



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISA PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP
ON-GRID PADA GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

SKRIPSI

Oleh:
Andre Halomoan Sitorus
NIM. 1902421021

**PROGRAM STUDI TEKNIK PEMBANGKIT LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2023**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISA PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP
ON-GRID PADA GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

HALAMAN SAMBUTAN
SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Pembangkit Tenaga Listrik,

Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Andre Halomoan Sitorus

NIM. 1902421021

**PROGRAM STUDI TEKNIK PEMBANGKIT LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2023**



“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ayah ibu, bangsa dan almamater”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

ANALISA PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA (PLTS) ATAP *ON-GRID* PADA GEDUNG PERPUSTAKAAN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Oleh:

Andre Halomoan Sitorus
NIM. 1902421021

Program Studi Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Noor Hidayati, S.T., M.Sc.
NIP. 199008042019032019

Pembimbing 2

Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si.
NIP. 196604161995122001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Cecep Slamet Abadi, M.T.
NIP. 196605191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISA PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP *ON-GRID* PADA GEDUNG PERPUSTAKAAN POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Oleh:

Andre Halomoan Sitorus

NIM. 1902421021

Program Studi Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 24 Juli 2023 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Noor Hidayati, S.T., M.Sc. NIP. 199008042019032019	Ketua Penguji/ Moderator		24/8 2023
2.	Widiyatmoko, M.Eng. NIP : 198502032018031001	Penguji I		21/8 2023
3.	Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. NIP. 199107212018032001	Penguji II		21/8 2023

Depok, 01 SEPTEMBER 2023

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andre Halomoan Sitorus

NIM : 1902421021

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Listrik

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir (atau skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 10 Agustus 2023



Andre Halomoan Sitorus
NIM. 1902421021



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISA PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP *ON-GRID* PADA GEDUNG PERPUSTAKAAN POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Andre Halomoan Sitorus^[1], Noor Hidayati^[2], M.S., Dr. Tatun Hayatun Nufus^[3]

^[1]Program Studi Sarjana Terapan Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16424

Email : andre.halomoansitorus.tm19@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta merupakan salah satu fasilitas kampus Politeknik Negeri Jakarta dalam meningkatkan kualitas mahasiswa dan SDM. Sebagai fasilitas umum, Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta tentu saja membutuhkan energi listrik yang cukup besar untuk operasionalnya. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On-Grid* pada Atap Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta dapat dijadikan sebagai energi alternatif yang dapat memberikan berbagai keuntungan. Penelitian ini menghasilkan hasil perancangan berupa sistem PLTS *on-grid*. Hasil perancangan pada penelitian ini adalah sistem PLTS *on-grid* dengan kapasitas modul surya 48,4 kWp dan kapasitas *inverter* 40 kW. Melalui simulasi *short circuit* dan *load flow analyst* menggunakan *software* ETAP, sistem PLTS *on-grid* 48,4 kWp ini tidak mengakibatkan gangguan pada sistem kelistrikan. Menggunakan simulasi PVSyst 7.3, sistem PLTS memiliki 80,36% dan menghasilkan energi sebesar 68,55 MWh/tahun pada tahun pertamanya. Dari hasil energi yang dipakai sendiri dan diekspor ke PLN, melalui perhitungan *tekno-ekonomi* sistem PLTS *on-grid* berkapasitas 48,4 kWp ini menghasilkan *Net Present Value* sebesar Rp. 951.624.881, *Levelized Cost of Energy* seharga Rp. 781/kWh, *Internal Rate of Return* sebesar 9,76%, *Return of Investment* sebesar 145,54% dan *Payback Period* selama 9 tahun 4 bulan.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya, *On-Grid*, Tekno-Ekonomi, PVSyst, ETAP



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

The Library Building of Jakarta State Polytechnic is one of the campus facilities aimed to improve the quality of students and human resources. As a public facility, the Library Building of Jakarta State Polytechnic requires a significant amount of electricity for its operations. Grid-Connected Solar Power Generation System on the Roof of the Library Building of Jakarta State Polytechnic can be utilized as an alternative energy source that offers various benefits. This research presents the design results of an On-Grid Solar PV system. The design results of this research include an On-Grid Solar PV system with a solar module capacity of 48.4 kWp and an inverter capacity of 40 kW. Through short circuit simulation and load flow analysis using ETAP software, the 48.4 kWp On-Grid PLTS system does not cause disturbances in the electrical system. Using PVSyst 7.3 simulation, the PLTS system achieves an efficiency of 80.36% and generates an energy output of 68.55 MWh per year in its first year of operation. From self-consumption and energy export to PLN, through tekno-economic calculations, the 48.4 kWp On-Grid PLTS system yields a Net Present Value of Rp. 951,624,881, Levelized Cost of Energy of Rp. 781/kWh, Internal Rate of Return of 9.76%, Return on Investment of 145.54%, and Payback Period of 9 years and 4 months.

Keywords: Solar Power Generation System, On-Grid, Tekno-economic, PVSyst, ETAP





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penulisan skripsi ini. Tanpa bimbingan, dorongan, dan inspirasi yang diberikan, saya tidak akan dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini dengan baik. Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua yaitu Bapak Marojahan Sitorus, S.E. dan Ibu Dame Lastiur Maha, S.H. atas dukungan cinta, kasih sayang, waktu, energi, pikiran, doa, dan materi untuk mengusahakan didapatkannya gelar pendidikan ini.
2. Ibu Noor Hidayati, S.T., M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dengan memberikan yang terbaik dan memotivasi saya dalam momen-momen ketika saya merasa kehilangan arah.
3. Ibu Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si. sebagai Dosen Pembimbing II atas bimbingan, kesabaran, dan dedikasi yang telah diberikan selama proses penulisan skripsi ini.
4. Bapak Widiyatmoko, M.Eng. dan Ibu Arifia Eka Yuliana, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen penguji atas waktu, perhatian, dan kontribusinya dalam menilai skripsi ini.
5. Bapak Cecep Slamet Abadi, M.T. sebagai Kepala Program Studi D4 - Pembangkit Tenaga Listrik. Terimakasih atas peran yang Bapak mainkan dalam memastikan kelancaran proses akademik prodi.
6. Pak Benhur Nainggoloan, M.T. sebagai dosen Proteksi Listrik pada program studi D4 – Pembangkit Tenaga Listrik yang telah bersedia mengoreksi sistem kelistrikan pada penelitian ini.
7. Segenap dosen Program Studi D4 - Pembangkit Tenaga Listrik atas pengetahuan, bimbingan, dan inspirasi yang telah Bapak/Ibu berikan selama masa studi ini. Terimakasih atas dedikasi dan komitmen Bapak/Ibu dalam membantu kami, mahasiswa, tumbuh dan berkembang secara akademik.
8. Bapak Parando Simangunsong, Bapak Ridzky Darmawan, Bapak Gerry Kossytorz, Bapak Tri Susetno, Bapak Abdul Hanif Fani, Bapak Mizan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Zahroni, Bapak Iwan Gunawan, Bapak Ricky, Bapak Yono dan segenap pegawai PT. Atap Surya Nusantara yang telah memberikan ilmu dan pengalaman luar biasa dalam bidang PLTS yang sangat bermanfaat selama program magang.
9. Bapak Agus Salimudin, Bapak Suwardi, Bapak Jo Ari, Seluruh divisi HAR Mekanik, divisi RCBM, dan segenap PT. PLN Indonesia Power Priok POMU atas bimbingan, ilmu, dan kesempatan indah dan bermaknanya ketika melakukan kegiatan magang.
 10. Segenap PT. Sumber Energi Surya Nusantara sebagai tempat magang yang memberikan banyak ilmu, pengalaman, dan cerita yang membekas.
 11. Ibu Khoiria Oktaviani, Bapak Reza Huseini, Bapak Bagus Ramadhani, Bapak Zagy Berian, dan segenap panitia dan mentor pada program Gerakan Inisiatif Listrik Tenaga Surya (GERILYA) atas ilmu dan pengalaman yang tak terlupakan.
 12. Bapak Kelvin Panjaitan S.T. sebagai mentor, partner, dan teman seperjuangan ketika menjadi pejuang energi surya untuk Indonesia yang lebih baik. “Tak Terbatas dan Melampauinya” merupakan moto kita.
 13. Ferry Luhman Lewa Situmorang, Daniel Ricardo Marulitua Tambun, dan Refki Febriansyah sebagai partner dan pasukan “komando” pada setiap momen waktu yang telah kita tempuh di proyek.
 14. Faiz Irza dan Ridzky Oktavian sebagai penyedia akomodasi dari Program Skripsi Berdikari yang memiliki dampak besar bagi penulisan skripsi ini.
 15. Segenap kelas 8R sebagai teman berjuang bersama dalam suka maupun duka ketika menghadapi perjuangan pendidikan untuk mendapatkan gelar ini.

Depok, 10 Agustus 2023

Andre Halomoan Sitorus
NIM. 1902421021



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penulisan.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Iriadiasi Matahari.....	6
2.1.2 Sistem Pembangkit Tenaga Listrik <i>On-Grid</i>	7
2.1.3 Modul Surya.....	8
2.1.4 Inverter On-Grid.....	11
2.1.5 Komponen Pendukung Sistem PLTS.....	13
2.1.6 Perancangan Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	19
2.1.7 <i>Electric Transient and Analysis Program (ETAP)</i>	20
2.1.8 <i>Software PVSyst 7.3</i>	21
2.1.9 <i>Software Meteonorm 8.1</i>	24
2.1.10 Aspek Tekno-Ekonomi.....	24



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 Kajian Literatur.....	30
2.3 Kerangka Pemikiran	33
BAB III METOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Objek Penelitian.....	34
3.3 Metode Pengambilan Sampel	35
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	35
3.4.1 Data Primer	35
3.4.2 Data Sekunder	36
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	37
3.5.1 Wawancara	37
3.5.2 Studi Dokumen.....	37
3.5.3 Observasi	37
3.6 Metode Analisa Data	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1 Hasil Penelitian.....	42
4.1.1 Survei dan Analisa Potensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>on-grid</i> pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	42
4.1.2 Perancangan Sistem PLTS <i>On-Grid</i> pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.....	60
4.1.3 Simulasi Sistem Proteksi Menggunakan <i>Software</i> ETAP.....	96
4.1.4 Simulasi Sistem PLTS <i>On-Grid</i> Menggunakan <i>Software</i> PVSyst 7.3..	102
4.1.5 Aspek Tekno-Ekonomi Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	107
4.2 Pembahasan	116
4.2.1 Potensi Kapasitas Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>On-Grid</i> pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	116
4.2.2 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>On-Grid</i> yang Optimal pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	117
4.2.3 Aspek Tekno-Ekonomi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>On-Grid</i> pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.....	123
BAB V KESIMPULAN.....	127
5.1 Kesimpulan.....	127
5.2 Saran	128
DAFTAR PUSTAKA	129



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Bahan Sel Surya dan Efisiensinya	9
Tabel 4. 1 Data Iradiasi Atap Sisi Utara	46
Tabel 4. 2 Data Iradiasi Atap Sisi Timur	46
Tabel 4. 3 Data Iradiasi Atap Sisi Selatan.....	47
Tabel 4. 4 Data Iradiasi Atap Sisi Barat.....	47
Tabel 4. 5 Beban Elektrikal Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	50
Tabel 4. 6 Tabel Beban Listrik Gedung	52
Tabel 4. 7 Tabel Aspek-Aspek Penentuan Kapasitas Inverter.....	61
Tabel 4. 8 Tabel Perbandingan Fitur-Fitur dari Setiap Inverter.....	65
Tabel 4. 9 Datasheet Inverter SG40CX.....	66
Tabel 4. 10 Tabel Perbandingan Fitur dari Setiap Modul Surya.....	68
Tabel 4. 11 Tabel Perhitungan Voltase dan Arus Setiap Modul Surya Terhadap Suhu Lingkungan	70
Tabel 4. 12 Konfigurasi Modul Surya dan Hasil Perhitungannya	71
Tabel 4. 13 Datasheet Modul Surya Trina TSM DE-19	72
Tabel 4. 14 Tabel Spesifikasi Mounting Modul Surya	74
Tabel 4. 15 Tabel Perhitungan KHA Kabel DC	78
Tabel 4. 16 Tabel Perhitungan Voltage Drop Kabel DC	79
Tabel 4. 17 Tabel Perhitungan KHA Kabel AC	82
Tabel 4. 18 Tabel Perhitungan Voltage Drop Kabel AC	83
Tabel 4. 19 Tabel Luas Penampang Minimum Konduktor Proteksi [9].....	89
Tabel 4. 20 Perhitungan Tahanan Pasak ke Tanah	92
Tabel 4. 21 Data Input Komponen pada Rangkaian di Simulasi ETAP	96
Tabel 4. 22 Hasil Load Flow Simulation	98
Tabel 4. 23 Hasil Three Phase Short Circuit Analyst	99
Tabel 4. 24 Spesifikasi MCCB NSX160F TM80D 125 A	101
Tabel 4. 25 Input data Parameter System pada PVSyst 7.3	103
Tabel 4. 26 Input Data Parameter Detailed Losses pada PVSyst 7.3.	104
Tabel 4. 27 Bill of Material Sistem PLTS.....	108
Tabel 4. 28 Data Inflation Rate dan Discount Rate	110
Tabel 4. 29 Tabel Faktor Keekonomian.....	111
Tabel 4. 30 Hasil Perhitungan Keekonomian dari Energi Energi PLTS yang Digunakan Sendiri dan Diekspor	113
Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Aspek Tekno-Ekonomi dari Energi Listrik PLTS yang Digunakan Sendiri dan Diekspor	114
Tabel 4. 32 Hasil Perhitungan Keekonomian dari Energi PLTS yang Digunakan Sendiri	115
Tabel 4. 33 Hasil Perhitungan Aspek Tekno-Ekonomi dari Energi Listrik PLTS yang Digunakan Sendiri.....	116



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komponen Radiasi Matahari.....	6
Gambar 2. 2 Sistem PLTS On-Grid	7
Gambar 2. 3 Susunan Sel Surya Hingga Menjadi Array Modul Surya	8
Gambar 2. 4 Diagram I-V Curve Modul Surya.....	10
Gambar 2. 5 Inverter On-Grid Produksi Growatt	11
Gambar 2. 6 Jenis-Jenis Inverter Berdasarkan Konfigurasinya Terhadap Rangkaian Modul Surya.....	12
Gambar 2. 7 Metode Penggunaan Mounting untuk Tiap Jenis Atap	13
Gambar 2. 8 Jenis-Jenis Mounting Atap Miring.....	13
Gambar 2. 9 Jenis-Jenis Kabel Penghantar	14
Gambar 2. 10 MCB dan MCCB.....	15
Gambar 2. 11 Surge Arrester Merk Schneider.....	16
Gambar 2. 12 Jenis-Jenis Pemasangan Grounding	17
Gambar 2. 13 Skema Alur Perancangan PLTS On-Grid	19
Gambar 2. 15 Software ETAP	20
Gambar 2. 16 Software PVsyst.....	21
Gambar 2. 16 Near Shading pada PVSyst 7.3.	22
Gambar 2. 17 Parameter System pada PVSyst 7.3.	23
Gambar 2. 18 Parameter Detailed Losses pada PVSyst 7.3.....	23
Gambar 2. 19 Parameter Self Consumption pada PVSyst 7.3.	24
Gambar 2. 20 Kerangka Pemikiran.....	33
Gambar 3. 1 Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	34
Gambar 3. 2 Diagram Metode Analisa Data.....	39
Gambar 4. 1 Bentuk Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.....	42
Gambar 4. 2 Bentuk dan Dimensi Atap Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	43
Gambar 4. 3 Dokumentasi Atap Gedung Politeknik Negeri Jakarta	43
Gambar 4. 4 Objek yang Berpotensi Menyebabkan Shading	44
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Rasio GlobInc-GHI pada Tiap Sisi Atap Gedung Perpustakaan.....	48
Gambar 4. 6 Grafik Beban Listrik Utama Gedung pada Weekday.....	53
Gambar 4. 7 Grafik Beban Listrik Utama Gedung pada Hari Libur atau Weekend	53
Gambar 4. 8 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta	54
Gambar 4. 9 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Gedung Perpustakaan Lantai Satu	55
Gambar 4. 10 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Gedung Perpustakaan Lantai Dua.....	56
Gambar 4. 11 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan Gedung Perpustakaan Lantai Empat	57
Gambar 4. 12 Wawancara Daring dengan PLN UID Jawa Barat	59
Gambar 4. 13 Alur Perancangan Sistem PLTS On-Grid	60
Gambar 4. 14 (a) Posisi Pelatakan Inverter, (b) Visualisasi Posisi Inverter	66



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 15 Visualisasi Menggunakan 3D Modelling Layout Modul Surya pada Atap Gedung Perpustakaan PNJ	73
Gambar 4. 16 Posisi Lfeet (biru), Midclamp (merah), dan Endclamp (kuning) ...	73
Gambar 4. 17 (a) Lfeet Mounting, (b) Mid Clamp, dan (c) End Clamp	74
Gambar 4. 18 (a) tangga menuju atap, (b) walkway pada atap, (c) mounting walkway	75
Gambar 4. 19 Kabel PV-1F 4sqmm	76
Gambar 4. 20 Jalur Kabel Sistem DC	77
Gambar 4. 21 Jalur Perkabelan Sistem AC	80
Gambar 4. 22 Kabel NYY 4x50 sqmm	81
Gambar 4. 23 Posisi Peletakan DC Protection Box	84
Gambar 4. 24 Fuse DC Suntime SRF-30-20A-1000 VDC dengan Holder	84
Gambar 4. 25 SPD Suntime SUP2H-PV	85
Gambar 4. 26 Posisi Peletakan AC Protection Box	86
Gambar 4. 27 Motorized MCCB Schneider Easypact NSX160F TM80D	86
Gambar 4. 28 Performance Curves MCCB	87
Gambar 4. 29 SPD OBO V20	88
Gambar 4. 30 Internal Grounding Bar	89
Gambar 4. 31 (a) Grounding lug, (b) Grounding clamp	90
Gambar 4. 32 Jalur Kabel Grounding Sistem DC	91
Gambar 4. 33 Jalur Kabel Grounding pada Sistem AC	91
Gambar 4. 34 EasyLogic PM2120	93
Gambar 4. 35 CT OTTO 100/5A	94
Gambar 4. 36 Undervoltage Release EZC400	95
Gambar 4. 37 Rangkaian SLD Sistem Kelistrikan Gedung dan Interkoneksi Sistem PLTS.....	98
Gambar 4. 38 Hasil Simulasi Short Circuit pada MCCB PLTS dan MCCB panel eksisting.....	100
Gambar 4. 39 Hasil Simulasi Short Circuit pada MCCB PLTS dan MCCB panel sesudah diganti.....	102
Gambar 4. 40 Parameter Self Consumption pada PVSyst 7.3	103
Gambar 4. 41 Hasil Simulasi Sistem PLTS 48,4 kWp pada PVSyst 7.3.....	105
Gambar 4. 42 Losses Diagram Sistem PLTS 48,4 kWp.....	106
Gambar 4. 43 Single Line Diagram Sistem PLTS On-Grid.....	117
Gambar 4. 44 Inverter SG40CX Sumber : <i>Sungrow.com</i>	117
Gambar 4. 45 Trina TSM DE-19 550 Wp.....	118
Gambar 4. 46 Grafik Cash Flow dari Hasil Energi PLTS On-Grid 48,4 kWp yang Digunakan Sendiri dan Diekspor	123
Gambar 4. 47 Grafik Cash Flow dari Hasil Energi PLTS On-Grid 48,4 kWp yang Digunakan Sendiri.....	125



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Hasil Simulasi Software PVSyst 7.3	133
Lampiran 2 Perhitungan Rasio GlobInc-GHI Tiap Arah Atap	138
Lampiran 3 Perhitungan Keluaran dari Modul Surya Terhadap Suhu.....	143
Lampiran 4 Penyusunan String Input ke Inverter	146
Lampiran 5 Perhitungan Kuat Hantar Arus dan Voltage Drop.....	148
Lampiran 6 Simulation Report PVSyst 7.3.....	154
Lampiran 7 Perhitungan Tekno-Ekonomi.....	159
Lampiran 8 Single Line Diagram & Wiring Diagram	166
Lampiran 9 Datasheet Trina TSM DE-19.....	168
Lampiran 10 Datasheet Sungrow SG40CX	169





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Energi telah menjadi peran penting dalam kehidupan manusia sejak dahulu kala. Pemanfaatan hewan atau alat untuk mengolah ladang, membakar kayu obor untuk penerangan, dan pemanfaatan angin untuk navigasi merupakan contoh kecil untuk itu. merupakan contoh kecil untuk itu. Saat ini energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan manusia untuk mendukung aktivitasnya. Era *Industry 4.0* dan *Society 5.0* ini menuntut manusia untuk bisa mengikuti zaman. Hal ini juga mengakibatkan peningkatan dalam penggunaan energi listrik. Di Indonesia sendiri, terjadi peningkatan konsumsi listrik per kapita pada 2021 yang mencapai 1.123 kWh dibandingkan 1.089 kWh pada 2020 (KESDM, 2022).

Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta merupakan salah satu fasilitas kampus Politeknik Negeri Jakarta dalam meningkatkan kualitas mahasiswa dan SDM. Gedung yang diresmikan pada Juli 2020 ini memiliki fasilitas yang lengkap antara lain perpustakaan, ruang serbaguna, dan juga aula besar yang dapat digunakan oleh civitas PNJ dan juga umum. Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta sebagai fasilitas umum tentu saja membutuhkan energi listrik yang cukup besar untuk kegiatan operasionalnya. Beban listrik ini antara lain digunakan untuk penerangan, pendingin ruangan, lift, komputer, dan juga peralatan listrik lainnya. Kebutuhan listrik ini juga kemungkinan akan naik seiring dengan perkembangan fasilitas kampus. Kebutuhan listrik Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta ini disupply dari langganan jaringan listrik PLN dan juga generator set (genset) untuk keperluan *backup* pada saat jaringan PLN mati. Ditengah kecemasan akan naiknya tarif listrik dan juga untuk mendukung komitmen pemerintah terhadap bauran energi baru terbarukan (EBT), saat ini, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) banyak digunakan.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu pembangkit yang memiliki cara kerja mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan melalui prinsip *photovoltaic*. Selain potensi matahari di Indonesia yang sangat baik karena terletak di garis khatulistiwa, sistem PLTS dapat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memberikan dampak positif yang signifikan dalam jangka panjang bagi penggunaannya karena tidak memerlukan bahan-bakar, terjangkau, dan minim perawatan.

Oleh karena itu, penulis merasa tertarik untuk melakukan analisa perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta sebagai energi alternatif yang gratis untuk mengurangi tagihan listrik PLN dan sebagai salah satu komitmen mendukung pemerintah dalam penggunaan energi baru terbarukan (EBT) dari Politeknik Negeri Jakarta. Untuk membuktikan sebuah rancangan yang aman, maka pada penelitian ini akan digunakan *software* ETAP. Karena sudah terbukti memiliki hasil simulasi yang hampir sama dengan kondisi *real*, sesuai pada Lampiran 1, *Software* PVSyst 7.3 akan digunakan untuk mensimulasikan keluaran dari sistem PLTS yang sudah dirancang.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat rumusan masalah yang akan dijawab dalam hasil penelitian ini. Dibawah ini merupakan rumusan masalah penilitan:

1. Seberapa besar potensi kapasitas Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap *On-Grid* pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta?
2. Bagaimanakah hasil perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap *On-Grid* yang optimal melalui PVSyst serta pengujian sistem proteksi kelistrikanya menggunakan ETAP?
3. Bagaimana hasil perhitungan aspek tekno-ekonomi pada hasil analisa perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta?

1.3 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian merupakan pertanyaan eksplisit terhadap aspek tertentu yang menjadi fokus dalam upaya penelitian. Pertanyaan penelitian ini dihasilkan berdasarkan inti permasalahan yang menjadi target penelitian yang dikehendaki. Dibawah ini merupakan pertanyaan penelitian :



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Apakah ada dan seberapa besar potensi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On-grid* pada atap gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta?
2. Apakah ada dan seberapa besar keuntungan secara ekonomi dari dampak pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap *On-grid* pada gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta?

1.4 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah penelitian merupakan batasan atau lingkup yang menetapkan parameter terhadap topik penelitian yang sedang diselidiki dan diamati. Dibawah ini merupakan batasan masalah penelitian:

1. Objek yang diteliti merupakan Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.
2. Letak penempatan modul surya berada di atap Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.
3. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah berjenis *On-Grid*.
4. Aturan mengenai kapasitas sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* yang terhubung ke PLN yang menjadi acuan adalah aturan yang berlaku ketika penelitian ini dilakukan.
5. Simulasi penggunaan *software* ETAP dilakukan hanya untuk memastikan sistem PLTS aman untuk diinterkoneksi pada gedung dan aman dari adanya gangguan dari arus hubung pendek.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari analisa perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui seberapa besar potensi kapasitas sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap *On-Grid* pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.
2. Mengetahui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang optimal untuk gedung perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 3 Menghitung aspek tekno-ekonomi dari pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap *On-Grid* pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta.

1.6 Manfaat Penulisan

1. Bagi Pelaksana Skripsi

Mengetahui dan mengaplikasikan ilmu dalam perancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya *on-grid* yang optimal dan aman bagi sistem kelistrikan serta menguntungkan dalam aspek ekonomi.

2. Bagi Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai bahan rekomendasi dan pengetahuan akan potensi dan keuntungan dari pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid* pada Gedung Perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan dalam memahami proposal skripsi ini, berikut sistematika penulisannya.

1. BAB I Pendahuluan

Menguraikan latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian dan pembatasan masalah, lokasi objek skripsi, garis besar metode penyelesaian masalah, manfaat yang akan didapat, dan sistematika penulisan keseluruhan skripsi.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan/ penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam skripsi.

3. Bab III Metodologi

Menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab Pembahasan terdiri dari beberapa subbab dimana setiap bab merupakan pembahasan dari setiap tujuan penulisan laporan tugas akhir, oleh karena itu banyaknya subbab dalam pembahasan sama dengan banyaknya tujuan yang dinyatakan dalam Bab I.

5. Bab V Kesimpulan

Simpulan merupakan ringkasan/ inti dari setiap subbab pembahasan yang menjadi jawaban atas tujuan penulisan laporan tugas akhir yang telah dinyatakan dalam bab 1. Ringkasan boleh juga diawali dengan ringkasan singkat mengenai institusi yang menjadi objek penulisan tugas akhir.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengummikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dalam skripsi ini, telah dilakukan analisis perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on-grid pada gedung perpustakaan PNJ. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi potensi energi surya yang tersedia di lokasi tersebut, merancang sistem PLTS yang optimal, dan melakukan perhitungan tekno-ekonomi untuk menilai keberlanjutan dan keuntungan investasi dalam sistem tersebut.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Potensi kapasitas sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On-Grid* pada gedung perpustakaan Politeknik Negeri Jakarta dengan mempertimbangkan karakteristik penggunaan listrik, luasan atap gedung, potensi *shading*, sistem kelistrikan gedung adalah sebesar 45 kW.
2. Hasil perancangan sistem yang didapatkan dari berbagai pertimbangan dari segi teknis dan juga ekonomi adalah sistem PLTS *on-grid* berkapasitas 48,4 kWp dengan kapasitas *inverter* 40 kW pada gedung perpustakaan PNJ. Sistem PLTS ini menggunakan modul surya Trina TSM DE-19 550 Wp sebanyak 88 modul dan *inverter* SG40CX yang dilengkapi dengan sistem proteksi arus beban berlebih, *short circuit*, tegangan surja, dan pembumian baik pada sisi DC maupun AC yang dalam perancangannya berpedoman dengan PUIL 2011. Melalui simulasi *load flow analyst* dan *short circuit analyst* menggunakan *software* ETAP, sistem PLTS 48,4 kWp, interkoneksi sistem PLTS *on-grid* ini tidak menyebabkan gangguan pada operasional sistem kelistrikan gedung dan memiliki sistem proteksi yang dapat bertindak ketika ada gangguan *short circuit*.
3. Hasil perhitungan tekno-ekonomi dari hasil penghematan listrik energi PLTS 48,4 kWp yang dipakai sendiri dan diekspor ke PLN selama 25 tahun ini adalah *Net Present Value* sebesar Rp. 951.624.881, *Levelized Cost of Energy* dengan harga Rp. 781/ kWh, *Internal Rate of Return* sebesar 9,76%, *Return of*

Investment sebesar 145,46% atau 0,46, dan *Payback Period* selama 9,34 tahun atau 9 tahun 4 bulan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini didapatkan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya :

1. Penelitian ini hanya fokus memperhitungkan beban utama dari gedung yaitu beban perpustakaan, lobby lantai 1, dan penerangan luar gedung. Disarankan melakukan perancangan sistem PLTS yang memperhitungkan data sekunder dari gedung untuk memaksimalkan kapasitas dan potensi penyerapan hasil energi sistem PLTS.
2. Analisa perancangan ini dilakukan menggunakan aturan yang berlaku pada saat dilakukannya penelitian. Jika ada perubahan mengenai aturan mengenai interkoneksi sistem PLTS *on-grid*, perlu dilakukan perancangan yang menyesuaikan dengan aturan tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. (RENAC) & A. I. (GIZ) Haning, *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya-Bahan Pengajaran*. Jakarta: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Electrification through Renewable Energy (ELREN), 2020.
- [2] A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, "Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia," in *PLTS Atap*, Jakarta, 2020, p. 94.
- [3] Kemen-ESDM, *Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral No 26 Tahun 2021 Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Yang terhubung Pada Jaringan Tenaga Listrik Pemegang Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik Untuk Kepentingan Umum*, no. 1. 2021, pp. 1–35.
- [4] Joseph Burdick & Philip Schimdt, *Install Your Own Solar Panels*, vol. 1, no. 1. 2017.
- [5] E. Conservation, *Solar Photovoltaic (Pv) Installation System Handbook Directorate General for New , Renewable Energy , and Energy Conservation*. 2015.
- [6] A. Eka, P. Lestari, and P. Oetomo, "Analisis Pemilihan Penghantar Tenaga Listrik Paling Effisien Pada Gedung Bertingkat," *Progr. Stud. Tek. Elektro - ISTN*, vol. XXIII, no. 2, pp. 61–68, 2021.
- [7] Nurainun Septiani, "Analisis Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) ULP Pnakkukang," *Sntei 2021*, no. September, pp. 130–130, 2021.
- [8] K. E. Riset, *Sistem Proteksi pada Instalasi Penyediaan PLTS*, no. Oktober. 2021. doi: 10.1016/j.cjca.2014.06.019.
- [9] PUIL, "Puil 2011," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. Puil, pp. 1–683, 2011.
- [10] R. Saragih, Yusniati, R. Nasution, and Armansyah, "Studi Peralatan Proteksi Sambaran Petir Lightning Arrester Pada Jaringan Distribusi 20 KV," *J. Electr. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 32–36, 2020.
- [11] ANGGI SUMARNA, "Analisis Kelayakan Instalasi Listrik Rumah Tangga," *Pros. Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Pada Masy.*, vol. 7, p. 6, 2021.
- [12] Y. A. Nugroho, "Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di PT Pertamina (Persero) Unit Pengolahan IV Cilacap," *IEA Clean Coal Cent.*, vol. 11, no. 9, p. Issue 18-4, 2016, [Online]. Available: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12820-Presentation.pdf>
- [13] W. Short, D. Packey, and T. Holt, "A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies," *Renew. Energy*, vol.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 95, no. March, pp. 73–81, 1995, doi: NREL/TP-462-5173.
- [14] M. Irfan, “Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid,” pp. 18–19, 2017.
 - [15] A. I. Avinda, K. Karnoto, and D. Darjat, “Analisis Kelayakan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Sistem on Grid Pada Pondok Pesantren Tanbihul Ghofiliin Kabupaten Banjarnegara,” *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 4, pp. 686–692, 2021, doi: 10.14710/transient.v10i4.686-692.
 - [16] H. Kristiawan, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, “Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar,” *J. SPEKTRUM Vol. 6, No. 4 Desember 2019*, vol. 6, no. 4, pp. 1–5, 2019.
 - [17] I. Wirajati and I. M. A. K. Natha, “Pengaruh sudut kemiringan dan arah penempatan terhadap daya keluaran pada modul panel surya,” *J. Appl. Mech. Eng. Green Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 5–9, 2021, doi: 10.31940/jametechn.v2i1.2461.
 - [18] P. Harahap, “Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
 - [19] S. Pandapotan, “Penggunaan ETAP 12 . 6 Sebagai Software Analisis Power Quality,” *Tek. Elektro, Prodi Tek. List. Negeri Jakarta*, vol. 1, no. Electrical Software, pp. 123–127, 2017.
 - [20] D. Abdullah and B. Badaruddin, “Analisa Perbaikan Penampang Penghantar Guna Mengurangi Drop Tegangan dan Simulasi Etap 16.0 Pada JTR GD KRDB di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) ULP Serang Kota,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 1, p. 24, 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i1.004.
 - [21] A. Fauzy, *Metode Penelitian*, i. Jakarta: CV. Pena Persada, 2022.
 - [22] J. Optimalisasi *et al.*, “Penentuan Kemiringan Sudut Optimal,” vol. 3, pp. 123–131, 2017.
 - [23] Kelompok Bidang Distribusi Standarisasi dengan Keputusan Direksi PT PLN (Persero), *INVERTER UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PERSYARATAN UMUM DAN METODE UJI PT PLN (Persero)*, no. 562. 2012.
 - [24] G. R. Illahi, I. Iftadi, and A. Ramelan, “Energy Production Estimation and Data Monitoring System In 300 kWp Rooftop Solar Power Plant XYZ, Inc.,” *J. Electr. Electron. Information, Commun. Technol.*, vol. 4, no. 1, p. 16, 2022, doi: 10.20961/jeeict.4.1.61156.
 - [25] I. W. F. Fathur Rahman, Mamat Rokhmat, “ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR PERMUKAAN SEL SURYA TERHADAP EFFECT OF



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SURFACE TEMPERATURE OF SOLAR CELL ON THE POWER OUTPUT Prodi S1 Teknik Fisika , Fakultas Teknik Elektro , Universitas Telkom”.

- [26] International Electrotechnical Commission. Technical Committee 64 : Electrical installations and protection against electric shock, “IEC 60364-6 Low voltage electrical installations - Part 6: Verification,” p. 104, 2016.
- [27] M. S. Sodik, M. Suyanto, and S. Hani, “Analisis Sistem Proteksi Transformator Daya (3× 60 Mva) Di Gardu Induk 150 Kv Bantul Terhadap Gangguan Arus Lebih,” *J. Elektr.*, pp. 62–71, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2614%0Ahttps://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/download/2614/2022>
- [28] T. J. Pramono, S. Soewono, and T. Elektro, “Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, pp. 26–37, 2018.
- [29] K. J. Aryamantara, I. A. . Giriantari, and I. . Sukerayasa, “Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedonganan,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 2, p. 213, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i02.p08.
- [30] EPRI, *Budgeting for Solar PV Plant Operations & Maintenance : Practices*, no. December. 2015.
- [31] R. Ginting and M.Zulfin, “Pengukuran Potensi Pemanfaatan Listrik Tenaga Sinar Matahari di Kabupaten Langkat,” *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 22, no. 1, pp. 45–51, 2020, doi: 10.32734/jsti.v22i1.3257.
- [32] www.ginverter.com/products/mod-3-15ktl3-x-xh, 5 Mei 2023
- [33] www.pt-actm.co.id/product/kabel-nyhy-merek-p80265.aspx, 5 Mei 2023
- [34] akhdanazizan.com/pengertian-mcb-tipe-tipe-mcb-perbedaan-mcb-dengan-mccb/, 5 Mei 2023
- [35] www.se.com/id/id/product/16373/domae-pf-40-ka-3p+n-surge-arrester-340v/, 5 Mei 2023
- [36] *ETAP.com*, 7 Mei 2023
- [37] *PVsyst.com*, 7 Mei 2023
- [38] *Google Maps*, 17 Mei 2023
- [39] *pnj.ac.id*, 17 Mei 2023
- [40] *Trinasolar.com*, 10 Mei 2023
- [41] *solarpartscomponents.com*, 10 Juni 2023



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

- [42] kvcable.com/products/solar-cable/, 12 Juni 2023
- [43] www.chinasuntree.com/dc-fuse/, 15 Juni 2023
- [44] www.chinasuntree.com/type-2-spd/, 15 Juni 2023
- [45] <https://eshop.se.com/sa/3p3t-tm80d-nsx160f-lv430633.html>, 15 Juni 2023
- [46] OBO.com, 15 Juni 2023
- [47] <http://id.solar-panel-mounting.com/components/aluminum-solar-pv-grounding-lug-earthing.html>, 17 Juni 2023
- [48] steplistrik.co.id/vact.html, 17 Juni 2023
- [49] Sungrow.com, 1 Juli 2023

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



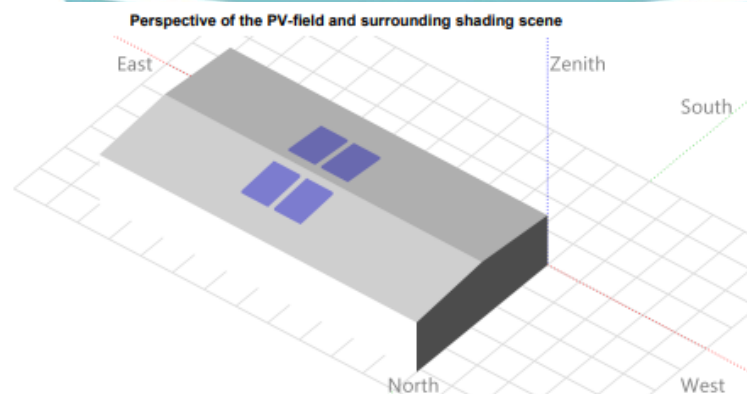


Lampiran 1 Pengujian Hasil Simulasi Software PVSyst 7.3

Pengujian hasil simulasi *software* PVSyst 7.3 ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari pendekatan sebuah sistem PLTS yang disimulasikan oleh *software* dengan data *actual* yang didapat dari sistem PLTS tersebut. Objek yang menjadi objek uji adalah sistem PLTS yang berkapasitas 21,6 kWp dengan *inverter* 20 kW.

INPUT DATA PADA SIMULASI PVSYST

PV module		Inverter	
Manufacturer	Trina Solar	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	TSM-450DE17M(II)	Model	SUN600-20KTL-M0-380V
(Custom parameters definition)		(Custom parameters definition)	
Unit Nom. Power	450 Wp	Unit Nom. Power	20.0 kWac
Number of PV modules	48 units	Number of inverters	1 unit
Nominal (STC)	21.60 kWp	Total power	20.0 kWac
Array #1 - 1.1. & 1.2			
Orientation	#1	Number of inverters	1 * MPPT 50% 0.5 unit
Tilt/Azimuth	5/0 °	Total power	10.0 kWac
Number of PV modules	24 units	Operating voltage	200-1000 V
Nominal (STC)	10.80 kWp	Max. power (=>48°C)	22.0 kWac
Modules	2 Strings x 12 in series	Pnom ratio (DC:AC)	1.08
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	9.85 kWp		
U mpp	449 V		
I mpp	22 A		
Array #2 - 2.1 & 2.2			
Orientation	#2	Number of inverters	1 * MPPT 50% 0.5 unit
Tilt/Azimuth	5/-180 °	Total power	10.0 kWac
Number of PV modules	24 units	Operating voltage	200-1000 V
Nominal (STC)	10.80 kWp	Max. power (=>48°C)	22.0 kWac
Modules	2 Strings x 12 in series	Pnom ratio (DC:AC)	1.08
At operating cond. (50°C)			
Pmpp	9.85 kWp		
U mpp	449 V		
I mpp	22 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	22 kWp	Total power	20 kWac
Total	48 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	105 m ²	Pnom ratio	1.08
Cell area	95.2 m ²	Power sharing defined	



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Array Soiling Losses Loss Fraction 3.0 %	Thermal Loss factor Module temperature according to irradiance Uc (const) 20.0 W/m²K Uv (wind) 0.0 W/m²K/m/s	DC wiring losses Global array res. 160 mΩ Global wiring resistance 80 mΩ Loss Fraction 0.7 % at STC
LID - Light Induced Degradation Loss Fraction 2.0 %	Module Quality Loss Loss Fraction 0.0 %	Module mismatch losses Loss Fraction 2.0 % at MPP
Strings Mismatch loss Loss Fraction 0.1 %	Module average degradation Year no 2 Loss factor 0.4 %/year Mismatch due to degradation Imp RMS dispersion 0.4 %/year Vmp RMS dispersion 0.4 %/year	

IAM loss factor
Incidence effect (IAM): User defined profile

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.999	0.994	0.969	0.928	0.829	0.588	0.000

Spectral correction
FirstSolar model
Precipitable water estimated from relative humidity

Coefficient Set	C0	C1	C2	C3	C4	C5
Monocrystalline Si	0.85914	-0.02088	-0.0058853	0.12029	0.026814	-0.001781

Inv. output line up to injection point
Inverter voltage 380 Vac tri
Loss Fraction 0.19 % at STC
Inverter: SUN600-20KTL-M0-380V
Wire section (1 Inv.) Copper 1 x 3 x 10 mm²
Wires length 7 m

PENGAMBILAN DATA PADA SISTEM PLTS ON-GRID 21,6 kWp





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Didapatkan rata-rata hasil pengukuran *Global Horizontal Irradiation* (GHI) menggunakan luxmeter yang dilakukan pada siang hari jam 12.00 adalah sebesar 71.800 lux yang setara dengan 718 W/m². Konversi nominal satuan lux menjadi W/m² diatas dilakukan menggunakan pendekatan sebesar 0,0079 W/m² per lux [31].



Pada lokasi didapatkan suhu modul surya sebesar 62,6 derajat celsius.



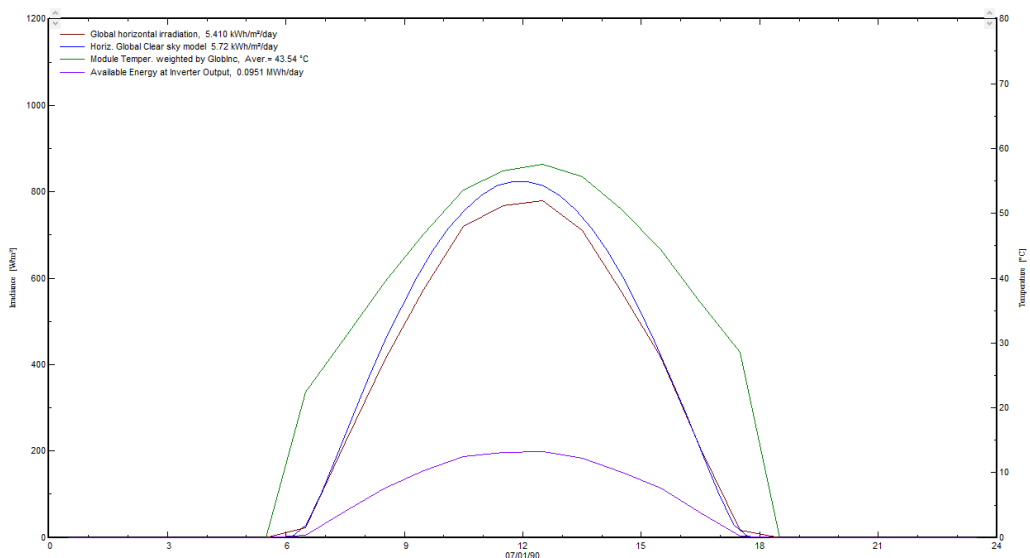
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Adapun keluaran dari *inverter* pada nominal iradiasi tersebut adalah sebesar 12,06 kW atau 12,11 kVa.



Hasil dari simulasi PVSyst adalah pada saat *Global Horizontal Irradiation* (GHI) sebesar 700 W/m² pada suhu 58 derajat celcius, didapatkan hasil keluaran dari *inverter* sebesar 13 kW.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil Pengukuran		
GHI	Output Inverter	Suhu
718 W/m ²	12.06 kW	62.6 Celcius
Hasil PVSyst		
GHI	Output Inverter	Suhu
700 W/m ²	13 kW	58 Celcius

Dengan data *Global Horizontal Irradiation* (GHI) dan suhu yang relatif hampir sama, dapat dilihat data hasil simulasi menggunakan *software* PVSyst 7.3 dari perbandingan nominal *output inverter* hasil simulasi dengan hasil pengukuran langsung memiliki presentase perbedaan sebesar 7,7%.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Perhitungan Rasio GlobInc-GHI Tiap Arah Atap

Analisa ini dilakukan dengan mendapatkan rasio selisih antara *Global Incident in Coll. Plane* (kWh/m^2), iradiasi matahari yang didapat pada permukaan dengan *tilt* dan *azimuth* tertentu, dengan *Global Horizontal Irradiation*, iradiasi yang didapat sebuah permukaan yang memiliki *tilt 0* derajat (kWh/m^2). Perhitungan ini menggunakan persamaan (19).

ARAH ATAP BAGIAN SELATAN

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Januari)} = \left(\frac{126-121}{121} \right) \times 100\% = 4,13\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Februari)} = \left(\frac{139-137}{137} \right) \times 100\% = 1,45\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Maret)} = \left(\frac{136-140}{140} \right) \times 100\% = -2,85\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(April)} = \left(\frac{134-145}{145} \right) \times 100\% = -7,58\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Mei)} = \left(\frac{124-140}{140} \right) \times 100\% = -11,42\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juni)} = \left(\frac{122-141}{141} \right) \times 100\% = -13,47\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juli)} = \left(\frac{131-150}{150} \right) \times 100\% = -12,66\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Agustus)} = \left(\frac{145-160}{160} \right) \times 100\% = -9,37\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(September)} = \left(\frac{155-162}{162} \right) \times 100\% = -4,32\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Oktober)} = \left(\frac{170-171}{171} \right) \times 100\% = -0,58\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(November)} = \left(\frac{147-143}{143} \right) \times 100\% = 2,79\%$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Desember)} = \left(\frac{141-135}{135} \right) \times 100\% = 4,44\%$$

Setelah mendapatkan rasio GLOBINC-GHI pada tiap bulanya, data perhitungan tersebut lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut adalah nilai rasio GLOBINC-GHI pada arah atap selatan.

$$\text{Rasio GLOBINC-GHI (selatan)} = -4,12\%$$

ARAH ATAP BAGIAN TIMUR

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Januari)} = \left(\frac{123-121}{121} \right) \times 100\% = 1,65\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Februari)} = \left(\frac{136-137}{137} \right) \times 100\% = -0,73\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Maret)} = \left(\frac{139-140}{140} \right) \times 100\% = -0,71\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(April)} = \left(\frac{143-145}{145} \right) \times 100\% = -1,38\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Mei)} = \left(\frac{136-140}{140} \right) \times 100\% = -2,85\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juni)} = \left(\frac{136-141}{141} \right) \times 100\% = -3,54\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juli)} = \left(\frac{148-150}{150} \right) \times 100\% = -1,33\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Agustus)} = \left(\frac{156-160}{160} \right) \times 100\% = -2,5\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(September)} = \left(\frac{163-162}{162} \right) \times 100\% = 0,61\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Oktober)} = \left(\frac{169-171}{171} \right) \times 100\% = -1,17\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(November)} = \left(\frac{142-143}{143} \right) \times 100\% = -0,69\%$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Desember)} = \left(\frac{133-135}{135} \right) \times 100\% = -1,48\%$$

Setelah mendapatkan rasio GLOBINC-GHI pada tiap bulanya, data perhitungan tersebut lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut adalah nilai rasio GLOBINC-GHI pada arah atap timur.

$$\text{Rasio GLOBINC-GHI (timur)} = -1,17\%$$

ARAH ATAP BAGIAN UTARA

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Januari)} = \left(\frac{112-121}{121} \right) \times 100\% = -7,43\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Februari)} = \left(\frac{131-137}{137} \right) \times 100\% = -4,38\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Maret)} = \left(\frac{139-140}{140} \right) \times 100\% = -0,71\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(April)} = \left(\frac{150-145}{145} \right) \times 100\% = 3,44\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Mei)} = \left(\frac{151-140}{140} \right) \times 100\% = 7,85\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juni)} = \left(\frac{155-141}{141} \right) \times 100\% = 9,93\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juli)} = \left(\frac{165-150}{150} \right) \times 100\% = 10\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Agustus)} = \left(\frac{169-160}{160} \right) \times 100\% = 5,62\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(September)} = \left(\frac{165-162}{162} \right) \times 100\% = 1,85\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Oktober)} = \left(\frac{166-171}{171} \right) \times 100\% = -2,92\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(November)} = \left(\frac{134-143}{143} \right) \times 100\% = -6,29\%$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Desember)} = \left(\frac{124-135}{135} \right) \times 100\% = -8,14\%$$

Setelah mendapatkan rasio GLOBINC-GHI pada tiap bulanya, data perhitungan tersebut lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut adalah nilai rasio GLOBINC-GHI pada arah atap utara.

$$\text{Rasio GLOBINC-GHI (utara)} = 0,73\%$$

ARAH ATAP BAGIAN BARAT

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Januari)} = \left(\frac{116-121}{121} \right) \times 100\% = -4,13\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Februari)} = \left(\frac{135-137}{137} \right) \times 100\% = -1,46\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Maret)} = \left(\frac{137-140}{140} \right) \times 100\% = -2,14\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(April)} = \left(\frac{142-145}{145} \right) \times 100\% = -2,06\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Mei)} = \left(\frac{139-140}{140} \right) \times 100\% = -0,71\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juni)} = \left(\frac{141-141}{141} \right) \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Juli)} = \left(\frac{148-150}{150} \right) \times 100\% = -1,33\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Agustus)} = \left(\frac{159-160}{160} \right) \times 100\% = -0,62\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(September)} = \left(\frac{157-162}{162} \right) \times 100\% = -3,08\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Oktober)} = \left(\frac{168-171}{171} \right) \times 100\% = -1,75\%$$

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(November)} = \left(\frac{140-143}{143} \right) \times 100\% = -2,09\%$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Rasio GlobInc-GHI(Desember)} = \left(\frac{133-135}{135} \right) \times 100\% = -1,48\%$$

Setelah mendapatkan rasio GLOBINC-GHI pada tiap bulanya, data perhitungan tersebut lalu dirata-ratakan. Nilai rata-rata tersebut adalah nilai rasio GLOBINC-GHI pada arah atap barat.

$$\text{Rasio GLOBINC-GHI (barat)} = -1,74\%$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Perhitungan Keluaran dari Modul Surya Terhadap Suhu

Dalam melakukan stringing ini yang perlu dilakukan adalah memastikan jumlah voltase maksimum dari modul surya, dalam hal ini Voc atau Open Circuit Voltage, dan arus keluaran maksimum dari modul surya, dalam hal ini Isc atau Short Circuit Current, tidak melebihi dari maksimum input pada inverter. Dalam menghitung Voltase dan Arus maksimum ini, faktor suhu juga perlu dipertimbangkan karena suhu sangat berkaitan dengan perubahan voltase dan juga arus. Pendekatan dengan rumus dari perhitungan Voc dan Isc yang berkaitan dengan suhu menggunakan rumus (2).

Nominal voltase dan arus input dari inverter SG40CX yaitu :

<i>Start Voltage</i>	: 200 volt
<i>Max DC Voltage</i>	: 1100 volt
<i>DC Voltage at 98,6% Efficiency</i>	: 585 volt
<i>DC Voltage at 98,3% Efficiency</i>	: 850 volt
<i>DC Voltage at 98% Efficiency</i>	: 550 volt
<i>Max Current Input (Isc)</i>	: 40 ampere
<i>Max Current Input (Imp)</i>	: 30 ampere

VERTEX TSM DE-19

Data keluaran modul surya dari datasheet modul surya:

<i>Voltage Open Circuit (Voc)</i>	: 37,9 volt
<i>Voltage Maximum Power (Vmpp)</i>	: 31,6 volt
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	: 18,52 A
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	: 17,4 A
Temperature Coefficients of Voc&Vmpp (%/C)	: -0,25%
Temperature Coefficients of Isc (%/C)	: 0,04%

Perhitungan voltase dan ampere terhadap suhu dari modul surya :

1. $V_{ocMax} = 37,9 + (-0,25\% \times 37,9 \times (41 - 25^\circ C)) = 36,38 \text{ volt}$
2. $V_{mpMax} = 31,6 + (-0,25\% \times 31,6 \times (41 - 25^\circ C)) = 30,34 \text{ volt}$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. $V_{mpMin}=31,6+(-0,25\% \times 31,6 \times (50-25^{\circ}C))= 29,63$ volt
4. $I_{scMax}=18,52+(0,04\% \times 18,52 \times (50-25^{\circ}C))= 18,71$ ampere
5. $I_{scMin}=18,52+(0,04\% \times 18,52 \times (41-25^{\circ}C))= 18,63$ ampere
6. $I_{mpMax}=17,4+(0,04\% \times 17,4 \times (50-25^{\circ}C))= 17,57$ ampere
7. $I_{mpMin}=17,4+(0,04\% \times 17,4 \times (41-25^{\circ}C))= 17,51$ ampere

JAM72S30-550/MR/1500V

Data keluaran modul surya dari datasheet modul surya:

<i>Voltage Open Circuit (Voc)</i>	: 49,9 volt
<i>Voltage Maximum Power (Vmpp)</i>	: 41,96 volt
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	: 14 A
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	: 13,11 A
Temperature Coefficients of Voc&Vmpp (%/C)	: -0,275%
Temperature Coefficients of Isc (%/C)	: 0,045%

Perhitungan voltase dan ampere dari modul surya :

1. $V_{ocMax}=49,9+(-0,275\% \times 49,9 \times (41-25^{\circ}C))=47,7$ volt
2. $V_{mpMax}=41,96+(-0,275\% \times 41,96 \times (41-25^{\circ}C))= 40,11$ volt
3. $V_{mpMin}=41,96+(-0,275\% \times 41,96 \times (50-25^{\circ}C))= 39,08$ volt
4. $I_{scMax}=14+(0,045\% \times 14 \times (50-25^{\circ}C))= 14,16$ ampere
5. $I_{scMin}=14+(0,045\% \times 14 \times (41-25^{\circ}C))= 14,1$ ampere
6. $I_{mpMax}=13,11+(0,04\% \times 13,11 \times (50-25^{\circ}C))= 13,26$ ampere
7. $I_{mpMin}=13,11+(0,04\% \times 13,11 \times (41-25^{\circ}C))= 13,2$ ampere

JKM550M-72HL4

Data karakteristik voltase dan ampere dari modul surya:

<i>Voltage Open Circuit (Voc)</i>	: 49,62 volt
<i>Voltage Maximum Power (Vmpp)</i>	: 40,9 volt

<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	: 14,03 A
<i>Maximum Power Current (Imp)</i>	: 13,45 A
Temperature Coefficients of Voc&Vmpp (%/C)	: -0,28%
Temperature Coefficients of Isc (%/C)	: 0,048%

Data keluaran modul surya dari datasheet modul surya:

1. $V_{ocMax}=49,62+(-0,28\% \times 49,62 \times (41-25^{\circ}C))= 47,39$ volt
2. $V_{mpMax}=40,9+(-0,28\% \times 40,9 \times (41-25^{\circ}C))= 39$ volt
3. $V_{mpMin}=40,9+(-0,28\% \times 40,9 \times (50-25^{\circ}C))= 38$ volt
4. $I_{scMax}=14,03+(0,048\% \times 14,03 \times (50-25^{\circ}C))= 14,20$ ampere
5. $I_{scMin}=14,03+(0,048\% \times 14,03 \times (41-25^{\circ}C))= 14,13$ ampere
6. $I_{mpMax}=13,45+(0,048\% \times 13,45 \times (50-25^{\circ}C))= 13,61$ ampere
7. $I_{mpMin}=13,45+(0,048\% \times 13,45 \times (41-25^{\circ}C))= 13,55$ ampere

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Penyusunan String Input ke Inverter

Stringing atau penyusunan konfigurasi rangkaian modul surya dilakukan mempertimbangkan voltase dan ampere dari modul surya dengan batasan nominal maksimal *input inverter*. Dengan rasio DC/AC yang digunakan adalah maksimum 1,25 dari kapasitas nominal *inverter* maka batas kapasitas modul surya adalah 50 kWp atau total modul surya sejumlah 90 modul [24]. Penyusunan seri dan paralel menggunakan pendekatan dengan rumus (20). Data voltase dan arus keluaran dari tiap modul surya didapatkan dari Tabel 4. 11 atau Lampiran 3.

KONFIGURASI TSM DE-19

Dengan maksimum total modul surya yang dibutuhkan adalah 90. Untuk memenuhi 4 MPPT maka tiap MPPT akan dispekulasikan untuk disambungkan rangkaian seri dengan jumlah modul surya per seri yaitu 22 modul.

$$V_{oc} \text{ Maks per MPPT} = 36,38 \times 22 = 800,45 \text{ volt} < 1100 \text{ volt}$$

$$V_{mp} \text{ Maks per MPPT} = 30,33 \times 22 = 667,4 \text{ volt} < 1100 \text{ volt}$$

$$I_{sc} \text{ Maks per MPPT} = 18,71 \times 1 = 18,71 \text{ ampere} < 40 \text{ ampere}$$

$$I_{mp} \text{ Maks Per MPPT} = 17,57 \times 1 = 17,57 \text{ ampere} < 30 \text{ ampere}$$

Berdasarkan perhitungan voltase dan arus, modul surya Vertex TSM DE-19 ini disusun seri dengan konfigurasi:

- a) String 1.1 : 22 Modul di Seri
- b) String 1.2 : 22 Modul di Seri
- c) String 1.3 : 22 Modul di Seri
- d) String 1.4 : 22 Modul di Seri

KONFIGURASI JAM72S30-550/MR/1500V

Dengan maksimum total modul surya yang dibutuhkan adalah 90. Untuk memenuhi 4 MPPT maka tiap MPPT akan dispekulasikan untuk disambungkan rangkaian seri dengan jumlah modul surya per seri yaitu 22 modul.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

V_{oc} Maks per MPPT= $47,7 \times 22 = 1049,4$ volt < 1100 volt
(*hampir menyentuh batas maksimum input inverter SG40CX*)

V_{mp} Maks per MPPT= $40,11 \times 22 = 882,42$ volt < 1100 volt

Isc Maks per MPPT= $14,16 \times 1 = 14,16$ ampere < 40 ampere

Imp Maks Per MPPT= $13,26 \times 1 = 13,26$ ampere < 30 ampere

Berdasarkan perhitungan voltase dan arus, modul surya JAM72S30-550/MR/1500V ini disusun seri dengan konfigurasi:

- a) String 1.1 : 22 Modul di Seri
- b) String 1.2 : 22 Modul di Seri
- c) String 1.3 : 22 Modul di Seri
- d) String 1.4 : 22 Modul di Seri

KONFIGURASI JKM550M-72HL4

Dengan maksimum total modul surya yang dibutuhkan adalah 90. Untuk memenuhi 4 MPPT maka tiap MPPT akan dispekulasikan untuk disambungkan rangkaian seri dengan jumlah modul surya per seri yaitu 22 modul.

V_{oc} Maks per MPPT= $47,39 \times 22 = 1042,73$ volt < 1100 volt
(*hampir menyentuh batas maksimum input inverter SG40CX*)

V_{mp} Maks per MPPT= $39 \times 22 = 859,48$ volt < 1100 volt

Isc Maks per MPPT= $14,2 \times 1 = 14,2$ ampere < 40 ampere

Imp Maks Per MPPT= $13,61 \times 1 = 13,61$ ampere < 30 ampere

Berdasarkan perhitungan voltase dan arus, modul surya JKM550M-72HL4 ini disusun seri dengan konfigurasi:

- a) String 1.1 : 22 Modul di Seri
- b) String 1.2 : 22 Modul di Seri
- c) String 1.3 : 22 Modul di Seri
- d) String 1.4 : 22 Modul di Seri



Lampiran 5 Perhitungan Kuat Hantar Arus dan Voltage Drop

PERHITUNGAN KUAT HANTAR ARUS (DC)

Kabel arus searah (DC) akan membentuk sebuah rangkaian yang menghubungkan panel surya secara seri dan berakhir di input inverter dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT). Kabel DC ditempatkan di dalam kabel konduit fleksibel di atas atap, bersama dengan sirkuit string lainnya, dan bergabung masuk ke dalam tray kabel eksisting gedung lalu menuju panel proteksi DC dan berakhir di inverter. Kabel yang akan digunakan adalah PV-1F 1C x 4 sqmm

Jumlah total sirkuit inti tunggal yang berkonvergensi di dalam konduit fleksibel adalah 2 sirkuit dan pada kabel tray adalah sebanyak 4 sirkuit.

Kuat Hantar Arus kabel PV-1F 4 sqmm pada kabel konduit fleksibel menurut IEC 60364–5.52.11 adalah sesuai perhitungan dibawah ini:

- a. Metode instalasi kabel *single core* dalam konduit fleksibel sesuai Tabel A.52.3 adalah Type B1.
- b. Kuat Hantar Arus kabel PV-1F 4 sqmm (insulasi XPLE) pada suhu maksimum kabel pada 90 derajat celcius dan suhu *ambient* 30 derajat celcius sesuai metode instalasi Type B1 berdasarkan Table B.52.3 adalah sebesar 42 A.
- c. Faktor koreksi terhadap kabel akibat *ambient ground temperature in* pada suhu 40 derajat celcius, ketika pada atap berdasarkan Table B.52.15 adalah sebesar 0,85.
- d. Dalam tiap konduit fleksibel, terdapat 2 sirkuit kabel *single core*. Faktor koreksi terhadap jumlah kabel yang bersentuhan sesuai Table B.52.17 adalah 0,8.
- e. Total *derating factor* = $0,85 \times 0,8 = 0,68$
- f. Maksimum Kuat Hantar Arus *derated* kabel PV-1F 1C x 4 sqmm di dalam konduit fleksibel = $42 \times 0,68 = 28,56 A$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- g. Maksimum arus yang melewati sirkuit kabel PV-1F 1C x 4 sqmm ini adalah $I_{mpp} = 17,4$ A. Dinyatakan kabel PV-1F 1C x 4 sqmm layak untuk digunakan dalam kondisi ini.

Kuat Hantar Arus kabel PV-1F 4 sqmm pada kabel tray *eksisting* gedung menurut IEC 60364–5.52.11 adalah sesuai perhitungan dibawah ini:

- a. Metode instalasi kabel *single core* dalam kabel tray eksisting gedung yang berjenis *non-perforated cable tray* adalah sesuai Tabel A.52.5 adalah Type C.
- b. Kuat Hantar Arus kabel PV-1F 4 sqmm (insulasi XPLE) pada suhu maksimum kabel pada 90 derajat celcius dan suhu *ambient* 30 derajat celcius berdasarkan Table B.52.5 adalah sebesar 45 A.
- c. Faktor koreksi terhadap kabel akibat *ambient ground temperature in* pada suhu 30 derajat celcius, suhu dalam gedung, berdasarkan Table B.52.15 adalah sebesar 1.
- d. Terdapat lebih dari 9 sirkuit didalam kabel tray yang berjenis *non-perforated* tersebut. Faktor koreksi terhadap jumlah kabel yang bersentuhan pada jenis kabel tray tersebut sesuai Table B.52.17 adalah 0,7.
- e. Total *derating factor* = $0,7 \times 0,1 = 0,7$
- f. Maksimum Kuat Hantar Arus *derated* kabel PV-1F 1C x 4 sqmm di dalam konduit fleksibel = $45 \times 0,7 = 31,5$ A.
- g. Maksimum arus yang melewati sirkuit kabel PV-1F 1C x 4 sqmm ini adalah $I_{mpp} = 17,4$ A.

Dinyatakan kabel PV-1F 1C x 4 sqmm layak untuk digunakan dalam kondisi ini.

PERHITUNGAN VOLTAGE DROP (DC)

Perhitungan *voltage drop* dilakukan pada kabel positif dan kabel negatif. Sesuai PUIL 2011, besaran maksimum perbandingan *voltage drop* dengan tegangan normal adalah sebesar 4%. Rumus yang digunakan untuk menghitung *Voltage Drop* adalah menggunakan rumus (3).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Faktor-faktor yang digunakan pada perhitungan *voltage drop* ini yaitu :

- a. Dibawah ini adalah arak dari tiap string modul surya sampai ke Inverter.
 - String 1.1. : 42,4 meter
 - String 1.2. : 40 meter
 - String 1.3. : 50 meter
 - String 1.4. : 52 meter
- b. Resistansi kabel PV-1F 1C x 4 sqmm sesuai *datasheet* kabel adalah sebesar 4,97 Ohm/km.
- c. Arus maksimum DC yang melewati kabel adalah $I_{mpp} = 17,4A$.
- d. Tegangan sistem (V) adalah tegangan satu string. Tegangan *string* 1.1. sampai dengan *string* 1.4. adalah indentik yaitu 695,2 volt.
- e. Karena panjang kabel positif dan negatif indentik, maka perhitungan tiap string mewakili perhitungan *voltage drop* untuk kedua kabel positif dan negative.

Voltage Drop String 1.1

$$Vd\ 1.1 = \frac{42,4 * 17,4 * 5,09}{1000} = 3,76$$

$$\%Vd\ 1.1 = \frac{3,76}{695,2} = 0,54\%$$

Voltage Drop String 1.2

$$Vd\ 1.2 = \frac{40 * 17,4 * 5,09}{1000} = 3,54$$

$$\%Vd\ 1.2 = \frac{3,54}{695,2} = 0,51\%$$

Voltage Drop String 1.3

$$Vd\ 1.3 = \frac{50 * 17,4 * 5,09}{1000} = 4,43$$

$$\%Vd\ 1.3 = \frac{4,43}{695,2} = 0,64\%$$

Voltage Drop String 1.4

$$Vd\ 1.4 = \frac{52 \cdot 17,4 \cdot 5,09}{1000} = 4,61$$

$$\%Vd\ 1.4 = \frac{4,61}{695,2} = 0,66\%$$

Voltage drop dari sistem perkabelan DC tidak ada yang melebihi standar dari PUIL yaitu 4%. Dengan kondisi tersebut maka kabel PV-1F 1C x 4 sqmm layak digunakan.

PERHITUNGAN KUAT HANTAR ARUS (AC)

Kabel arus searah (AC) akan membentuk sebuah rangkaian yang menghubungkan keluaran dari inverter menuju *AC protection panel* lalu interkoneksi dengan Panel AC gedung. Kabel AC dari *inverter* akan ditempatkan di dalam kabel duct menuju ke *AC protection panel* lalu masuk kedalam tray kabel eksisting gedung lalu menuju ke panel AC gedung. Kabel yang akan digunakan adalah NYY 4C x 50 sqmm.

Kuat Hantar Arus kabel NYY 4C x 50 sqmm pada *cabel duct perforated* menurut IEC 60364–5.52.11 adalah sesuai perhitungan dibawah ini:

- a. Metode instalasi kabel *multi-core* dalam *cabel duct perforated* sesuai Tabel A.52.3 adalah Type B2.
- b. Kuat Hantar Arus kabel NYY 4C x 50 sqmm (insulasi PVC) pada suhu maksimum kabel pada 70 derajat celcius dan suhu *ambient* 30 derajat celcius sesuai metode instalasi Type B2 berdasarkan Table B.52.4 adalah sebesar 118 A.
- c. Faktor koreksi terhadap kabel akibat *ambient ground temperature in* pada suhu 30 derajat celcius, suhu ruangan gedung, berdasarkan Table B.52.15 adalah sebesar 0,95.
- d. *Cabel duct perforated* berisi kabel 4 *core*. Faktor koreksi terhadap jumlah kabel yang bersentuhan sesuai Table B.52.17 adalah 0,75.
- e. Total *derating factor* = $0,95 \times 0,75 = 0,71$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- f. Maksimum Kuat Hantar Arus *derated* kabel NYY 4C x 50 sqmm di dalam *cabel duct* = $118 \times 0,71 = 84,08 \text{ A}$
- g. Maksimum arus yang melewati kabel NYY 4C x 50 sqmm ini adalah *Imaks inverter* = 66,9 A. Dinyatakan kabel NYY 4C x 50 sqmm layak untuk digunakan dalam kondisi ini.

Kuat Hantar Arus kabel NYY 4C x 50 sqmm pada *cable tray* menurut IEC 60364–5.52.11 adalah sesuai perhitungan dibawah ini:

- a. Metode instalasi kabel *multi core* dalam *cabel duct non-perforated* sesuai Tabel A.52.3 adalah Type C.
- b. Kuat Hantar Arus kabel NYY 4C x 50 sqmm (insulasi PVC) pada suhu maksimum kabel pada 70 derajat celcius dan suhu *ambient* 30 derajat celcius didalam *cable tray non-perforated* berdasarkan Table B.52.6 adalah sebesar 169 A.
- c. Faktor koreksi terhadap kabel akibat *ambient ground temperature in* pada suhu 30 derajat celcius, suhu ruangan gedung, berdasarkan Table B.52.15 adalah sebesar 0,9.
- d. *Cabel tray non-perforated* berisi lebih dari 9 kabel. Faktor koreksi terhadap jumlah kabel yang bersentuhan sesuai Table B.52.17 adalah 0,7.
- e. Total *derating factor* = $0,95 \times 0,75 = 0,66$
- f. Maksimum Kuat Hantar Arus *derated* kabel NYY 4C x 50 sqmm di dalam *cabel tray non-perforated* = $169 \times 0,66 = 106,47 \text{ A}$
- g. Maksimum arus yang melewati kabel NYY 4C x 50 sqmm ini adalah *Imaks inverter* = 66,9 A. Dinyatakan kabel NYY 4C x 50 sqmm layak untuk digunakan dalam kondisi ini.

PERHITUNGAN VOLTAGE DROP (AC)

Faktor-faktor yang digunakan pada perhitungan *voltage drop* ini yaitu :

- a. Dibawah ini adalah jarak kabel AC :
 - *Inverter – AC Panel Protection* = 1,5 meter
 - *AC Panel Protection – Interkoneksi* = 6 meter

- b. Resistansi kabel NYY 4C x 50 sqmm sesuai *datasheet* kabel adalah sebesar 0,464 Ohm/km.
- c. Arus maksimum AC yang melewati kabel adalah $I_{maks\ inverter} = 66,9\ A$.
- d. Tegangan sistem (V) adalah tegangan keluaran *inverter*. $V = 380\ volt$.
- e. *Voltage Drop Inverter – AC Panel Protection*

$$V_d = \frac{1,5 * 66,9 * 0,464}{1000} = 0,05$$

$$\% V_d = \frac{0,05}{380} = 0,01\%$$

- f. *Voltage Drop AC Panel Protection – Interkoneksi*

$$V_d = \frac{6 * 66,9 * 0,464}{1000} = 0,19$$

$$\% V_d = \frac{0,19}{380} = 0,05\%$$

Voltage drop dari sistem perkabelan AC tidak ada yang melebihi standar dari PUIL yaitu 4%. Dengan kondisi tersebut maka kabel NYY 4C x 50 sqmm layak digunakan.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 6 Simulation Report PVSyst 7.3.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Project summary								
Geographical Site Pondokcina Empat Indonesia		Situation Latitude -6.37 °S Longitude 106.82 °E Altitude 70 m Time zone UTC+7		Project settings Albedo 0.20				
Meteo data Pondokcina Empat Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat-100% - Synthetic								
System summary								
Grid-Connected System Simulation for year no 25		Tables on a building		User's needs Daily profile weekly modulation Average 302 kWh/Day				
PV Field Orientation Fixed planes 2 orientations Tilts/azimuths 14 / -90 ° 14 / 0 °		Near Shadings Linear shadings						
System information PV Array Nb. of modules 88 units Pnom total 48.4 kWp		Inverters Nb. of units 1 unit Pnom total 44.0 kWac Grid power limit 40.0 kWac Grid lim. Pnom ratio 1.210						
Results summary								
Produced Energy	56.67 MWh/year	Specific production	1171 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	66.43 %			
Used Energy	110.24 MWh/year			Solar Fraction SF	36.58 %			
Array losses								
IAM loss factor Incidence effect (IAM): Fresnel smooth glass, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000
Spectral correction FirstSolar model Precipitable water estimated from relative humidity								
Coefficient Set	C0	C1	C2	C3	C4	C5		
Monocrystalline Si	0,85914	-0,02088	-0,0058853	0,12029	0,026814	-0,001781		
AC wiring losses								
Inv. output line up to injection point								
Inverter voltage	400 Vac tri							
Loss Fraction	0.35 % at STC							
Inverter:	SG40-CX							
Wire section (1 Inv.)	Copper 1 x 3 x 16 mm ²							
Wires length	10 m							



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

General parameters			
Grid-Connected System		Tables on a building	
PV Field Orientation		Sheds configuration	
Orientation		Nb. of sheds	88 units
Fixed planes	2 orientations	Several orientations	
Tilts/azimuths	14 / -90 °		
	14 / 0 °		
Horizon		Near Shadings	
Free Horizon		Linear shadings	
Grid power limitation		User's needs	
Active Power	40.0 kWac	Daily profile	
Pnom ratio	1.210	weekly modulation	
		Average	302 kWh/Day

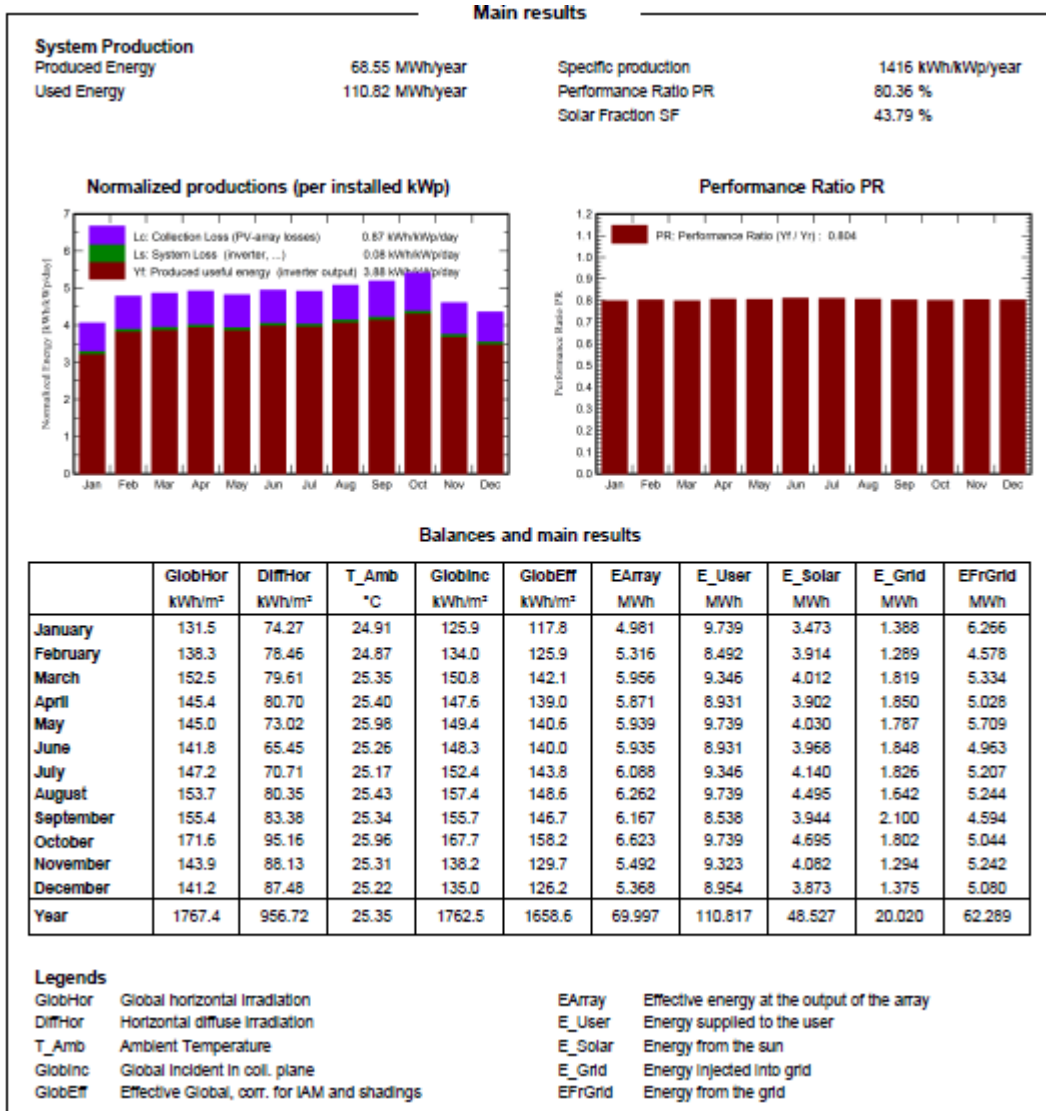
PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	Trina Solar	Manufacturer	Sungrow
Model	TSM-DE19	Model	SG40-CX
(Custom parameters definition)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	550 Wp	Unit Nom. Power	44.0 kWac
Number of PV modules	88 units	Number of Inverters	4 * MPPT 25% 1 unit
Nominal (STC)	48.4 kWp	Total power	44.0 kWac
Modules	4 Strings x 22 In series	Operating voltage	200-850 V
At operating cond. (55°C)		Pnom ratio (DC:AC)	1.10
Pmpp	43.4 kWp	No Power sharing between MPPTs	
U mpp	617 V		
I mpp	70 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	48 kWp	Total power	44 kWac
Total	88 modules	Number of Inverters	1 unit
Module area	230 m ²	Pnom ratio	1.10

Array losses			
Array Soiling Losses		Thermal Loss factor	
Loss Fraction	3.0 %	Module temperature according to irradiance	
		Uc (const)	20.0 W/m ² K
		Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s
LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss	
Loss Fraction	2.0 %	Loss Fraction	-0.9 %
Strings Mismatch loss		Module average degradation	
Loss Fraction	0.1 %	Year no	25
		Loss factor	0.55 %/year
		Mismatch due to degradation	
		Imp RMS dispersion	0.4 %/year
		Vmp RMS dispersion	0.4 %/year
		DC wiring losses	
		Global array res.	119 mΩ
		Loss Fraction	1.2 % at STC
		Module mismatch losses	
		Loss Fraction	2.0 % at MPP



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

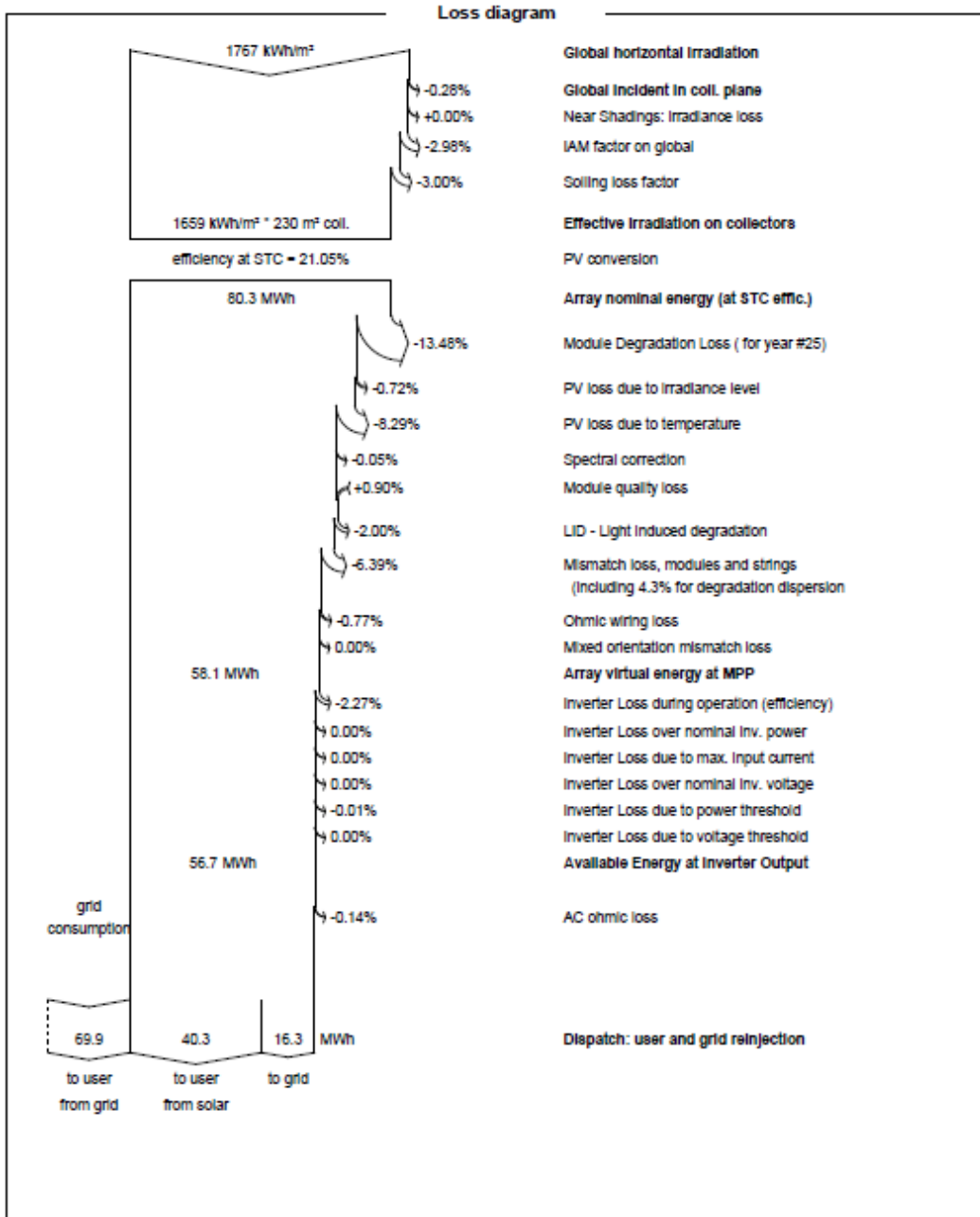




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

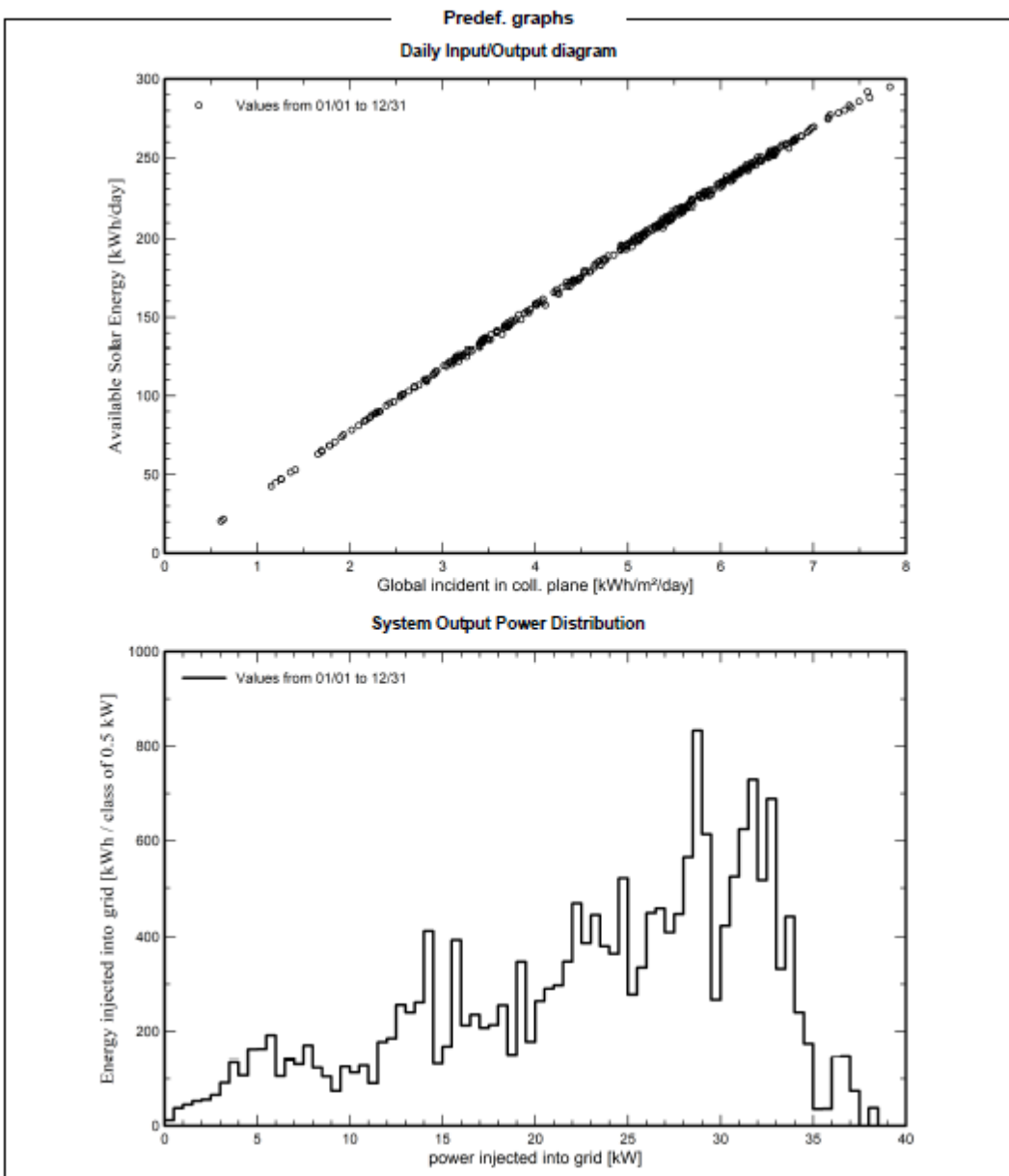




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 Perhitungan Tekno-Ekonomi

DISCOUNT FACTOR

Perhitungan *discount factor* dari tahun pertama sampai masa akhir sistem PLTS yaitu tahun ke-25 adalah sebagai berikut dibawah ini. Perhitungan dibawah ini menggunakan rumus (6) data discount rate pada Tabel 4. 28.

$$\text{Discount Factor}(1)=(1+4,52\%)^1=1,05$$

$$\text{Discount Factor}(2)=(1+4,52\%)^2=1,09$$

$$\text{Discount Factor}(3)=(1+4,52\%)^3=1,14$$

$$\text{Discount Factor}(4)=(1+4,52\%)^4=1,19$$

$$\text{Discount Factor}(5)=(1+4,52\%)^5=1,25$$

....

$$\text{Discount Factor}(25)=(1+4,52\%)^{25}=3,02$$

KEEKONOMIAN HASIL EKSPOR ENERGI KE PLN

Tahun ke-0 (n=0)

CAPEX = Rp.653.864.217

Cost Saving = Rp. 0

PV Energy = 0 kWh

Tahun ke-1 (n=1)

TDL (1) = $919,75 \times (1+3\%)^1 = \text{Rp.}947/\text{kWh}$

PV Energy (1) = 20.020 kWh

O&M (1) = $2.993.825 \times (1+2,8\%)^1 = \text{Rp.} 3.077.822$

Annual Saving (1) = $20.020 \times 947 = \text{Rp.} 18.965.797$

Cost Saving (1) = $18.965.797 - 3.077.822 = \text{Rp.} 15.887.975$

Discounted Energy (1) = $\frac{20.020}{1,05} = 19.154 \text{ kWh}$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Discounted Cost (1)} = \frac{3.077.822}{1,05} = \text{Rp. 2.944.819}$$

Tahun ke-2 (n=2)

$$\text{TDL (2)} = 919,75 \times (1+3\%)^2 = \text{Rp.976/kWh}$$

$$\text{PV Energy (2)} = 20.020 \times (1-0,55\%)^{2-1} = 19.910 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (2)} = 2.993.825 \times (1+2,8\%)^2 = \text{Rp. 3.164.176}$$

$$\text{Annual Saving (2)} = 19.910 \times 967 = \text{Rp. 19.427.330}$$

$$\text{Cost Saving (2)} = 19.427.330 - 3.164.176 = \text{Rp. 16.263.154}$$

$$\text{Discounted Energy (2)} = \frac{19.910}{1,09} = 18.225 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (2)} = \frac{3.164.176}{1,09} = \text{Rp. 2.896.616}$$

....

Tahun ke-15 (n=15)

$$\text{TDL (15)} = 919,75 \times (1+3\%)^{15} = \text{Rp.1.433/kWh}$$

$$\text{PV Energy (15)} = 20.020 \times (1-0,55\%)^{15-1} = 18.532 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (15)} = 2.993.825 \times (1+2,8\%)^{15} = \text{Rp. 4.534.008}$$

$$\text{CAPEX (Pergantian Inverter)} = 48.025.000 \times (1+2,8\%)^{14} = \text{Rp. 70.746.690}$$

$$\text{Annual Saving (15)} = 18.532 \times 1.433 = \text{Rp. 26.555.792}$$

$$\text{Cost Saving (15)} = 26.555.792 - 4.534.008 - 70.746.690 = -\text{Rp. 48.724.906}$$

$$\text{Discounted Energy (15)} = \frac{18.532}{1,94} = 9,548 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (15)} = \frac{4.534.008 + 70.746.690}{1,94} = \text{Rp. 38.807.062}$$

....



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tahun ke-25 (n=25)

$$\text{TDL (25)} = 919,75 \times (1+3\%)^{25} = \text{Rp.1.926/kWh}$$

$$\text{PV Energy (25)} = 20.020 \times (1-0,55\%)^{25-1} = 17.538 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (25)} = 2.993.825 \times (1+2,8\%)^{25} = \text{Rp. 5.979.334}$$

$$\text{Annual Saving (25)} = 17.538 \times 1.926 = \text{Rp. 33.773.758}$$

$$\text{Cost Saving (25)} = 33.773.758 - 5.979.334 = \text{Rp. 27.794.424}$$

$$\text{Discounted Energy (2)} = \frac{17.538}{3,02} = 5.807 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (2)} = \frac{5.979.334}{3,02} = \text{Rp. 1.981.670}$$

KEEKONOMIAN ENERGI PLTS UNTUK PEMAKAIAN SENDIRI

Tahun ke-0 (n=0)

$$\text{CAPEX} = \text{Rp. 653.864.217}$$

$$\text{Cost Saving} = \text{Rp. 0}$$

$$\text{PV Energy} = 0 \text{ kWh}$$

Tahun ke-1 (n=1)

$$\text{TDL (1)} = 1415 \times (1+3\%)^1 = \text{Rp.1.457/kWh}$$

$$\text{PV Energy (1)} = 48.527 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (1)} = 2.993.825 \times (1+2,8\%)^1 = \text{Rp. 3.077.822}$$

$$\text{Annual Saving (1)} = 48.527 \times 1.457 = \text{Rp. 70.725.676}$$

$$\text{Cost Saving (1)} = 70.725.676 - 3.077.822 = \text{Rp. 67.647.854}$$

$$\text{Discounted Energy (1)} = \frac{48.527}{1,05} = 46.428 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (1)} = \frac{3.077.822}{1,05} = \text{Rp. 2.944.819}$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tahun ke-2 (n=2)

$$\text{TDL (2)} = 1.415 \times (1+3\%)^2 = \text{Rp.1.501/kWh}$$

$$\text{PV Energy (2)} = 48.527 \times (1-0,55\%)^{2-1} = 48.260 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (2)} = 2.993.825 \times (1+2,8\%)^2 = \text{Rp. 3.164.176}$$

$$\text{Annual Saving (2)} = 48.260 \times 1.501 = \text{Rp. 72.446.785}$$

$$\text{Cost Saving (2)} = 72.446.785 - 3.164.176 = \text{Rp. 69.282.610}$$

$$\text{Discounted Energy (2)} = \frac{48.260}{1,09} = 44.176 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (2)} = \frac{3.164.176}{1,09} = \text{Rp. 2.896.616}$$

....

Tahun ke-15 (n=15)

$$\text{TDL (15)} = 1.415 \times (1+3\%)^{15} = \text{Rp.2.205/kWh}$$

$$\text{PV Energy (15)} = 48.527 \times (1-0,55\%)^{15-1} = 44.921 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (15)} = 2.993.825 \times (1 + 2,8\%)^{15} = \text{Rp. 4.534.008}$$

$$\text{CAPEX (Pergantian Inverter)} = 48.025.000 \times (1 + 2,8\%)^{14} = \text{Rp. 70.746.690}$$

$$\text{Annual Saving (15)} = 44.921 \times 2.205 = \text{Rp. 99.029.658}$$

$$\text{Cost Saving (15)} = 99.029.658 - 4.534.008 - 70.746.690 = \text{Rp. 23.748.960}$$

$$\text{Discounted Energy (15)} = \frac{44.921}{1,94} = 23.145 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (15)} = \frac{4.534.008 + 70.746.690}{1,94} = \text{Rp. 38.807.062}$$

....

Tahun ke-25 (n=25)

$$\text{TDL (25)} = 1415 \times (1+3\%)^{25} = \text{Rp.2.963/kWh}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{PV Energy (25)} = 48.527 \times (1 - 0,55\%)^{25-1} = 42.511 \text{ kWh}$$

$$\text{O\&M (25)} = 2.993.825 \times (1 + 2,8\%)^{25} = \text{Rp. } 5.979.334$$

$$\text{Annual Saving (25)} = 42.511 \times 2.963 = \text{Rp. } 125.946.296$$

$$\text{Cost Saving (25)} = 125.946.296 - 5.979.334 = \text{Rp. } 119.966.962$$

$$\text{Discounted Energy (25)} = \frac{42.511}{3,02} = 14.007 \text{ kWh}$$

$$\text{Discounted Cost (25)} = \frac{5.979.334}{3,02} = \text{Rp. } 1.981.670$$

AKUMULASI KEEKONOMIAN ENERGI PLTS

Tahun ke-1 (n=1)

$$\text{PV Energy Total (1)} = 20.020 \text{ kWh} + 48.527 \text{ kWh} = 68.547 \text{ kWh}$$

$$\text{Annual Saving Total (1)} = \text{Rp. } 18.965.797 + \text{Rp. } 70.725.676 = \text{Rp. } 89.691.473$$

$$\text{O\&M (1)} = \text{Rp. } 3.077.822$$

$$\text{Cost Saving Total (1)} = \text{Rp. } 89.691.473 - \text{Rp. } 2.944.819 = \text{Rp. } 86.613.651$$

$$\text{Discounted Cost (1)} = \frac{3.077.822}{1,05} = \text{Rp. } 2.944.819$$

$$\text{Discounted Energy (1)} = \frac{68.547}{1,05} = 65.584 \text{ kWh}$$

$$\text{DCP(1)} = \frac{\text{Rp. } 86.613.651}{1,05} + (-\text{Rp. } 653.864.217) = - \text{Rp. } 570.993.425$$

Tahun ke-2 (n=2)

$$\text{PV Energy Total (2)} = 19.910 \text{ kWh} + 48.260 \text{ kWh} = 68.170 \text{ kWh}$$

$$\text{Annual Saving Total (2)} = \text{Rp. } 19.427.330 + \text{Rp. } 72.446.785 = \text{Rp. } 91.874.115$$

$$\text{O\&M (2)} = \text{Rp. } 3.164.176$$

$$\text{Cost Saving Total (2)} = \text{Rp. } 91.874.115 - \text{Rp. } 3.164.176 = \text{Rp. } 88.709.939$$

$$\text{Discounted Cost (2)} = \frac{3.164.176}{1,09} = \text{Rp. } 2.896.616$$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Discounted Energy (2)} = \frac{68.170}{1,09} = 62.405 \text{ kWh}$$

$$\text{DCP(2)} = \frac{\text{Rp. } 88.709.939}{1,09} + (-\text{Rp. } 570.993.425) = - \text{Rp. } 489.784.723$$

....

Tahun ke-9 (n=9)

$$\text{PV Energy Total (9)} = 19.156 \text{ kWh} + 46.432 \text{ kWh} = 65.588 \text{ kWh}$$

$$\text{Annual Saving Total (9)} = \text{Rp. } 22.988.318 + \text{Rp. } 85.726.127 = \text{Rp. } 108.714.445$$

$$\text{O\&M (9)} = \text{Rp. } 3.840.431$$

$$\text{Cost Saving Total (9)} = \text{Rp. } 108.714.445 - \text{Rp. } 3.840.431 = \text{Rp. } 104.874.014$$

$$\text{Discounted Cost (9)} = \frac{3.840.431}{1,49} = \text{Rp. } 2.580.574$$

$$\text{Discounted Energy (9)} = \frac{65.588}{1,49} = 44.072 \text{ kWh}$$

$$\text{DCP(9)} = \frac{\text{Rp. } 104.874.014}{1,49} + (-\text{Rp. } 35.617.685) = \text{Rp. } 34.852.299$$

....

Tahun ke-25 (n=25)

$$\text{PV Energy Total (25)} = 17.538 \text{ kWh} + 42.511 \text{ kWh} = 60.049 \text{ kWh}$$

$$\text{Annual Saving Total (25)} = \text{Rp. } 33.773.758 + \text{Rp. } 125.946.296 = \text{Rp. } 159.720.054$$

$$\text{O\&M (25)} = \text{Rp. } 5.979.334$$

$$\text{Cost Saving Total (25)} = \text{Rp. } 159.720.054 - \text{Rp. } 5.979.334 = \text{Rp. } 153.740.721$$

$$\text{Discounted Cost (25)} = \frac{5.979.334}{3,02} = \text{Rp. } 1.981.670$$

$$\text{Discounted Energy (25)} = \frac{60.049}{3,02} = 19.901 \text{ kWh}$$

$$\text{DCP(25)} = \frac{\text{Rp. } 153.740.721}{3,02} + \text{Rp. } 900.672.150 = \text{Rp. } 951.624.881$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

NET PRESENT VALUE

Dibawah ini merupakan pendekatan mendapatkan NPV dengan menggunakan rumus (15).

$$NPV = \sum_{n=0}^{25} = -653.864.217 + \frac{86.613.651}{(1+4,52\%)^1} + \frac{88.709.939}{(1+4,52\%)^2} + \dots + \frac{153.740.721}{(1+4,52\%)^{25}}$$

$$= \text{Rp. } 951.624.881$$

LEVELIZED COST OF ENERGY

Dibawah ini merupakan metode pendekatan mendapatkan nilai LCOE dengan menggunakan rumus (16).

$$LCOE = \frac{\frac{653.864.217}{(1+4,52\%)^0} + \frac{3.077.822}{(1+4,52\%)^1} + \frac{3.164.176}{(1+4,52\%)^2} + \frac{5.979.333}{(1+4,52\%)^{25}}}{0 + \frac{68.547}{(1+4,52\%)^1} + \frac{68.170}{(1+4,52\%)^2} + \dots + \frac{60.049}{(1+4,52\%)^{25}}} = \text{Rp. } \frac{781}{\text{kWh}}$$

INTERNAL RATE OF RETURN

Dibawah ini merupakan metode pendekatan mendapatkan nilai IRR dengan menggunakan rumus (17).

$$IRR = NPV = 0 = \frac{-653.864.217}{(1+4,52\%)^0} + \frac{86.613.651}{(1+4,52\%)^1} + \frac{88.709.939}{(1+4,52\%)^2} + \dots + \frac{153.740.720}{(1+4,52\%)^{25}} = 9,76\%$$

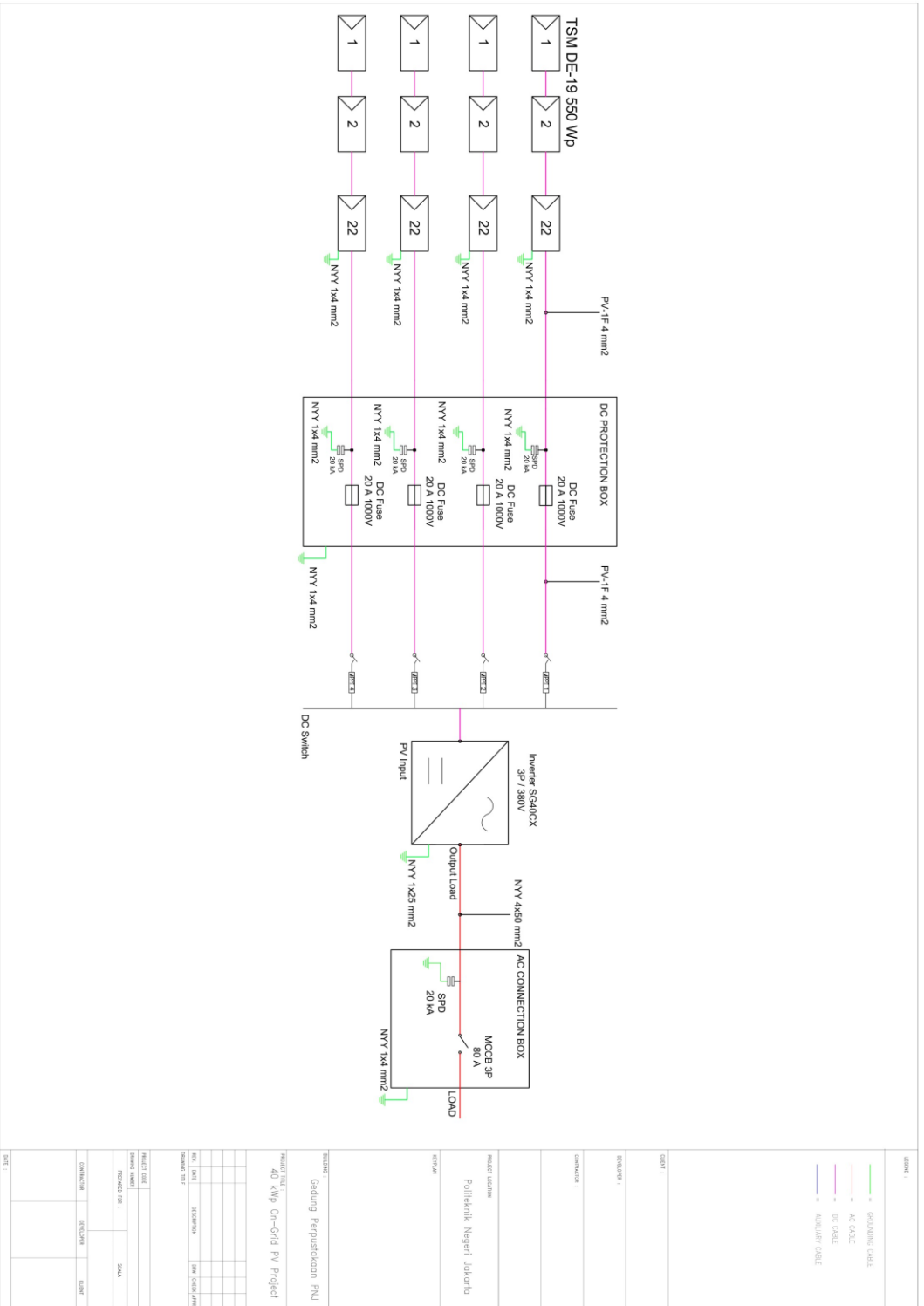
RETURN OF INVESTMENT

Dibawah ini merupakan metode pendekatan mendapatkan nilai RoI dengan menggunakan rumus (18).

$$RoI = \frac{(951.624.881 - 653.864.217)}{653.864.217} \times 100\% = 145,54\%$$



Lampiran 8 Single Line Diagram & Wiring Diagram

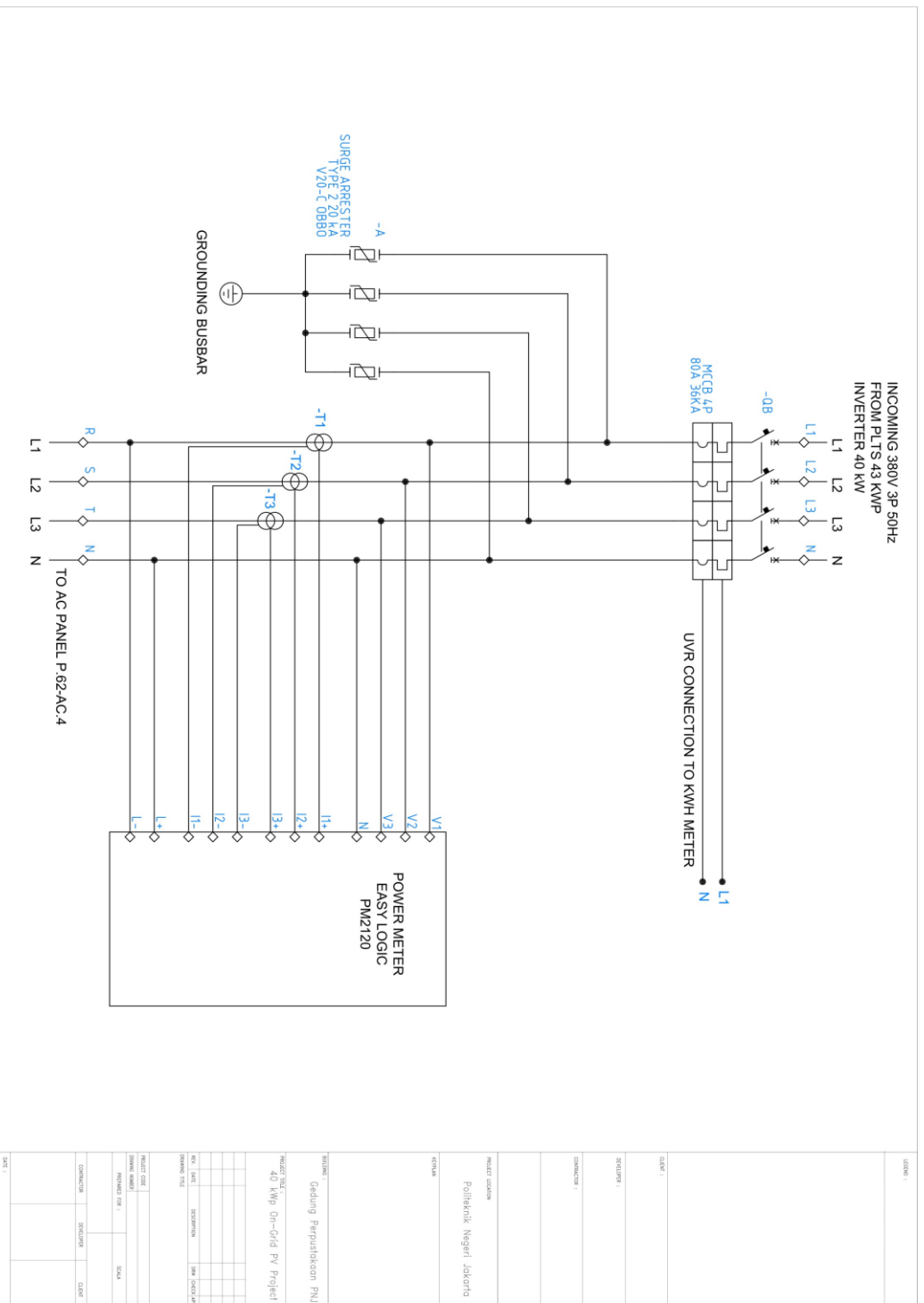


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

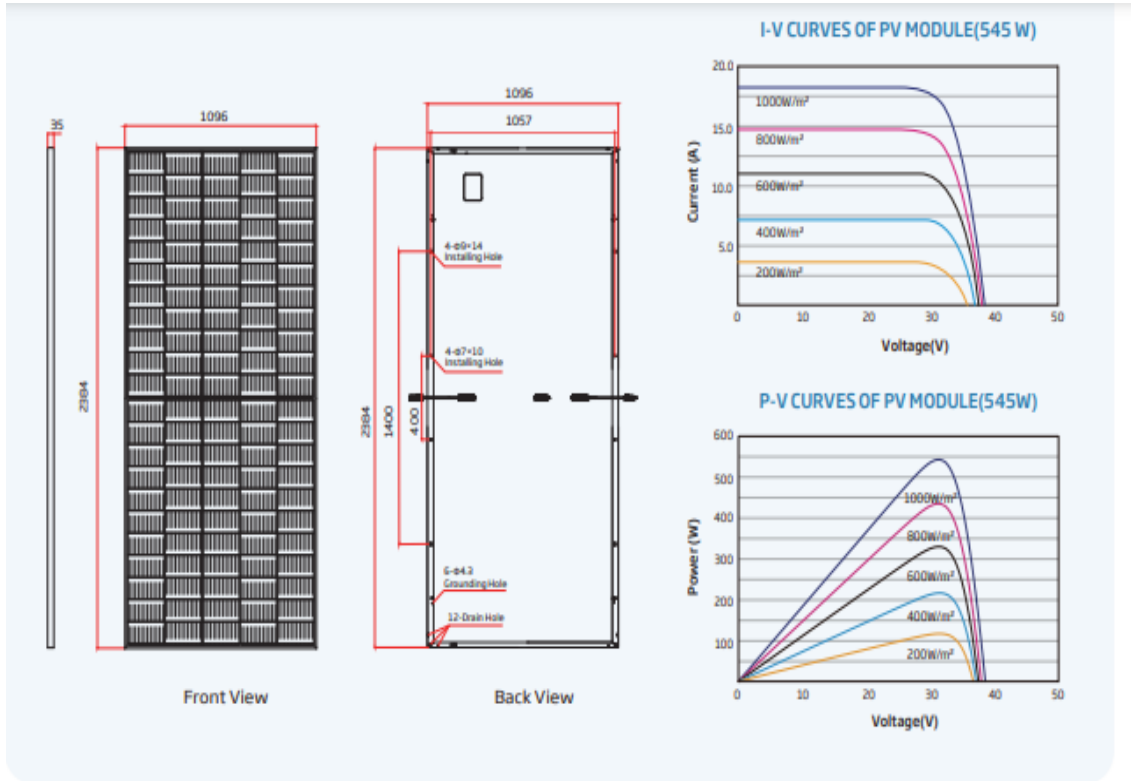
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 9 Datasheet Trina TSM DE-19

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ELECTRICAL DATA (STC)

	530	535	540	545	550	555
Peak Power Watts-P _{max} (Wp)*	530	535	540	545	550	555
Power Tolerance-P _{max} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	30.8	31.0	31.2	31.4	31.6	31.8
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	17.21	17.28	17.33	17.37	17.40	17.45
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	37.1	37.3	37.5	37.7	37.9	38.1
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	18.31	18.36	18.41	18.47	18.52	18.56
Module Efficiency _{STC} (%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±2%

ELECTRICAL DATA (NOCT)

	401	405	409	413	417	420
Maximum Power-P _{max} (Wp)	401	405	409	413	417	420
Maximum Power Voltage-V _{mp} (V)	28.6	28.8	29.0	29.2	29.3	29.5
Maximum Power Current-I _{mp} (A)	14.01	14.06	14.10	14.15	14.19	14.23
Open Circuit Voltage-V _{oc} (V)	35.0	35.1	35.3	35.5	35.7	35.9
Short Circuit Current-I _{sc} (A)	14.76	14.80	14.84	14.88	14.92	14.96

NOCT: irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	110 cells
Module Dimensions	2384×1096×35 mm (93.86×43.15×1.38 inches)
Weight	28.6 kg (63.1 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/PDE
Backsheet	White
Frame	35mm(1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1400/1400 mm(55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVD2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT(Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{max}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V _{oc}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I _{sc}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	30A

WARRANTY

- 12 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Power Warranty
- 2% first year degradation
- 0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 31 pieces
- Modules per 40' container: 620 pieces



Lampiran 10 Datasheet Sungrow SG40CX

Input (DC)	SG33CX	SG40CX	SG50CX
Max. PV input voltage	1100 V		
Min. PV input voltage / Start-up input voltage	200 V / 250 V		
Nominal PV input voltage	585 V		
MPP voltage range	200 – 1000 V		
MPP voltage range for nominal power	550 – 850V		
No. of independent MPP inputs	3	4	5
Max. number of PV strings per MPPT	2		
Max. PV input current	78 A	104 A	130 A
Max. current for input connector	30 A		
Max. DC short-circuit current	120 A	160 A	200 A
Output (AC)			
AC output power	36.3 kVA @ 40 °C / 33 kVA @ 45 °C	44 kVA @ 40 °C / 40 kVA @ 45 °C	55 kVA @ 40 °C / 50 kVA @ 45 °C
Max. AC output current	55.2 A	66.9 A	83.6 A
Nominal AC voltage	3 / N / PE, 230 / 400 V		
AC voltage range	312 – 528 V		
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz		
THD	< 3 % (at nominal power)		
DC current injection	< 0.5 % In		
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging		
Feed-in phases / connection phases	3 / 3		
Efficiency			
Max. efficiency / European efficiency	98.6 % / 98.3 %	98.6 % / 98.3%	98.7 % / 98.4%
Protection			
DC reverse connection protection	Yes		
AC short circuit protection	Yes		
Leakage current protection	Yes		
Grid monitoring	Yes		
DC switch / AC switch	Yes / No		
PV String current monitoring	Yes		
O at night	Yes		
PID recovery function	optional		
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II		
General Data			
Dimensions (W*H*D)	702*595*310mm	782*645*310mm	782*645*310mm
Weight	50 kg	58 kg	62 kg
Isolation method	Transformerless		
Degree of protection	IP66		
Night power consumption	≤ 2 W		
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C (> 45 °C derating)		
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %		
Cooling method	Smart forced air cooling		
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)		
Display	LED, Bluetooth+APP		
Communication	RS485 / Optional: Wi-Fi, Ethernet		
DC connection type	MC4 (Max. 6 mm ²)		
AC connection type	OT or DT terminal (Max.70 mm ²)		
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4105:2018, VDE-AR-N 4110:2018, IEC 61000-6-3, EN 50438, AS/NZS 4777.2:2015, CEI 0-21, VDE 0126-1-1/A1 VFR 2014, UTE C15-712-1:2013, DEWA		
Grid Support	Q at night function, LVVRT, HVVRT_active & reactive power control and power ramp rate control		

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta