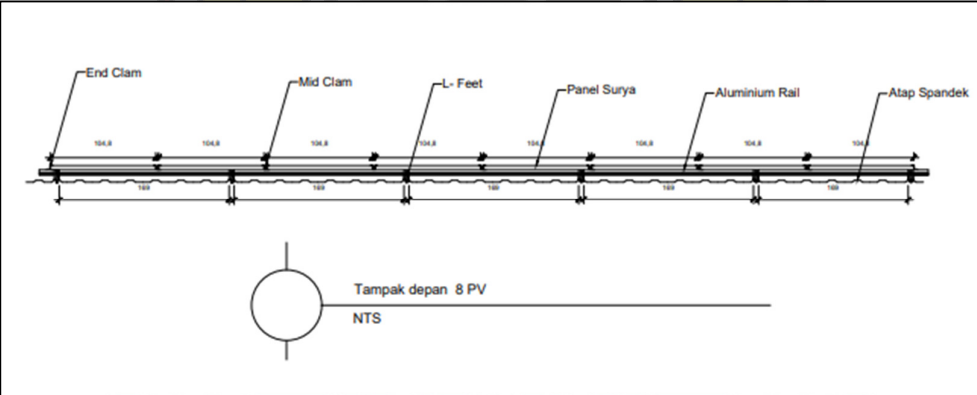


Gambar 5.2 Konfigurasi PV

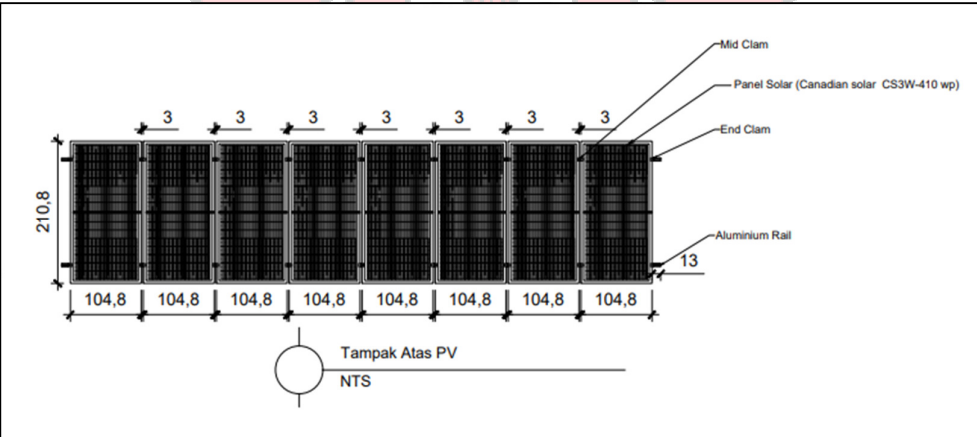




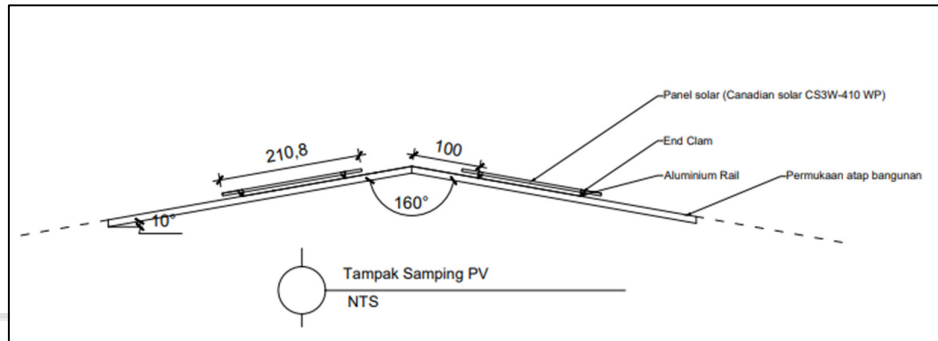
Gambar 5.5 Tampak Belakang 8 PV



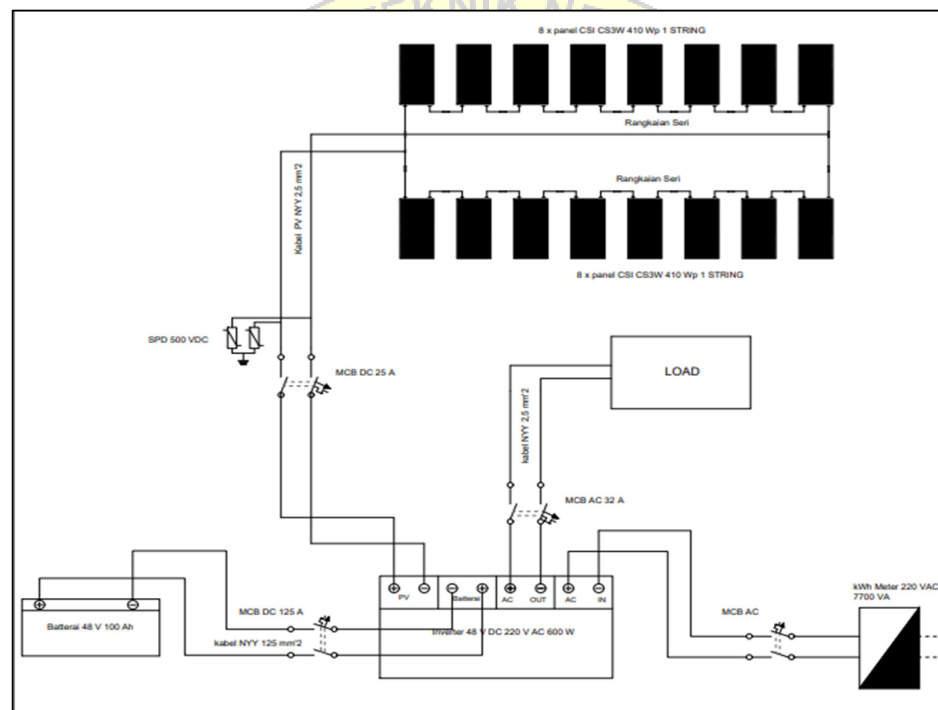
Gambar 5.6 Tampak Depan 8 PV



Gambar 5.7 Tampak Atas 8 PV



Gambar 5.8 Tampak Samping PV



Gambar 5.9 Wiring Diagram PLTS Hybrid



### 5.3 Gambar Kerja 3D



Gambar 5.10 Tampak Samping



Gambar 5.11 Tampak Atas

## 5.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

### 5.4.1 Perhitungan Komponen Struktur

#### 3) Struktur Dudukan PV

##### c. Aluminium rail

String 1 + string 2 = 8,85 meter x 4 total kebutuhan = 20 meter

##### d. Mid Clamp 35 x 40 mm<sup>2</sup>

String 1 + string 2 = 14 pcs x 2 total kebutuhan = 28 pcs

##### b. End Clamp 35 x 40 mm<sup>2</sup>

String 1 + string 2 = 8 pcs x 2 total kebutuhan = 16 pcs

#### 4) Perkabelan

Kabel NYY 2,5 mm<sup>2</sup> total kebutuhan = 30 meter

Kabel NYY 35 mm<sup>2</sup> total kebutuhan = 2 meter

Kabel NYY 4 mm<sup>2</sup> total kebutuhan = 10 meter

### 5.4.2 Daftar Harga Satuan Dasar Upah

Table 5.1 Daftar Harga Satuan Dasar Upah

No	Uraian Upah	Satuan	Harga (Rp.)	Keterangan
1	Operator forklip	Orang/hari	560.000,00	35.000,00 / jam
2	Pekerja	Orang/hari	200.000,00	25.000,00 / jam
3	Teknisi ahli	Orang/hari	600.000,00	75.000,00 / jam
4	Pengawas lapangan	Orang/hari	400.000,00	50.000,00 / jam

### 5.4.3 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat

Tabel 5.2 Daftar Harga Satuan Penyewaan Alat

No	Uraian Alat	Satuan	Harga (Rp.)	Keterangan
1	Motor forklip	Unit	750.000,00	750.000,00/hari
2	Tangga 12 meter	Unit	450.000,00	150.000,00/ hari
3	Mobilisasi	Unit	300.000,00	300.000,00/hari

#### 5.4.4 Daftar Jumlah Pekerja

Tabel 5.3 Daftar Jumlah Pekerja

No	Uraian Alat	Jumlah	Lama kontrak	Keterangan
1	Operasi forklip	1 orang	2 hari	Lama kontrak dapat berubah menyesuaikan kondisi cuaca dan faktor lainnya
2	Teknisi	4 orang	6 hari	
3	Tenaga ahli	1 orang	6 hari	
4	Pengawas lapangan	1 orang	6 hari	

#### 5.4.5 Daftar Harga Satuan Bahan

Tabel 5.4 Daftar Harga Satuan Bahan

No	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satua (Rp)	Jumlah Harga Satuan (Rp)
1	Panel Surya CSI CS3W 410 (Wp)	Unit	16	3.370.000,00	53.920.000,00
2	Inverter 48V DC 220V AC 6000 W	Unit	1	12.529.000,00	12.529.000,00
3	Baterai 48V 100 Ah	Unit	1	14.253.000,00	14.253.000,00
4	Aluminium Rail	m <sup>2</sup>	20	195.000,00	3.900.000,00
5	Mid clamp 35x40mm <sup>2</sup>	Pcs	28	13.000,00	378.000,00
6	End clamp	Pcs	8	13.000,00	104.000,00
7	L-feel dan boli	Pcs	16	44.000,00	704.000,00
8	Kabel NYY 2,5 mm	m	30	27.000,00	810.000,00
9	Kabel NYY 35 mm	m	2	71.000,00	142.000,00
10	Kabel NYY 4 mm	m	10	27.000,00	270.000,00
11	Aksesoris tambahan	unit	1		2.000.000,00
12	MCB DC 25 A 440V	Unit	1	62.000,00	62.000,00
13	MCB DC 124 A	Unit	1	78.000,00	78.000,00
14	MCB DC 32 A	Unit	1	51.000,00	51.000,00
15	SPD DC 500 VDC	Unit	1	225.000,00	225.000,00
16	Safety helmet NSA	Unit	5	75.200,00	376.000,00
17	Body ful harnes	Pcs	5	116.000,00	580.000,00
18	Safety shoes	Pcs	5	120.000,00	600.000,00
Jumlah					90.982.000,00

#### 5.4.6 Rekapitulasi Anggaran

Tabel 5.5 Rekapitulasi Anggaran

No	Uraian	Jumlah harga Semua (Rp)
I.	Penyewaan alat	1.500.000,00
II.	Total harga bahan	90.982.000,00
III.	Upah pekerja	11.360.000,00
IV.	Mobilisasi komponen	300.000,00
V.	Konsumsi	3.650.000,00
Total (I+II+III+IV+V)		107.792.000,00
PPN 11%		11.857.120,00
Dibulatkan		119.777.120,00
Terbilang: Seratus Sembilan Belas Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Tujuh Seratus Dua Puluh Ribu Rupiah.		

#### 5.5 Analisa Teknis

Tabel 5.6 Analisa Teknis

Jenis Pekerjaan	Mobilisasi Komponen Utama	Keterangan
<b>Waktu pengerjaan</b>	<b>Hari Pertama</b>	
	PV	
	Inverter	
	Baterai	
	Aluminium Rail 2.1 M	
	Mid Clamp 40 mm	
	End Clamp 40 mm	
	L Feet + Hanger Bolt	
	MCB DC 25 A 440 V	
	MCB DC 125 A	
	MCB AC 32 A	
	SPD DC 500 VDC	
	Kabel NYY 2,5 mm <sup>2</sup>	
	Kabel NYY 35 mm <sup>2</sup>	
	Kabel NYY 4 mm <sup>2</sup>	
	Aksesoris Tambahan	
Paraf sopir		Paraf penerima

Jenis pekerjaan	Pembuatan struktur penyangga PV 2 string
Waktu pengerjaan	Hari kedua
Perakitan dan pemasangan penyangga PV pada atap	2 string
Operator forklip	1 orang = 1 hari
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	Perakitan 16 PV menjadi 2 string
Waktu pengerjaan	Hari kedua
Perakitan dan pemasangan PV pada atap	2 string
Operator forklip	1 orang = 1 hari
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	Perakitan komponen utama PLTS Hybrid
Waktu pengerjaan	Hari ketiga
Pemasangan komponen utama dan instalasi listrik sistem hybrid dengan PLN	2 string
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	<i>Finishing And Commisioning Test</i>
Waktu pengerjaan	Hari ke empat
Melakukan pengujian PLTS hybrid	6,56 kWh
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari

Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	
Jenis pekerjaan	Meeting dan evaluasi
Waktu pengerjaan	Hari ke lima
Melakukan presntasi dan evaluasi hasil perencanaan	Pihak pelaksana dan client
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

Jenis pekerjaan	Penyelesaian Adminisrasi Dan Penyerahan Proyek
Waktu pengerjaan	Hari ke enam
Penyerahan secara simbolis	2
Teknisi	4 orang = 1 hari
Tenaga ahli	1 orang = 1 hari
Pengawas lapangan	1 orang = 1 hari
Selesai direncanakan dalam waktu 1 hari	
Jumlah tenaga per hari 7 orang	

### 5.6 Time Schedule PLTS

Tabel 5.7 Time schedule PLTS

No	Uraian	Jadwal pekerjaan														
		Minggu 1							Minggu 2							
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
	Mobilisasi komponen															
	Perakitan struktur PV															
	Perakitan 16 PV 2 string															
	Pemasangan komponen utama															
	Perakitan instalasi listrik															
	Fnishing and commisioning test															
	Dokumentasi															

Meeting dan evaluasi																		
Final project (penyerahan)																		

## 5.7 Spesifikasi Komponen Utama

Komponen utama pada Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem Hybrid ini terdiri dari Panel Surya, Inverter dan Baterai. Pemilihan komponen ini berdasarkan profil beban listrik dan hasil perhitungan yang cocok untuk sistem PLTS ini. Berikut adalah spesifikasi komponen utama dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan sistem Hybrid yang akan dirancang.

### 5.7.1 Panel Surya

Perencanaan ini menggunakan panel surya dengan jenis *Polycrystalline* model CS3W-410P pabrikan Canadian Solar. Spesifikasi panel surya dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini:



Gambar 5.12 Panel Surya Canadian Solar



Tabel 5.8 Spesifikasi Panel Surya (Canadian Solar)

Spesifikasi	Nilai
Jenis panel surya	<i>Polycrystalline</i>
Daya maksimum (Pmax)	410 Wp
Tegangan rangkaian terbuka (Voc)	47.6 V
Arus hubung singkat (Isc)	11.06 A
Tegangan maksimum (Vmp)	39.1 V
Arus maksimum (Imp)	10.49 A
Modul efisiensi	18.6%
Dimensi (mm x mm x mm)	2108 x 1048 x 40
Weight	24.9 kg
Lifetime	25 Tahun

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

### 5.7.2 Inverter

Inverter yang digunakan dalam perancangan ini adalah inverter Powmr 6200W *Hybrid Solar Inverter*. Berikut adalah spesifikasi Inverter yang digunakan pada perancangan PLTS ini:



Gambar 5.13 Powmr 6200W *Hybrid Solar Inverter*



Tabel 5.9 Spesifikasi Powmr 6200W Hybrid Solar Inverter

Spesifikasi	Nilai
Nilai daya keluaran	6200 W
Bentuk gelombang tegangan keluaran	<i>Pure Sine Wave</i>
Regulasi tegangan keluaran	230 Vac $\pm$ 5%
Frekuensi keluaran	50Hz
Efisiensi puncak	93%
Perlindungan overload	3s@2150% ; beban 5s@101%-150%
Kapasitas lonjakan	2*nilai daya selama 5 detik
Tegangan input DC nominal	48 Vdc
Tegangan mulai dingin	46.0 Vdc
Tegangan pemulihan DC tinggi	62 Vdc
Tegangan cut-off DC tinggi	63 Vdc
Konsumsi daya tanpa beban	62000 W
Rentang tegangan MPPT PV Array	90 Vdc – 450 Vdc
Arus pengisian maks	120 Amp
Tegangan keluaran nominal	220/230/240 Vac
Arus keluaran nominal	26.1 A
Rentang faktor daya	>0,99
Efisiensi konversi maksimum	97%
Kisaran suhu pengoperasian	-10 <sup>0</sup> C hingga 50 <sup>0</sup>
Suhu penyimpanan	-15 <sup>0</sup> C-60 <sup>0</sup> C
Kelembaban	5% hingga 95% kelembaban relatif (Non-kondensasi)
Dimensi	100x300x444 mm
Berat bersih	12 Kg

Sumber: <https://powmr.com/>

### 5.7.3 Baterai

Baterai yang digunakan dalam perancangan ini adalah jenis baterai Lithium-ion dengan merk “ZTE ZXDC48 FB101”. Berikut adalah spesifikasi Baterai yang digunakan pada perancangan PLTS ini:



Gambar 5.14 Baterai

Tabel 5.10 Spesifikasi Baterai ZTE ZXDC48 FB101

Spesifikasi	Nilai
Nominal Voltage	48 V
Rated Capacity	100Ah
Jenis Baterai	LiFePO <sub>4</sub>
Rentang Tegangan Operasi	-42V ~ -53.5 V
Design Life at 25	15 tahun (25 <sup>0</sup> C)
Dimensi (W x H x D)	442 x 395 x 176
Weight	42 kg

Sumber: <https://www.ZXDC48-FB101-Lithium-ion-Battery-User-Manual-V1-0>

## 5.8 Manajemen Resiko

Dalam proyek ini terdapat 6 resiko yang telah kami analisis mulai dari resiko yang memberikan dampak yang besar dan frekuensi terjadinya tinggi. Selain mengidentifikasi resiko yang dapat terjadi disini juga dilakukan kegiatan dalam hal mencegah ataupun menahan potensi resiko tersebut agar tidak memberikan dampak yang besar terhadap kelangsungan proyek ini, dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini:

Tabel 5.11 Manajemen Resiko

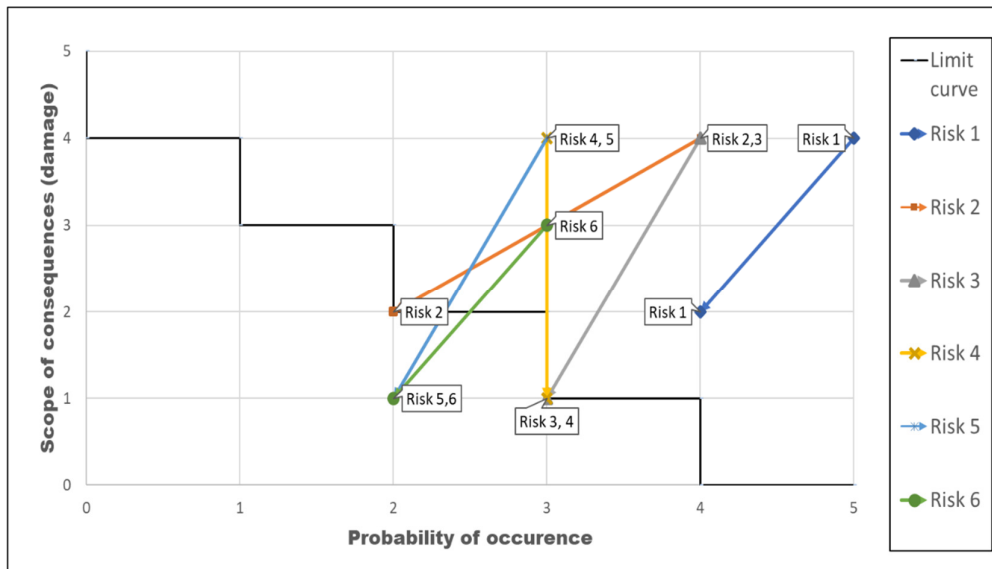
No	Risk Description	Assessment before measure			Actions (Multiple Possible)	Assessment after measure		
		P	S	P.S		P	S	P.S
1	Hujan menyebabkan target pemenuhan energi tidak tercapai	5	4	20	Kelemahan sistem PLTS adalah cuaca, dimana jika cuaca sedang mendung dan hujan maka produksi dari PLTS akan berkurang sehingga tidak dapat memenuhi target. Oleh karena itu hal yang perlu dilakukan yaitu menyalurkan energi listrik dari baterai ke beban maupun membackup beban oleh PLN	4	2	8
2	Efisiensi modul surya belum maksimal karena kemiringannya belum tepat	4	4	16	Melibatkan orang yang ahli dalam instalasi PLTS dalam pemasangannya	2	2	4
3	Modul surya tidak menghasilkan daya yang maksimal karena adanya debu yang ada	4	4	16	Rutin melakukan perawatan (maintenance) dalam periode tertentu	2	1	2

	dilingkungan tersebut							
4	Seluruh komponen pendukung berpotensi terkena air di saat turun hujan, sehingga terjadi konsleting listrik dan merusak komponen	5	3	15	Membuat sebuah pusat penyaluran energi yang tertutup dan aman	3	1	3
5	Teknisi yang belum terlalu kompeten sehingga memerlukan teknisi luar ketika terdapat permasalahan yang lebih kompleks	3	4	12	Mempekerjakan teknisi dan operator berpengalaman dan memberikan Pembekalan kepada SDM dari PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar dalam Mengontrol Sistem PLTS.	3	1	3
6	Berpotensi terjadinya kehilangan komponen karena dicuri	3	4	12	Melakukan Program pendampingan dan Jadwal untuk menjaga keamanan	2	1	2

Assessment scale	Probability of occurrence	Scope of consequences (damage)	Kemungkinan terjadi	Lingkup kerusakan
1	Not probable at all	Declinable	tidak mungkin sama sekali	Dapat dihindari
2	Not probable	Low	tidak mungkin	Rendah
3	possible	Medium	mungkin	Sedang
4	probable	High	mungkin	Tinggi
5	certain	Very high	yakin	Sangat tinggi

Bersarkan Tabel 5.11 maka dapat di simpulkan bahwa resiko hujan yang menyebabkan target pemenuhan energi tidak tercapai, menjadi resiko yang kemungkinan terjadinya sangat tinggi, dan Potensi kecurian komponen menjadi resiko yang kemungkinan terjadinya sedang atau jarang terjadi.

Setelah mengidentifikasi potensi resiko yang terjadi pada Tabel 5.11, selanjutnya membuat grafik yang menunjukkan besar pengaruh resiko yang terjadi dengan pengaruhnya setelah dilakukan kegiatan pencegahan seperti yang tampak pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15 Grafik Manajemen Resiko

## 5.9 Manajemen Stakeholder

Tabel 5.12 Manajemen Stakeholder

Pemangku Kepentingan	Pengaruh Kepentingan	Level	Kekuasaan, pengaruh dan wewenang	Level	Reaksi yang diharapkan pada proyek	Evaluasi	Tindakan
			Badan usaha negara yang bergerak di bidang pembangkit, transmisi dan		Proyek berjalan dengan baik, lancar dan dapat memenuhi		Melakukan operasi dan pemeliharaan sistem PLTS

PLN	Distributor dan pengelolah listrik	3	distribusi kelistrikan negara	3	i kebutuhan pemakaian listrik di PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar	+	Mendukung pemerintah dalam mengembangkan kapasitas atau pemanfaatan masyarakat tentang sistem PLTS manfaat kelistrikan, mekanisme pembayaran, dan berkelanjutan proyek
			Bertanggung jawab dalam melaporkan isu-isu atau kendala yang terjadi di lapangan				
PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar	Konsumen listrik dan pemilik lahan	3	Pengguna akses listrik	1	Sangat Positif	+	Kontribusi lahan dan SDM untuk proyek, jika diperlukan
mahasiswa	Sebagai agen perubahan dalam pengembangan energi terbarukan	1	Penyebarluasan informasi penerapan dan pemanfaatan energi terbarukan	3	Sangat Positif	+	Dapat menjadikan PLTS sebagai tempat penerapan ilmu dan praktek kerja lapangan

Politeknik Negeri Ujung Pandang	Lembaga pendidikan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan	3	Memfasilitasi pengembangan mahasiswa dalam penerapan dan pemanfaatan energi terbarukan	3	Sangat Positif	+	Mengoptimalkan tridharma pendidikan tinggi untuk mendukung pengembangan energi baru terbarukan
---------------------------------	--	---	--	---	----------------	---	--

Setelah mengidentifikasi stakeholder yang terlibat pada tabel diatas, selanjutnya membuat matriks yang menunjukkan keterlibatan stakholder tersebut didalam proyek ini, seperti yang tampak pada Gambar 5.16 berikut ini:

<b>Dukungan</b>	3	PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar (+)		PLN (+) Politeknik Negeri Ujung Pandang (+)
	2			
	1			Mahasiswa (+)
		1	2	3
<b>Pengaruh</b>				

Gambar 5.16 Matriks Manajemen Stakholder

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif, F., & Martin, A. 2022. Tinjauan Potensi dan Kebijakan Energi Surya di Indonesia. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 6(1), 43-52.
- Aprilianti, K. P., Baghta, N. A., Aryani, D. R., Jufri, F. H., & Utomo, A. R. 2020. Potential assessment of solar power plant: A case study of a small island in Eastern Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 599, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Arifin, N. 2019. Unjuk Kerja Desain Perencanaan Dan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Sistem Dc Coupling Kapasitas 17 Kwp Pada Gedung Hunian Graha Cendekia Yogyakarta Menggunakan Pvsyst 6.8. 4. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi Akprind.
- Prayogi, A. A. 2018. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid (PLN-Solar Cell) Pada Gedung Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Menggunakan Homer. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi Akprind. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Syaeful Anwar, A. 2021. Analisis Kelayakan Pembangkit Energi Listrik Tenaga Surya Rooftop Di Gedung Fakultas Teknik Universitas Siliwangi (Doctoral Dissertation, Universitas Siliwangi). Tasikmalaya: Universitas Siliwangi
- Tarigan, D. W. 2022. Analisa Kelayakan Pembangkit Tenaga Hybrid (Diesel Dan Photovoltaic) Guna Memenuhi Pengembangan Industri Pariwisata Di Pulau Pandang (Doctoral Dissertation). Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.





Swiss Confederation  
Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
State Secretariat for Economic Affairs SECO

## SOLAR POWER PLANT (SPP) PLANNING ON THE OFFICE ROOF OF THE PT. SINOPACIFIC PERALATAN INDONUSA MAKASSAR WITH HYBRID SYSTEM

Coach: Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. & Ir. Dahlia Nur M., M.T.  
Team : A. Irma Aryanti, Chaerani Angel T., Muh. Rezky

### INTRODUCTION

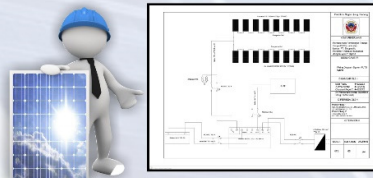
PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar is located on Jalan Ir. Sutami, Bira, District. Tamalanrea, Makassar City, South Sulawesi. This company operates in the heavy equipment distributor sector, which includes sales and service heavy equipment. Currently the experiment uses reaching power 212.79 kWh in one week and around 911.97 kWh in a month, and In terms of construction, this company supports the planning stage because it has a building area of 22.7 x 16 square meters. However, deep The company's electricity use requires a large amount of power help use electricity at PT. Sinopacific. So it was done a plan that combines PLN electricity and power plants Solar Electricity (SPP) with a Hybrid System.

### OBJECTIVE

1. Plan a solar power plant (SPP) with using PVSyst 7.3 software.
2. Carry out technical economic calculations for solar power plants (SPP) on the office roof of the PT. Sinopacific.
3. Get complete Detailed Engineering Design (DED) results regarding SPP at the PT. Sinopacific.

### METHODS

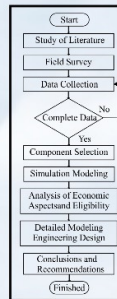
In an effort to support this Capstone Project planning process, then Further methods are needed regarding the internal stages complete the project. Planning in this Capstone Project supported by Pvsyst 7.3 Software for planning and simulation SPP system, then Homer Pro to calculate the potential and economics of the planning system and equipped with details Engineering Design (DED) related to SPP using software Autocad. The image below is a schematic of a Hybrid PLTS has been designed based on the load and land that is available and can be utilized in planning this SPP This system consists of 16 410 Wp Solar Panel, 1 unit of Hybrid Inverter with a capacity of 6200 Watt and 1 unit of 48V 100Ah battery supported by grid from PLN



### DISCUSSION

1. If SPP planning is to be implemented, supervision is needed with experts in the energy sector, especially renewable energy for get the right perspective and advice in designing the system exists today, so that the system is more reliable and efficient.
2. It is necessary to carry out additional studies regarding technical and economic aspects with using methods that have not been used in this research.
3. In planning the next capstone project, additions can be made planning control systems based on the Internet of Things (IoT) or PLC to monitor in real time

### FLOWCHART & 3D IMAGE



### RESULT

Table of SPP Planning Simulation Results PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar

No.	PARAMETER	PVsyst 7.3	Homer Pro
1	Project Lifetime (year)	20 Tahun	20 Tahun
2	Solar Panel (unit)	16	16
3	Inverter (unit)	1	1
4	Battery (unit)	1	1
5	Electrical Load (kWh)	30399 Wh	30399 Wh
6	Produce Energy (kWh/year)	8,798 (kWh/ Tahun)	10,664 (kWh/ Tahun)
7	Initial Investment Costs	Rp. 90.725.988	Rp. 90.726.000
9	Payback Period (year)	10.7 Tahun	7.1
10	Net Present Value (NPV)	Rp. 98.187.881	Rp. 76.763.610
11	Internal Rate of Return (IRR)	17.52%	14.6 %

### CONCLUSION

Planning for a Solar Power Plant (SPP) on an Office Roof PT. Sinopacific Peralatan Indonusa Makassar with Hybrid System on PVSyst and Homer Pro software consists of 16 branded Solar Panel units Canadian Solar CS3W-410P made from Poly-crystalline with capacity PV 410 Wp, 1 unit Powmr 6200W brand Hybrid Inverter, 1 unit Battery type Lithium-ion with the brand "ZTE ZXDC48 FB101" 48 V 100 Ah. Possible energy generated annually on PVSyst 7.3 software is 8798 kWh per year. The initial investment cost for SPP is IDR. 90.725.988, with value Payback period 10.7 year, NPV value Rp. 98.187.881 and has IRR value 17.52%. while in the Homer Pro software Energy production is 10,664 kWh per year. Initial investment costs for SPP amounting to Rp. 90.726.000, with a Payback Period value of 7.1 year, NPV value Rp. 76,763,610 which has an IRR value of 14.6%. So that feasible to do because the IRR value > Discount Rate 9.27%.