



© 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



**ANALISIS TEKNO-EKONOMI DAN PERBANDINGAN
EMISI KARBON PADA SISTEM PLTS *OFF-GRID*
SEBAGAI SUMBER ENERGI SPBKLU *MOBILE* PNJ**

SKRIPSI

Oleh:

Yemima Theofelia Situmorang

NIM. 2202431029

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© 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



**ANALISIS TEKNO-EKONOMI DAN PERBANDINGAN
EMISI KARBON PADA SISTEM PLTS *OFF-GRID*
SEBAGAI SUMBER ENERGI SPBKLU *MOBILE* PNJ**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan
Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Yemima Theofelia Situmorang
NIM. 2202431029

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2026



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Skripsi ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku, atas doa dan dukungannya, serta diriku yang telah bertahan hingga akhir.



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

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI DAN PERBANDINGAN EMISI KARBON
PADA SISTEM PLTS *OFF-GRID* SEBAGAI SUMBER ENERGI SPBKLU
*MOBILE PNJ***

Oleh:

Yemima Theofelia Situmorang

Nim. 2202431029

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh

Pembimbing 1

Dr., Sonki Prasetya, S.T, M.Sc
NIP.197512222008122003

Pembimbing 2

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

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.
NIP. 199107212018032001



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

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS TEKNO-EKONOMI DAN PERBANDINGAN EMISI KARBON
PADA SISTEM PLTS *OFF-GRID* SEBAGAI SUMBER ENERGI SPBKLU
*MOBILE PNJ***

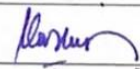
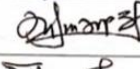
Oleh:

Yemima Theofelia Situmorang
Nim. 2202431029

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 17 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T, M.T, IWE.	Ketua		27/07/2026
2	P . Jannus, S.T, M.T	Anggota 1		24/07/2026
3	Prof. Dr. Tatun Hayatun Nufus, M.Si	Anggota 2		27/07/2026

Depok, 29 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP.197602252000121002



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 : Yemima Theofelia Situmorang

NIM : 2202431029

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan 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 Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 18 Juli 2026



Yemima Theofelia Situmorang
NIM. 2202431029



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

ANALISIS TEKNO-EKONOMI DAN PERBANDINGAN EMISI KARBON PADA SISTEM PLTS *OFF-GRID* SEBAGAI SUMBER ENERGI SPBKLU *MOBILE* PNJ

Yemima Theofelia Situmorang¹, Sonki Prasetya¹, Muslimin¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: yemima.theofelia.situmorang.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis, ekonomi, dan dampak lingkungan dari implementasi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* sebagai sumber energi mandiri untuk Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) *mobile*. Ketergantungan SPBKLU pada jaringan listrik PLN yang didominasi energi fosil memunculkan paradoks emisi, sehingga diperlukan transisi menuju sumber energi terbarukan. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan komparatif, serta divalidasi menggunakan simulasi perangkat lunak PVsyst. Hasil perancangan teknis menunjukkan bahwa sistem membutuhkan kapasitas PLTS sebesar 3,907 kWp yang terdiri dari 13 modul surya 300 Wp, inverter 8 kW, dan 12 unit baterai VRLA 12V 200Ah. Simulasi PVsyst mengonfirmasi keandalan sistem dengan nilai *Solar Fraction* 98,85% dan *Performance Ratio* 67,60%. Dari aspek lingkungan, sistem ini mampu mereduksi emisi karbon operasional secara penuh (0 kg CO₂/tahun) dibandingkan SPBKLU konvensional yang menghasilkan 4.578,43 kg CO₂/tahun. Secara ekonomi, kelayakan investasi terbukti dari nilai *Net Present Value* (NPV) positif sebesar Rp455.107.410, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 38,835%, *Payback Period* (PBP) 2,5 tahun, serta *Levelized Cost of Energy* (LCoE) yang kompetitif sebesar Rp2.342/kWh. Kesimpulannya, SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* ini layak secara teknis, ramah lingkungan, dan menguntungkan secara finansial.

Kata Kunci: PLTS *Off-Grid*, SPBKLU, Emisi Karbon, Analisis Tekno-Ekonomi, Kendaraan Listrik.



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

This study aims to analyze the technical, economic, and environmental feasibility of implementing an off-grid Solar Power Plant (PLTS) system as an independent energy source for a mobile Public Electric Vehicle Battery Swapping Station (SPBKLU). The reliance of SPBKLU on the fossil-dominated PLN grid creates an emission paradox, necessitating a transition to renewable energy sources. A quantitative descriptive method with a comparative approach was utilized, and the system design was validated using PVsyst software simulation. The technical design results indicate a required PLTS capacity of 3.907 kWp, consisting of 13 units of 300 Wp solar modules, an 8 kW inverter, and 12 units of 12V 200Ah VRLA batteries. The PVsyst simulation confirmed the system's reliability with a Solar Fraction of 98.85% and a Performance Ratio of 67.60%. Environmentally, the system fully reduces operational carbon emissions (0 kg CO₂/year) compared to conventional SPBKLU, which produce 4,578.43 kg CO₂/year. Economically, the investment feasibility is proven by a positive Net Present Value (NPV) of Rp455,107,410, an Internal Rate of Return (IRR) of 38.835%, a Payback Period (PBP) of 2.5 years, and a competitive Levelized Cost of Energy (LCoE) of Rp2,342/kWh. In conclusion, the off-grid PLTS-based SPBKLU is technically feasible, environmentally friendly, and financially profitable.

Keywords: *Off-Grid Solar PV, Battery Swapping Station, Carbon Emission, Techno-Economic Analysis, Electric Vehicles.*



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

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih karunia, penyertaan, dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Tekno-Ekonomi dan Perbandingan Emisi Karbon pada Sistem PLTS *Off-Grid* sebagai Sumber Energi SPBKLU *Mobile*" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Syamsu Rizal, S.E., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc., dan Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
5. Kedua orang tua tercinta, papa dan mama serta kakak dan adik penulis yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, perhatian, dan pengorbanan yang tiada henti. Terima kasih atas segala bentuk dukungan, baik moral maupun material, serta kepercayaan yang selalu diberikan kepada penulis dalam setiap proses kehidupan, khususnya selama menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini. Setiap doa, nasihat, dan semangat yang diberikan menjadi sumber kekuatan bagi penulis untuk



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

terus bertahan, bangkit ketika mengalami kesulitan, dan menyelesaikan setiap tahapan dengan sebaik-baiknya. Tanpa doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang telah diberikan, penulis tidak akan mampu menyelesaikan pendidikan dan skripsi ini dengan baik.

6. Bella, Felisa, Betesda, Dhita, Frans, Efraim, Magda, Anggi dan Hotman, sahabat yang sudah seperti keluarga dari penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, serta menjadi tempat berbagi cerita dan keluh kesah selama proses penyusunan skripsi. Terima kasih karena selalu hadir di setiap proses, meluangkan waktu untuk mendengarkan setiap kebingungan dan kesulitan yang penulis hadapi, memberikan semangat ketika penulis merasa putus asa, serta menghadirkan tawa di tengah berbagai tantangan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Kehadiran kalian menjadi pengingat bahwa penulis tidak pernah menjalani perjalanan ini seorang diri.
7. Ica Maulida, Sarah, Aulia, Dinda dan Anisa, yang telah menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, semangat, serta berbagai cerita dan pengalaman yang telah dilalui bersama. Kehadiran kalian telah memberikan warna, kebahagiaan, dan motivasi sehingga perjalanan perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini terasa lebih bermakna.
8. Teman-teman Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses perkuliahan maupun penyusunan skripsi.
9. Kepada seseorang spesial yang namanya tidak tertulis dalam halaman ini, namun dukungan, bantuan, waktu, serta kehadirannya menjadi bagian penting dalam perjalanan penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menemani setiap proses, menjadi tempat berbagi cerita, memberikan semangat di saat penulis merasa lelah, serta selalu meyakinkan penulis bahwa setiap usaha akan membuahkan hasil.



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

10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sistem pembangkit listrik tenaga surya, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Depok, 18 Juli 2026

Yemima Theofelia Situmorang





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 PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Umum.....	3
1.4.2 Tujuan Khusus.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Landasan Teori	7
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	7
2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja dari PLTS	7
2.1.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) <i>Off-Grid</i>	9
2.1.4 Komponen PLTS <i>Off-Grid</i>	10
2.1.5 Perhitungan Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	12
2.1.6 Perhitungan Energi Hasil	17



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

2.1.7	Kinerja Teknis Berbasis <i>Solar Fraction</i>	18
2.1.8	Perhitungan Emisi	18
2.1.9	Perhitungan Biaya	20
2.2	Kajian Literatur	26
2.3	Kajian Sistem	28
2.3.1	Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU).28	
2.3.2	Desain Konstruksi dan Dimensi Mekanikal.....	28
2.3.3	Sistem <i>Battery Swap</i>	29
2.4	Kerangka Berpikir.....	32
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1	Jenis Penelitian.....	34
3.2	Identifikasi Masalah.....	36
3.3	Studi Literatur	38
3.4	Objek Penelitian.....	38
3.5	Metode Pengambilan Sampel.....	40
3.6	Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	40
3.6.1	Data Primer	41
3.6.2	Data Sekunder	41
3.7	Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	42
3.7.1	Potensi Energi Surya di Lokasi Penelitian	42
3.7.2	Penyusunan Profil Beban SPBKLU	44
3.7.3	Perancangan Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	46
3.7.4	Profil Pengisian Baterai Viar Q1	55
3.7.5	Analisis Emisi Karbon.....	56
3.7.6	Analisis Biaya Operasional	57
3.7.7	Analisis Kelayakan Ekonomi	60
3.7.6	Simulasi dan Validasi Sistem Menggunakan PVsyst	65
3.8	Metode Analisa Data.....	67



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 IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	71
4.1 Analisis Perancangan dan Validasi Teknis Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	71
4.1.1 Perancangan Sistem PLTS.....	71
4.1.2 Pemilihan Komponen Sistem PLTS	72
4.1.3 Validasi Perancangan Menggunakan PVsyst	74
4.2 Analisis Komparatif Emisi Karbon dan Biaya Operasional.....	77
4.2.1 Perhitungan Emisi dan Dampak Lingkungan.....	77
4.2.2 Perhitungan Biaya Operasional.....	78
4.2.3 Perbandingan Hasil Emisi dan Biaya Operasional.....	79
4.3 Analisis Kelayakan Ekonomi Sistem PLTS <i>Off-Grid</i>	79
BAB V PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	84
LAMPIRAN	87

**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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Baterai Viar Q1	30
Tabel 3. 1 Hasil observasi sistem	36
Tabel 3. 2 Hasil Observasi dan Identifikasi.....	37
Tabel 3. 3 Spesifikasi DC Universal Battery Charger.....	45
Tabel 3. 4 Estimasi Total Beban Harian SPBKLU Mobile	46
Tabel 3. 5 Tabel Total Energi Harian.....	46
Tabel 3. 6 Spesifikasi Panel Surya	49
Tabel 3. 7 Spesifikasi Inverter MPPT Built In.....	51
Tabel 3. 8 Spesifikasi Battery Bank	53
Tabel 3. 9 Komponen Sistem PLTS Off-Grid	59
Tabel 3. 10 Proyeksi Aliran Kas Terdiskonto.....	62
Tabel 3. 11 Tabel Perhitungan LCoE.....	64
Tabel 4. 1 Hasil Perancangan Sistem PLTS	71
Tabel 4. 2 Pemilihan Komponen Sistem PLTS	72
Tabel 4. 3 Perbandingan Spesifikasi Manual dan Simulasi	75
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Emisi	77
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Biaya Operasional	78
Tabel 4. 6 Perbandingan Emisi dan Biaya.....	79
Tabel 4. 7 Hasil Analisis Ekonomi.....	79

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cara Kerja Sistem PLTS Off-Grid.....	9
Gambar 2. 2 Jenis Panel Surya.....	10
Gambar 2. 3 Inverter MPPT.....	11
Gambar 2. 4 Cabinet Modular Charger.....	28
Gambar 2. 5 Slot Pengisian.....	29
Gambar 2. 6 Baterai Viar Q1.....	30
Gambar 2. 7 Diagram Kerangka Berpikir.....	32
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	35
Gambar 3. 2 Dokumentasi SPBKLU <i>Mobile</i>	36
Gambar 3. 3 Hasil Observasi dan Identifikasi.....	39
Gambar 3. 4 Hasil Observasi dan Identifikasi.....	43
Gambar 3. 5 Hasil Radiasi Matahari dari Solargis.....	43
Gambar 3. 6 Diagram Blok Konfigurasi Sistem Kelistrikan Eksisting.....	44
Gambar 3. 7 DC Universal Battery Charger.....	45
Gambar 3. 8 Diagram Perancangan Sistem PLTS.....	47
Gambar 3. 9 Grafik Profil Pengisian Daya Baterai Viar Q1.....	55
Gambar 3. 10 Tarif Dasar Listrik PLN April-Juni 2026.....	58
Gambar 3. 11 Simulasi Menggunakan PVsyst.....	67

**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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Harga Inverter.....	87
Lampiran 2 Harga Modul Surya.....	87
Lampiran 3 Harga Battery Bank	87
Lampiran 4 Report Simulasi PVsyst.....	88
Lampiran 5 Report Simulasi PVsyst.....	89
Lampiran 6 Report Simulasi PVsyst.....	90
Lampiran 7 Report Simulasi PVsyst.....	91



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

Transisi menuju energi bersih merupakan agenda global mendesak untuk mitigasi perubahan iklim, dengan Indonesia berkomitmen mencapai Net Zero Emission pada tahun 2060, menempatkan sektor transportasi sebagai fokus dekarbonisasi utama (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022; Kementerian ESDM, 2021). Pemerintah mendorong adopsi Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) melalui regulasi seperti Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019, sejalan dengan dominasi sepeda motor sebagai moda transportasi di Indonesia (Asrul & Andrian, 2021).

Meskipun KBLBB menawarkan keunggulan lingkungan, kendala utama adalah durasi pengisian baterai yang lama (Ramadhan et al., 2019). Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) hadir sebagai solusi penggantian baterai cepat, dan kebutuhannya meningkat seiring populasi sepeda motor listrik (Putranto et al., 2025). Namun, mayoritas SPBKLU di Indonesia masih bergantung pada jaringan listrik PLN yang didominasi pembangkit berbahan bakar fosil, menciptakan 'paradoks emisi' di mana emisi karbon hanya berpindah dari sektor transportasi ke sektor energi (Aditya, 2024). Ketergantungan ini juga menghambat pembangunan SPBKLU di daerah terpencil dan berpotensi membebani jaringan listrik nasional dengan proyeksi peningkatan beban puncak pada gardu distribusi hingga 10-15% jika penetrasi kendaraan listrik mencapai target nasional tanpa manajemen beban yang memadai (Ihsan et al., 2020).

Penelitian ini mengusulkan model SPBKLU yang ditenagai sepenuhnya oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* untuk menciptakan siklus energi yang benar-benar bersih. Penelitian ini akan menganalisis kelayakan teknis yaitu perancangan kapasitas PLTS dan sistem penyimpanan baterai serta kelayakan ekonomis seperti *Levelized Cost of Energy* (LCOE), *Payback Period* dan *Net Present Value* dari sistem PLTS *off-grid* sebagai sumber energi mandiri untuk SPBKLU (Hasudungan, 2020; Rahmawati & Hadi, 2021). Selain itu, analisis dampak lingkungan melalui perhitungan reduksi emisi karbon akan menjadi



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

variabel kunci perbandingan dengan SPBKLU konvensional. Data primer akan diolah dari prototipe SPBKLU kolaborasi Politeknik Negeri Jakarta dan PT. Pionir Energi Hijau, didukung data sekunder dari harga pasar komponen, iradiasi matahari (Solargis) dan faktor emisi jaringan listrik (Pathak, et al. 2021).

Penelitian ini memposisikan diri untuk mengisi celah dalam literatur yang ada. Penelitian sebelumnya oleh (Permana, 2022) telah mengkaji PLTS *mobile* untuk SPBKLU. Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui fokus pada optimalisasi sistem untuk layanan baterai kendaraan listrik. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini bersifat multidimensional: (1) secara akademis, menyediakan model analisis tekno-ekonomi yang komprehensif; (2) secara industri, memberikan data kelayakan yang dapat menjadi dasar model bisnis; dan (3) bagi pemerintah, menyajikan bukti kuantitatif mengenai potensi pengurangan emisi dan dukungan terhadap ketahanan energi.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kelayakan teknis dan ekonomis serta dampak lingkungan dari implementasi PLTS *off-grid* sebagai sumber energi untuk SPBKLU. Analisis dalam penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan teknik analisis komparatif. Untuk pemodelan teknis dan optimasi konfigurasi sistem, penelitian ini didukung oleh algoritma optimasi tekno-ekonomi melalui perangkat lunak simulasi standar industri seperti PVsyst. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan sebuah model perancangan yang efisien dan data analisis yang akurat, yang dapat menjadi justifikasi kuat bagi para pemangku kepentingan untuk mengadopsi solusi SPBKLU berbasis energi surya serta dapat berkontribusi dalam mempercepat realisasi ekosistem kendaraan listrik yang tidak hanya modern, tetapi juga benar-benar hijau dan mandiri secara energi.

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

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Analisis kinerja teknis sistem PLTS *off-grid* dalam menyuplai beban harian SPBKLU untuk pengisian baterai kendaraan listrik Viar.
2. Perbandingan nilai emisi dan biaya operasional antara SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* dan SPBKLU konvensional.
3. Analisis kelayakan ekonomi SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* berdasarkan parameter *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE).

1.3 Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja teknis sistem PLTS *Off-Grid* dalam menyuplai kebutuhan energi harian untuk pengisian baterai kendaraan listrik Viar?
2. Bagaimana perbandingan besaran nilai emisi dan biaya operasional yang dihasilkan oleh SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* jika dibandingkan dengan SPBKLU konvensional?
3. Bagaimana tingkat kelayakan investasi sistem SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* tersebut jika diukur menggunakan parameter ekonomi *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE)?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum adalah menganalisis kelayakan teknis, ekonomi, dan dampak lingkungan dari implementasi sistem PLTS *off-grid* sebagai sumber energi mandiri untuk SPBKLU *mobile*.

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

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus adalah:

1. Tersusunnya rancangan parameter teknis sistem PLTS *off-grid* untuk menjamin keandalan suplai harian pengisian baterai motor listrik Viar, serta tervalidasinya kinerja perancangan tersebut menggunakan algoritma simulasi ilmiah berbasis perangkat lunak PVsyst.
2. Diperolehnya data komparatif nilai emisi dan biaya operasional antara SPBKLU berbasis PLTS dan SPBKLU Konvensional.
3. Tersusunnya analisis kelayakan investasi infrastruktur SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* menggunakan metode aliran kas terdiskonto (*Discounted Cash Flow / DCF*) berdasarkan parameter finansial *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Levelized Cost of Energy* (LCOE), serta melengkapinya dengan *Simple Payback Period* (SPP) sebagai landasan dalam pengambilan keputusan strategis.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Fokus penelitian adalah pada Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) yang melayani baterai kendaraan listrik Viar.
2. Analisis teknis dibatasi pada sistem PLTS berkonfigurasi *off-grid* yang bersifat *mobile*, tidak mencakup analisis jika sistem terhubung ke jaringan PLN (*on-grid*).
3. Analisis beban sistem dibatasi pada total konsumsi energi harian, dengan fokus pengujian terbatas pada 8 slot.
4. Studi dilakukan pada Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) *mobile* di Politeknik Negeri Jakarta, dengan data intensitas radiasi matahari melalui *website* Solargis.
5. Analisis kelayakan ekonomi dibatasi pada perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) dengan asumsi harga komponen dan tarif listrik

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

yang berlaku saat penelitian dilakukan serta dengan skema investasi beli putus.

6. Analisis dampak lingkungan dibatasi pada perhitungan potensi reduksi emisi karbon (CO_2) yang dibandingkan dengan faktor emisi dari jaringan listrik nasional (PLN).

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menjadi referensi akademik bagi penelitian selanjutnya mengenai integrasi energi surya pada ekosistem kendaraan listrik di Indonesia.
2. Memperkuat kolaborasi riset dan pengembangan teknologi antara institusi pendidikan dengan dunia industri melalui inovasi teknologi yang aplikatif.
3. Menyajikan bukti kuantitatif mengenai potensi reduksi emisi karbon yang dapat digunakan oleh pemerintah sebagai bahan pertimbangan kebijakan dalam mempercepat target *Net Zero Emission*.
4. Menjadi dasar pertimbangan strategis bagi sektor industri untuk mengevaluasi kelayakan investasi dan efisiensi biaya operasional jangka panjang berdasarkan parameter *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Period* (PBP), dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE).

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini disusun sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------------|---|
| a. BAB I:
Pendahuluan | Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan yang memberikan gambaran tentang struktur keseluruhan skripsi. |
| b. BAB II: Tinjauan
Pustaka | Bab ini berisi landasan teori dan referensi ilmiah yang mendukung penelitian, meliputi |

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

konsep dasar PLTS *off-grid*, sistem penukaran baterai (SPBKLU), karakteristik baterai kendaraan listrik, serta teori analisis tekno-ekonomi (LCOE, NPV, IRR, PBP).

c. BAB III: Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan langkah-langkah sistematis dalam pelaksanaan penelitian, mulai dari diagram alir penelitian, metode pengumpulan data (primer dan sekunder), spesifikasi komponen sistem yang diteliti, hingga teknik analisis data yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian.

d. BAB IV: Hasil dan Pembahasan

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang menyajikan hasil perhitungan rancangan teknis sistem PLTS *off-grid mobile*, hasil analisis perbandingan emisi dan biaya operasional, serta hasil evaluasi kelayakan ekonomi berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Hasil tersebut kemudian dibahas secara mendalam untuk memberikan kesimpulan yang komprehensif.

e. BAB V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang menjawab seluruh pertanyaan penelitian berdasarkan hasil pembahasan, serta saran-saran yang relevan untuk pengembangan penelitian atau implementasi sistem di masa mendatang.

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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, serta analisis tekno-ekonomi yang telah dilakukan terhadap sistem PLTS *off-grid* sebagai sumber energi SPBKLU *mobile* di Politeknik Negeri Jakarta, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil perancangan teknis, kebutuhan kapasitas sistem PLTS *off-grid* untuk memenuhi kebutuhan energi harian SPBKLU adalah sebesar 3,907 kWp dengan konfigurasi 13 modul surya monokristalin 300 Wp, hybrid inverter 8 kW, 12 unit baterai VRLA 12 V 200 Ah, serta MPPT yang memenuhi kebutuhan sistem. Hasil validasi menggunakan perangkat lunak PVsyst menunjukkan konfigurasi yang direkomendasikan menggunakan 14 modul surya, dengan nilai Solar Fraction sebesar 98,85% dan Performance Ratio (PR) sebesar 67,60%. Perbedaan jumlah modul antara perhitungan manual dan simulasi terjadi karena PVsyst memperhitungkan rugi-rugi sistem, kondisi meteorologi, temperatur modul, dan efisiensi komponen secara lebih rinci. Meskipun demikian, hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem PLTS *off-grid* yang dirancang tetap mampu memenuhi kebutuhan energi operasional SPBKLU sehingga dinyatakan layak secara teknis.
2. Hasil analisis komparatif menunjukkan bahwa penerapan sistem PLTS *off-grid* memberikan manfaat dari aspek lingkungan maupun biaya operasional. Selama tahap operasional, SPBKLU berbasis PLTS tidak menghasilkan emisi karbon secara langsung (0 kg CO₂/tahun), sedangkan SPBKLU konvensional menghasilkan emisi sebesar 4.578,43kg CO₂/tahun. Selain itu, biaya operasional tahunan SPBKLU berbasis PLTS hanya sebesar Rp1.281.122, lebih rendah dibandingkan SPBKLU konvensional sebesar Rp7.498.686, sehingga mampu menghemat biaya operasional sebesar Rp6.217.564 per tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan PLTS sebagai sumber energi utama mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus mendukung pengurangan emisi karbon.

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. Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi menggunakan metode *Discounted Cash Flow* (DCF), pembangunan SPBKLU berbasis PLTS *off-grid* dinyatakan layak untuk diimplementasikan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp455.107.410, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 38,835%, yang lebih besar daripada tingkat suku bunga yang digunakan (5,75%), *Simple Payback Period* (SPP) selama 2,5 tahun, serta nilai *Levelized Cost of Energy* (LCOE) sebesar Rp2.342/kWh. Keempat indikator tersebut menunjukkan bahwa investasi sistem PLTS *off-grid* mampu memberikan manfaat ekonomi yang baik selama umur proyek 20 tahun sehingga layak diterapkan sebagai sumber energi SPBKLU *mobile*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya maupun pengembangan sistem, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan implementasi sistem PLTS *off-grid* pada kondisi operasional sebenarnya (*real-time*) dalam jangka waktu yang lebih panjang sehingga kinerja sistem dapat dievaluasi berdasarkan variasi kondisi cuaca, perubahan beban, serta degradasi komponen selama masa operasi.
2. Analisis ekonomi pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan memasukkan berbagai skenario investasi, seperti perubahan harga komponen PLTS, eskalasi tarif listrik, biaya penggantian komponen, serta analisis sensitivitas terhadap tingkat suku bunga sehingga diperoleh gambaran kelayakan investasi yang lebih komprehensif.
3. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan teknologi baterai dengan karakteristik yang lebih baik, seperti baterai lithium, maupun penerapan sistem manajemen energi (*Energy*



© 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

Management System/EMS) untuk meningkatkan efisiensi operasi, keandalan sistem, serta optimalisasi pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh PLTS.

4. Penelitian selanjutnya juga dapat memperluas objek kajian dengan membandingkan penerapan sistem PLTS *off-grid* pada berbagai jenis SPBKLU maupun kapasitas layanan baterai yang berbeda sehingga hasil penelitian memiliki cakupan penerapan yang lebih luas.





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 PUSTAKA

- Aditty, A. P. (2024). *Analisis Kebijakan Pembangunan Ekonomi*.
- Al Bahar, A. K., & Maulana, A. T. (2018). Perencanaan dan Simulasi Sistem PLTS Off-Grid Untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS. *J. Ilm. Elektrokrisna*, 6, 97–107.
- Ardiprawiro. (2021). *Nilai Waktu Pada Uang*.
- Asrul, N. I., & Andrian, D. K. (2021). *Proyeksi Masa Depan Kendaraan Listrik di Indonesia (1)*.
- Gumintang, M. A., Sofyan. M.F, & Sulaeman, I. (2020). *Design and Control of PV Hybrid System in Practice*. www.giz.de
- Halimah, A. S., Dangnga, M. S., Arwan, & Lausu. (2023). *KELAYAKAN FINANSIAL USAHA BUDIDAYA KOI PADA UNIT PEMBENIHAN RAKYAT (UPR) RAMA KOI*.
- Handani, G. P. C., Gumilang, B. S., & Zuroida, A. (2022). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Suplai Daya Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3).
- Harahap, P. (2020). *Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya*.
- Hasudungan, A. B. (2020). *ANALISIS TEKNIK DAN EKONOMI STASIUN PENUKARAN BATERAI KENDARAAN LISTRIK RODA DUA*.
- Ihsan, B., Hamdani, D., & Hariyanto, N. (2020). Pengaruh Strategi Pengisian Daya Terhadap Kenaikan Beban Puncak Akibat Penetrasi Kendaraan Listrik (Charging Strategy Effect on Peak Load Increase Due to Electric Vehicle Penetration). In *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* | (Vol. 9, Number 3).
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Enhanced Nationally Determined Contribution*.
- Kementerian Sumber Daya Mineral. (2020). *Panduan Pengelolaan Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, p. 84.
- Kementrian ESDM. (2021). Ini Prinsip dan Peta Jalan Pemerintah Capai Net Zero Emission. ESDM Republik Indonesia. <https://www.esdm.go.id/Id/Media-Center/Arsip-Berita/Ini-Prinsip-Dan-Peta-Jalan-Pemerintah-Capai-Net-Zero-Emission>.



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

Kementrian Lingkungan Hidup. (2017). *Peraturan Dirjen Pengendalian Perubahan Iklim No. P5/PPI/SET/KUM I/12/2017 Tentang Pedoman Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca Untuk Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat.*

Kencana, B., Prasetyo, B., & Berchmans, H. (2018). *PANDUAN STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TERPUSAT.* www.iced.or.id

Pathak, et al. (2021). *Techno-economic analysis of a solar-powered electric vehicle charging station.*

Permana, A. F. (2022). *Bagian isi - TA Auffanida.*

Pramuja, Y. A., Hermana, R., Mukhtar, A., & Androva, A. (2025). *RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK KEBUTUHAN LISTRIK UMUM DAN POMPA AIR DI DESA DOPLANG KABUPATEN SEMARANG.*

Putranto, R., Hafidz, I., & Faricha, A. (2025). *Analisis Charging Station Berbasis PLTS dengan Sistem Offgrid untuk Kebutuhan.*

Putri, T. W. O., Anggaini, D., Senen, A., & Simamora, Y. (2019). *Sosialisasi dan Simulasi Perhitungan Listrik Prabayar Di Wilayah Petukangan Utara Jakarta Selatan.*

Rahmawati, N., & Hadi, A. (2021). *Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik. Jurnal Energi Dan Kelistrikan, .*

Ramadhan, T., Muhamad, R., & Yuwono, S. (2019). *DESAIN SISTEM PENGELOLAAN STASIUN PENGGANTIAN BATERAI UNTUK SEPEDA MOTOR LISTRIK BERBASIS BATTERY SWAP SYSTEM DESIGN OF BATTERY SWAPPING STATION MANAGEMENT FOR ELECTRIC MOTORCYCLE BASED ON BATTERY.*

Ramadhani, B. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts.*

Ridho, D. A. R., Rusda, & Putra, M. A. (2023). *Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Penerima.*

Saputra, M., Santoso, A. H., Gumilang, S., Chandra, T., & Pratama, A. (2023). *Analisis Pengaruh Suhu dan Partial Shading Terhadap Output Daya PV 100-WP. ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan, 10(2).*



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

Senaen, J. P., Rampengan, A., & Tumimomor, F. (2023). Analisis Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya Di Universitas Negeri Manado. *Jurnal Arjuna : Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Matematika*, 1(6), 220–231. <https://doi.org/10.61132/arjuna.v1i6.327>

Suhendar. (2022). *DASAR-DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA*.

Syaifullah Prasetyo, I., & Seto Wibowo, R. (2025). *Studi Kelayakan Teknis dan Ekonomi Pemasangan PLTS Atap On-Grid Pada Gedung Administrasi PLTU Jawa 7*. 10(8).

Triansyah, F., & Alamsyah, A. T. (2021a). MENENTUKAN BIAYA MINIMUM PENGOPERASIAN STASIUN PENUKARAN BATERAI UNTUK KENDARAAN BERMOTOR LISTRIK RODA DUA. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 6.

Triansyah, F., & Alamsyah, A. T. (2021b). MENENTUKAN BIAYA MINIMUM PENGOPERASIAN STASIUN PENUKARAN BATERAI UNTUK KENDARAAN BERMOTOR LISTRIK RODA DUA. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro* (Vol. 6).

Viranika, S. F., & Nanra, S. (2024). *Analisis Pengaruh Iradiasi Matahari dan Suhu Permukaan terhadap Kinerja Panel Surya pada String Inverter 9 PLTS 1 MWp Batam*. *Syntax Literate*. 9(9). <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i8>

Widiyanto, A., Kato, S., & Maruyama, N. (n.d.). *Environmental Impact Analysis of Indonesian Electric Generation Systems*.

Zuhri, M. S., Jamaluddin, J., Ayuni, S. D., & Anshory, I. (2024). BESS Revolutionizes Renewable Stability in Indonesia. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 25(3). <https://doi.org/10.21070/ijins.v25i3.1158>

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

LAMPIRAN

Home > Komputer & Laptop > Komponen Komputer > UPS > ZAMDON Frekuensi Tinggi 8.3KW 4...



ZAMDON Frekuensi Tinggi 8.3KW 48V ON & Off grid hybrid solar inverter dengan built-in 150A DUAL MPPT Garansi Satu Tahun - Tanpa Wifi Dongle
Terjual 3 • ★ 5 (2 rating)

Rp10.373.845

Pilih dengan wifi dongle: Tanpa Wifi Dongle

☐ Dengan Wifi Dongle

☒ Tanpa Wifi Dongle

Detail Produk

Spesifikasi

Info Penting

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 15 kg
Min. Beli: 1 Buah
Kategori: **UPS**
Etalase: **Semua Etalase**

Lampiran 1 Harga Inverter

Home > Pertukangan > Tenaga Surya > Solar Panel > SOLANA SOLAR CELL/PANEL SURYA/SOLA...



SOLANA SOLAR CELL/PANEL SURYA/SOLAR PANEL MONOCRYSTALLINE 24V 300WP
Terjual 17 • ★ 5 (1 rating)

Rp2.310.000

Detail Produk

Info Penting

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 25 kg
Min. Beli: 1 Buah
Kategori: **Solar Panel**
Etalase: **solar panel**
Spesifikasi :
- Max Power (Pmax) : 300 W
- Max-power Voltage (Vmp) : 32,7 V
- Max-Power Current (Imp) : 9,17A
- Open-Circuit Voltage (Voc) : 39,3 V
- Short-Circuit Current (Isc) : 9,72A
- Efisiensi Modul : 18,44%
- Operating Temperature : 47C...
[Lihat Selengkapnya](#)

Lampiran 2 Harga Modul Surya

Home > Pertukangan > Tenaga Surya > Solar Panel > KIJU JM12-200 12V 200Ah C20 VRLA Deep...



KIJU JM12-200 12V 200Ah C20 VRLA Deep Cycle Battery Aki Kering
2 barang berhasil terjual

Rp4.199.000

Detail Produk

Info Penting

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 60 kg
Min. Beli: 1 Buah
Kategori: **Solar Panel**
Etalase: **Battery KIJU**
Deskripsi ProdukSpesifikasi Battery
Model: KIJU JM12-200
Tegangan: 12V
Kapasitas: 200Ah
Tipe: C20 VRLA Deep Cycle Battery
Jenis: Aki Kering

Lampiran 3 Harga Battery Bank



© 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



PVsyst V8.1.3

VC0, Simulation date:
23/06/26 11:51
with V8.1.3

Project: Simulasi SPBKLU

Variant: Simulasi SPBKLU

Project summary			
Geographical Site Gedung M Indonesia	Situation	Project settings	
	Latitude	-6.3725 °(S)	Albedo 0.20
	Longitude	106.8251 °(E)	
	Altitude	69 m	
		Time zone	UTC+7
Weather data Gedung M NASA POWER satellite data 2001-2020 - Synthetic			

System summary			
Standalone system		Standalone system with batteries	
Orientation #1		User's needs	
Fixed plane		Daily household consumers	
Tilt/Azimuth		Constant over the year	
5 / 0 °		Average 14.0 kWh/Day	
System information			
PV Array		Battery pack	
Nb. of modules	14 units	Technology	Lead-acid, sealed, AGM
Pnom total	4200 Wp	Nb. of units	12 units
		Voltage	48 V
		Capacity	600 Ah

Results summary					
Simulation step	Hourly				
Useful energy from solar	5053.9 kWh/year	Specific production	1203 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	67.57 %
Missing Energy	60.4 kWh/year	Available solar energy	6240.6 kWh/year	Solar Fraction SF	98.81 %
Excess (unused)	1050.8 kWh/year				

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	5
Main results	6
Loss diagram	7
Predef. graphs	8

Lampiran 4 Report Simulasi PVsyst

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



PVsyst V8.1.3
VC0, Simulation date:
23/06/26 11:51
with V8.1.3

Project: Simulasi SPBKLU

Variant: Simulasi SPBKLU

Main results

Simulation step

Hourly

System Production

Useful energy from solar 5053.9 kWh/year
Available solar energy 6240.6 kWh/year
Excess (unused) 1050.8 kWh/year

Loss of Load

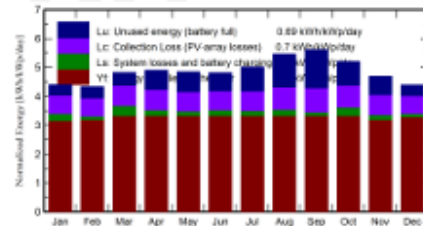
Time Fraction 0.3 %
Missing Energy 60.4 kWh/year

Perf. Ratio PR 67.57 %
Solar Fraction SF 98.81 %

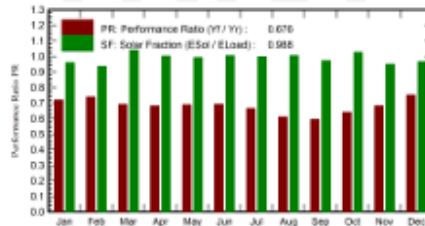
Battery ageing (State of Wear)

Cycles SOW 96.1 %
Static SOW 80.0 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	139.5	131.4	475.0	46.0	22.13	412.2	434.4	0.959
February	122.8	117.2	422.5	45.3	16.00	376.3	392.3	0.935
March	149.2	144.7	521.7	57.2	0.00	434.4	434.4	1.041
April	144.0	142.6	514.1	82.1	0.00	420.4	420.4	1.001
May	144.9	145.7	529.8	88.3	0.00	434.4	434.4	0.993
June	138.0	140.0	510.9	78.4	0.00	420.4	420.4	1.005
July	149.0	150.9	550.3	107.3	0.00	434.4	434.4	0.998
August	164.2	164.6	596.6	147.7	0.00	434.4	434.4	1.004
September	166.4	164.1	588.2	165.8	0.00	420.4	420.4	0.973
October	162.5	156.9	564.7	106.5	0.00	434.4	434.4	1.026
November	143.5	135.9	489.0	78.8	17.18	403.2	420.4	0.949
December	139.7	131.2	477.8	47.3	5.14	429.2	434.4	0.966
Year	1763.8	1725.3	6240.6	1050.8	60.44	5053.9	5114.4	0.988

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
E_Avail Available Solar Energy
EUnused Unused energy (battery full)
E_Miss Missing energy

E_User Energy supplied to the user
E_Load Energy need of the user (Load)
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)

Lampiran 5 Report Simulasi PVsyst

Hak Cipta :

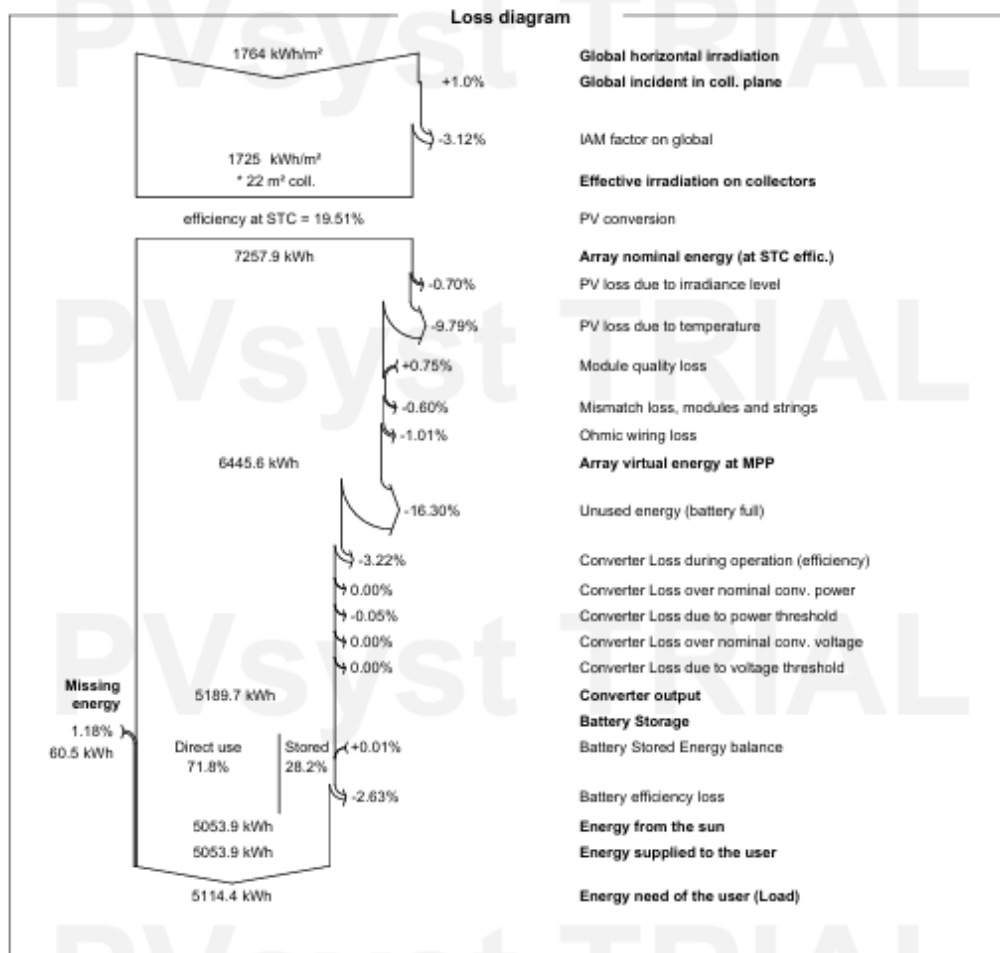
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



PVsyst V8.1.3
VCO, Simulation date:
23/06/26 11:51
with V8.1.3

Project: Simulasi SPBKLU

Variant: Simulasi SPBKLU



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



PVsyst V8.1.3

VC0, Simulation date:
23/06/26 11:51
with V8.1.3

Project: Simulasi SPBKLU

Variant: Simulasi SPBKLU

General parameters			
Standalone system		Standalone system with batteries	
Simulation step			
Hourly			
Orientation #1		Models used	
Fixed plane		Transposition	
Tilt/Azimuth		Diffuse	
5 / 0 °		Circumsolar	
		Perez	
		Perez, Meteonorm	
		separate	
		User's needs	
		Daily household consumers	
		Constant over the year	
		Average	
		14.0 kWh/Day	

PV Array Characteristics			
PV module		Controller	
Manufacturer		Universal controller	
Model		Technology	
Mono 300 Wp 64 cells		MPPT converter	
(Custom parameters definition)		Temp coeff.	
Solana_Mono_300W.PAN		-5.0 mV/°C/Elem.	
Unit Nom. Power		Converter	
300 Wp		Maxi and EURO efficiencies	
Number of PV modules		98.0 / 96.5 %	
14 units		Battery Management control	
Nominal (STC)		Threshold commands as	
4200 Wp		SOC calculation	
Modules		Charging	
7 units x 2 In series		SOC = 0.90 / 0.75	
At operating cond. (50°C)		approx.	
Pmpp		54.5 / 49.5 V	
3785 Wp		Discharging	
U mpp		SOC = 0.20 / 0.45	
64 V		approx.	
I mpp		45.1 / 48.3 V	
60 A			
Total PV power			
Nominal (STC)		4.20 kWp	
Total		14 modules	
Module area		21.6 m²	
Cell area		19.4 m²	

Battery Storage	
Battery	
Manufacturer	
Generic	
Model	
Open 12V / 200 Ah	
Technology	
Lead-acid, sealed, AGM	
Nb. of units	
3 in parallel x 4 in series	
Discharging min. SOC	
20.0 %	
Stored energy	
23.0 kWh	
Battery Pack Characteristics	
Voltage	
48 V	
Nominal Capacity	
600 Ah (C10)	
Temperature	
Fixed 20 °C	

Array losses			
Thermal Loss factor		DC wiring losses	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	
Uc (const)		18 mΩ	
20.0 W/m²K		Loss Fraction	
Uv (wind)		1.50 % at STC	
0.0 W/m²K/m/s		Module Quality Loss	
		Loss Fraction	
		-0.75 %	
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss	
Loss Fraction		Loss Fraction	
0.50 % at MPP		0.10 %	

Lampiran 7 Report Simulasi PVsyst