



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

# LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN ANALISIS KETIDAKSESUAIAN KETERSEDIAAN BATERAI SIAP PAKAI TERHADAP PROFIL PERMINTAAN PADA BATTERY SWAP STATION



Disusun Oleh :

**I Made Yudi Esa Taruna      2202431012**

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

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

**2025**

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



©  
H

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

**LEMBAR PENGESAHAN KAMPUS**  
**LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN**  
**PT. PIONIR ENERGI HIJAU**

**DENGAN JUDUL:**  
**“ANALISIS KETIDAKSESUAIAN KETERSEDIAAN BATERAI SIAP PAKAI TERHADAP**  
**PROFIL PERMINTAAN PADA BATTERY SWAP STATION”**

Disusun oleh:

Nama/NIM : I Made Yudi Esa Taruna / 2202431012  
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin / Teknologi Rekayasa Konversi Energi  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Jakarta  
Waktu : 4 Agustus 2025 – 5 Desember 2025

Telah diperiksa dan disetujui tanggal:

12 Januari 2026

Mengetahui,

Kepala Program Studi  
Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M. T

NIP. 199107212018032001

Dosen Pembimbing  
Praktik Kerja Lapangan

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

NIP. 197512222008121003

Menyetujui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

D. Fandi Zamuri, S.T., M.Si

NIP. 197602252000121002



©  
H

## LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN LAPORAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN

Dengan Judul

### ANALISIS KETIDAKSESUAIAN KETERSEDIAAN BATERAI SIAP PAKAI TERHADAP PROFIL PERMINTAAN PADA BATTERY SWAP STATION

Nama / NIM : I Made Yudi Esa Taruna / 2202431012  
Jurusan / Prodi : Teknik Mesin / D4 TRKE  
Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Jakarta  
Tanggal Praktik : 04 Agustus 2025 – 05 Desember 2025

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal :

Mengetahui,

Mentor Perusahaan

PT. Pionir Energi Hijau



Irwan Sukma

Chief Operating Officer

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

## KATA PENGANTAR

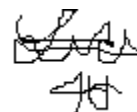
Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, hikmat, serta perlindungan dan bimbingan-Nya, sehingga laporan Praktik Kerja Lapangan (PKL) ini dapat disusun dan diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Program Praktik Kerja Lapangan (Magang) merupakan salah satu kegiatan akademik yang diselenggarakan setiap tahun oleh Politeknik Negeri Jakarta dengan tujuan memberikan pengalaman kerja secara langsung kepada mahasiswa. Melalui program ini, saya memperoleh kesempatan untuk menerapkan teori yang telah dipelajari di kampus ke dalam praktik nyata di dunia industri. Saya berharap pelaksanaan PKL ini memberikan manfaat tidak hanya bagi saya pribadi, tetapi juga bagi perusahaan tempat saya menjalani praktik.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, dan semangat selama proses PKL maupun dalam penyusunan laporan ini, di antaranya:

1. Ibu, Bapak serta keluarga saya yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menjalani kegiatan magang industri di PT. Pionir Energi Hijau.
2. Bapak Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing di Politeknik Negeri Jakarta yang membantu saya dalam menyelesaikan laporan praktik kerja lapangan ini.
3. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
4. Ibu Arifia Eka Yuliana, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi di Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Irwan Sukma, atas bimbingan teknis dan arahan operasional yang diberikan.
6. Bapak Kemal Rifky, selaku pimpinan di PT Pionir Energi Hijau
7. Seluruh tim PT Pionir Energi Hijau, yang telah membantu dalam proses pembelajaran di lapangan.

Akhir kata, saya berharap kegiatan PKL ini dapat mempererat kerja sama antara mahasiswa, dosen pembimbing, dan perusahaan, serta memberikan kesan dan kontribusi positif selama pelaksanaannya. Semoga laporan kerja praktik ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembaca.

Depok, 05 Desember 2025



I Made Yudi Esa Taruna



### 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



Hak Cipta

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
DAFTAR SIMBOL .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Praktik Kerja Lapangan .....	1
1.2 Tujuan Praktik Kerja Lapangan.....	2
1.3 Manfaat Praktik Kerja Lapangan .....	2
1.4 Ruang Lingkup Praktik Kerja Lapangan.....	2
BAB II TINJAUAN PERUSAHAAN .....	3
2.1 Sejarah Umum Perusahaan.....	3
2.2 Logo Perusahaan .....	3
2.3 Visi dan Misi Perusahaan.....	4
2.3.1 Visi Perusahaan.....	4
2.3.2 Misi Perusahaan .....	4
2.4 Nilai-Nilai Perusahaan .....	4
2.5 Struktur Organisasi .....	5
BAB III PELAKSANAAN KEGIATAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN.....	6
3.1 Bentuk Kegiatan Praktik Kerja Lapangan .....	6
3.2 Gambaran Umum Sistem Battery Swap Station (BSS).....	6
3.3 Karakteristik Operasional dan Permintaan Penukaran .....	7
3.4 Profil Ketersediaan Energi (PV & Grid PLN) .....	9
3.4.1 Karakteristik Iradiansi Matahari dan Parameter Cuaca .....	9
3.4.2 Profil Produksi Energi PLTS di Lokasi Magang.....	9
3.4.3 Interaksi dengan Jaringan Listrik PLN.....	10
3.5 Definisi Kondisi Operasional Eksisting (Baseline) .....	10
3.6 Metodologi Diagnosis Akar Permasalahan .....	11
3.6.1 Identifikasi Masalah.....	11
3.6.2 Analisis Akar Masalah ( <i>Root Cause Analysis</i> ) .....	12
3.6.3 Indikator Keberhasilan Solusi dan Kriteria Pemilihan.....	13
3.7 Synthetic Data Generation .....	13
3.7.1 Pemodelan Profil Permintaan (Non-Homogeneous Poisson Process) .....	13

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

3.7.2	Pemodelan Produksi Energi PLTS .....	14
3.8	Formulasi Model Penjadwalan.....	14
3.9	Skema Simulasi dan Skenario Pengujian.....	16
3.9.1	Skema Simulasi Operasional .....	16
3.9.2	Skenario Pengujian .....	16
3.9.3	Indikator Kinerja dan Metode Evaluasi .....	17
3.9.4	Visualisasi Hasil Optimasi .....	17
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	18
4.1	Analisis Karakteristik Data Masukan .....	18
4.1.1	Profil Permintaan Penukaran Baterai (Stochastic Demand) .....	18
4.1.2	Profil Produksi Energi PLTS dan Harga Grid .....	20
4.1.3	Parameter Fisik dan Asumsi Sistem.....	20
4.2	Diagnosis Akar Permasalahan (Analisis Kondisi Baseline).....	21
4.2.1	Analisis Tingkat Pemenuhan Permintaan Baterai .....	21
4.2.2	Identifikasi Waktu Terjadinya Kegagalan (Time of Failure).....	21
4.2.3	Inefisiensi Pemanfaatan Energi PLTS dan Ketidaksinkronan Temporal .....	23
4.3	Analisis Perbandingan Performa (Baseline vs LP Optimal) .....	24
4.3.1	Analisis Ketersediaan Baterai (Service Level) .....	24
4.3.2	Analisis Efisiensi Biaya.....	25
4.3.3	Penjadwalan Model LP Optimal.....	26
BAB V	PENUTUP.....	28
5.1	Kesimpulan .....	28
5.2	Saran .....	28
DAFTAR PUSTAKA	.....	29
LAMPIRAN	.....	31



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Logo PT Pionir Energi Hijau .....	3
Gambar 3. 1 BSS 8 Slot .....	6
Gambar 3. 2 Single Line Diagram Sistem BSS .....	7
Gambar 3. 3 Simulasi Demand saat hari kerja.....	8
Gambar 3. 4 Rata-rata permintaan baterai taxi listrik dalam waktu 100 hari .....	8
Gambar 3. 5 Hubungan Intensitas Radiasi Matahari dengan Parameter Cuaca .....	9
Gambar 3. 6 Grafik Produksi Energi PLTS pada Battery Swap Station.....	10
Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Permintaan dengan $\lambda$ tinggi di sore hari .....	19
Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Permintaan dengan $\lambda$ tinggi di siang hari.....	19
Gambar 4. 3 Grafik jumlah permintaan baterai dan produksi energi PLTS.....	20
Gambar 4. 4 Grafik Demand vs Served + Antrean pada model Baseline.....	21
Gambar 4. 5 Grafik Jumlah Kegagalan Layanan Terhadap Waktu (dalam 24 jam) ....	22
Gambar 4. 6 Grafik Profil Konsumsi Energi & Ketersediaan Baterai.....	23
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Jumlah Kegagalan Baseline vs LP.....	24
Gambar 4. 8 Grafik Profil Energi Optimasi: Pre-Charging & Load Shifting .....	25
Gambar 4. 9 Grafik Dinamika Penyimpanan Energi Baterai .....	26
Gambar 4. 10 Jadwal Slot BSS dengan model LP .....	27

### 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 3. 1 Perbandingan Biaya Energi Surya dengan PLN dalam 20 tahun.....	10
Tabel 4. 1 Laju permintaan rata-rata pada data demand simulasi.....	18
Tabel 4. 2 Ringkasan Hasil Simulasi Model Baseline .....	21
Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Baseline vs LP .....	25



**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. Kunjungan Ke Pabrik Livoltek.....	31
Lampiran 2. Troubleshooting dengan PT Prasimax.....	31
Lampiran 3. Fungsi Untuk Simulasi Model Dengan Python.....	32
Lampiran 4. Prototype Control & Monitoring di e-dashboard .....	32
Lampiran 5. Surat balasan permohonan magang .....	33
Lampiran 6. Surat keterangan selesai magang industri .....	34
Lampiran 7. Lembar Asistensi .....	35
Lampiran 8. Kesan industri terhadap para praktikan .....	36
Lampiran 9. Lembar penilaian industri halaman 1 .....	37
Lampiran 10. Lembar penilaian industri halaman 2 .....	38
Lampiran 11. Logbook halaman 1 .....	39
Lampiran 12. Logbook halaman 2 .....	40
Lampiran 13. Logbook halaman 3 .....	41

© 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



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
$Z$	Fungsi objektif (Total Profit harian)	Rp
$P_{swap}$	Harga layanan per satu kali penukaran baterai	Rp/swap
$N_{swap,t}$	Jumlah permintaan penukaran baterai pada jam ke-t	Unit
$C_{grid,t}$	Tarif listrik dari jaringan PLN pada jam ke-t	Rp/kWh
$E_{grid,t}$	Energi listrik yang dibeli dari jaringan PLN pada interval jam	kWh
$E_{pv,t}$	Energi listrik yang dihasilkan dari PLTS pada interval jam	kWh
$E_{batt,t}$	Total energi yang tersimpan dalam rak stasiun pada jam ke-t	kWh
$E_{swap,t}$	Energi yang keluar dari stasiun akibat proses penukaran	kWh
$P_{pv,t}$	Daya keluaran dari sistem PLTS pada jam ke-t	kW
$P_{grid,t}$	Daya yang ditarik dari jaringan PLN pada jam ke-t	kW
$P_{available,t}$	Batas daya maksimum PLTS yang tersedia berdasarkan iradiasi	kW
$P_{ch,max}$	Kapasitas daya pengisian maksimal stasiun (beban total)	kW
$G_t$	Iradiasi matahari pada permukaan panel	$W/m^2$
$A$	Luas total area permukaan panel surya	$m^2$
$\eta_{total}$	Efisiensi sistem PLTS keseluruhan (panel, inverter, kabel)	%
$\eta_{ch}$	Efisiensi pengisian daya baterai ( <i>charging efficiency</i> )	%
$\lambda(t)$	Laju intensitas kedatangan pengguna pada interval waktu t	Req/jam
$m(T)$	Nilai harapan jumlah kedatangan pada interval waktu T	Unit

### 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

$E_{min}$	Batas minimum energi tersimpan (batas aman 20% SoC)	kWh
$E_{max}$	Kapasitas energi maksimum seluruh baterai dalam stasiun	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 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Praktik Kerja Lapangan

Praktik Kerja Lapangan (PKL) merupakan kegiatan wajib bagi mahasiswa semester 7 di Politeknik Negeri Jakarta. Program ini bertujuan untuk memberikan mahasiswa pengalaman dan pemahaman praktis di dunia kerja, sehingga teori yang telah dipelajari di perkuliahan dapat diterapkan dalam lingkungan industri yang nyata. Pada periode PKL ini, penulis ditempatkan di PT Pionir Energi Hijau, sebuah perusahaan yang berfokus pada pengembangan sistem energi terbarukan, digitalisasi energi, serta integrasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi operasional. Dalam kegiatan PKL, penulis terlibat dalam beberapa proyek strategis, salah satunya pengembangan sistem Battery Swap Station (BSS) beserta infrastruktur perangkat lunak pendukungnya, seperti sistem *e-dashboard* energi dan platform monitoring serta kontrol operasional.

Pengembangan BSS yang dikerjakan di PT Pionir Energi Hijau tidak terlepas dari konteks transisi energi dan percepatan adopsi kendaraan listrik di Indonesia. Pemerintah melalui berbagai regulasi, seperti Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai, menargetkan populasi sekitar 2 juta mobil listrik dan 13 juta sepeda motor listrik pada tahun 2030. Untuk mendukung target tersebut, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mendorong percepatan pembangunan infrastruktur pengisian daya, termasuk Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) dan Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik (SPBKLU). Sistem Battery Swap Station menjadi salah satu solusi penting karena mampu mengurangi waktu pengisian energi dari skala 2-4 jam menjadi hanya beberapa menit, sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna kendaraan roda dua berbasis listrik di kawasan perkotaan yang padat (Kementerian ESDM, 2024; Kementerian ESDM, 2022).

Namun, dalam implementasinya, BSS harus mampu menyediakan baterai siap pakai setiap kali pengguna datang melakukan penukaran. Selama PKL, penulis ditempatkan pada BSS yang menggunakan dua sumber energi, yaitu PLTS sebagai sumber energi terbarukan dan jaringan PLN sebagai pasokan pendukung. Kondisi operasional yang diamati menunjukkan bahwa ketersediaan energi dari PLTS bersifat bergantung pada waktu dan cuaca, dengan produksi energi yang terkonsentrasi pada rentang waktu tertentu dalam sehari, sementara di luar periode tersebut kontribusi PLTS menurun secara signifikan. Di sisi lain, permintaan penukaran baterai bersifat dinamis dan tidak merata sepanjang hari, dengan rata-rata permintaan sebesar 3 unit/jam dan puncak permintaan yang dapat mencapai 12 unit/jam pada jam-jam tertentu (Kemal Rifky, 2025). Berdasarkan asumsi dari PT Pionir Energi Hijau, ketidaksesuaian antara waktu terjadinya permintaan penukaran dan ketersediaan baterai siap pakai menyebabkan sekitar 25% dari total permintaan tidak dapat dilayani secara optimal, terutama pada periode ketika proses pengisian baterai masih berlangsung (Kemal Rifky, 2025). Kondisi ini berdampak pada peningkatan waktu tunggu



pengguna serta potensi kehilangan transaksi layanan, yang pada akhirnya menurunkan kualitas layanan dan berpotensi mengurangi pendapatan operasional BSS.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan evaluasi terhadap kebijakan penjadwalan pengisian baterai agar proses pengisian lebih selaras dengan pola permintaan penukaran serta kondisi ketersediaan energi dari PLTS dan PLN. Fokus kegiatan PKL ini diarahkan pada analisis hubungan antara profil permintaan, ketersediaan energi (PLTS–PLN), dan kapasitas pengisian terhadap ketersediaan baterai siap pakai dan pendapatan layanan. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar untuk merancang penjadwalan pengisian baterai yang lebih terarah sesuai batasan teknis sistem, sehingga operasi BSS dapat menjaga kesiapan baterai tanpa mengabaikan kondisi pasokan energi yang berubah sepanjang waktu.

## 1.2 Tujuan Praktik Kerja Lapangan

1. Mengidentifikasi dan menganalisis akar permasalahan dominan yang menyebabkan ketidaksesuaian antara profil permintaan penukaran baterai dan ketersediaan baterai siap pakai pada Battery Swap Station, yang diukur melalui tingkat pemenuhan permintaan dan waktu terjadinya kekurangan baterai siap pakai.
2. Merancang skema penjadwalan pengisian baterai untuk memitigasi ketidaksesuaian tersebut guna meningkatkan ketersediaan baterai dan pendapatan layanan, dengan menggunakan skenario operasional tanpa penjadwalan terencana sebagai nilai pembanding.

## 1.3 Manfaat Praktik Kerja Lapangan

- Mengasah kemampuan pemodelan matematis (*mathematical modeling*) dan penggunaan *solver* optimasi dalam penyelesaian masalah yang nyata.
- Menambah pengetahuan dan pengalaman mengenai battery swap station, khususnya terkait mekanisme operasional dan pengambilan keputusan penjadwalan pengisian dan penukaran baterai.
- Melatih kemampuan perencanaan, analisis, dan *problem solving* dalam mengerjakan proyek yang mengintegrasikan aspek teknik energi dan pengembangan perangkat lunak.

## 1.4 Ruang Lingkup Praktik Kerja Lapangan

Praktik Kerja Lapangan dilaksanakan pada:

Tanggal : 4 Agustus 2025 – 5 Desember 2025

Tempat : PT. Pionir Energi Hijau

Bidang Kerja : Perancangan

Deskripsi Kerja : Merancang penjadwalan untuk pengisian baterai pada BSS

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

## BAB II TINJAUAN PERUSAHAAN

### 2.1 Sejarah Umum Perusahaan

PT Pionir Energi Hijau, yang secara komersial dikenal dengan nama 360energy, merupakan perusahaan teknologi energi yang berfokus pada akselerasi transisi energi berkelanjutan di Indonesia. Didirikan sebagai respons terhadap tantangan perubahan iklim dan kebutuhan dekarbonisasi industri, perusahaan ini telah berkembang menjadi integrator solusi energi bersih yang komprehensif.

Sejarah perusahaan bermula dari visi untuk menjembatani kesenjangan antara potensi energi terbarukan Indonesia yang melimpah dengan adopsi teknologi yang masih rendah. Dalam perjalanannya, 360energy tidak hanya berfokus pada instalasi fisik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), tetapi juga mengembangkan ekosistem digital (*energy digitalization*) untuk memastikan efisiensi dan keandalan sistem (Kemal, 2025).

Perusahaan memposisikan diri sebagai mitra strategis bagi sektor komersial, industri, dan pemerintah dalam mencapai target Net Zero Emissions 2060. Dengan portofolio yang mencakup pengembangan infrastruktur kendaraan listrik (Electric Vehicle Infrastructure), sistem manajemen energi berbasis Internet of Things (IoT), hingga solusi agrivoltaik (Solar BioFloc), PT Pionir Energi Hijau kini menjadi salah satu pemain kunci dalam ekosistem ekonomi hijau nasional.

### 2.2 Logo Perusahaan



Gambar 2. 1 Logo PT Pionir Energi Hijau

(Sumber: 360energy.io, 2025)

Filosofi Logo:



Logo resmi PT Pionir Energi Hijau ditampilkan pada Gambar 2.1. Logo tersebut dirancang dengan konsep visual yang modern dan dinamis untuk mencerminkan komitmen perusahaan dalam menyediakan solusi energi bersih dan berkelanjutan.

Desain logo terdiri dari dua elemen utama: sebuah ikon lingkaran bertekstur gradasi biru-turquoise yang mengandung angka “360” berwarna putih, serta tulisan “energy” dalam font sans-serif yang ramping dan bersih. Di bagian bawah, terdapat banner berbentuk oval dengan tulisan “PT Pionir Energi Hijau” sebagai identifikasi legal perusahaan.

Penggunaan warna biru dan turquoise pada lingkaran melambangkan kebersihan, teknologi, dan sumber daya alam yang berkelanjutan, sejalan dengan fokus perusahaan pada energi hijau. Angka “360” tidak hanya menunjukkan kelengkapan atau cakupan penuh layanan, tetapi juga mengisyaratkan pendekatan holistik dan menyeluruh dalam memberikan solusi energi yang ramah lingkungan (Irwan, 2025).

## 2.3 Visi dan Misi Perusahaan

Sebagai arah penunjuk jalan dalam setiap pengambilan keputusan strategis, PT Pionir Energi Hijau menetapkan visi dan misi sebagai berikut:

### 2.3.1 Visi Perusahaan

"Menjadi perusahaan energi hijau terdepan di Indonesia yang mendorong percepatan transisi menuju energi bersih dan masa depan berkelanjutan."

### 2.3.2 Misi Perusahaan

- Untuk mewujudkan visi tersebut, perusahaan menjabarkan misi-misi strategis:
- Menghadirkan solusi energi baru terbarukan yang inovatif, efisien, dan dapat diandalkan melalui integrasi teknologi mutakhir.
- Mendukung program pemerintah dan sektor industri dalam mencapai target dekarbonisasi nasional.
- Membangun ekosistem energi hijau yang solid melalui riset berkelanjutan dan kolaborasi internasional.
- Mengedepankan praktik bisnis yang transparan, beretika, dan memberikan nilai tambah sosial serta ekonomi bagi seluruh pemangku kepentingan.

## 2.4 Nilai-Nilai Perusahaan

Budaya kerja dan etos profesional di lingkungan PT Pionir Energi Hijau dirangkum dalam tata nilai PIONIR, yang menjadi pedoman perilaku bagi seluruh karyawan:

- P - Profesionalisme: Menjalankan setiap aspek pekerjaan dengan standar integritas dan kualitas teknik tertinggi.
- I - Integritas: Menjunjung tinggi kejujuran, transparansi, dan akuntabilitas dalam setiap kemitraan bisnis.
- - Orientasi Dampak: Fokus pada hasil kerja yang memberikan manfaat nyata dan luas bagi kelestarian lingkungan.



- N - Nilai Inovasi: Berani melakukan terobosan teknologi dan berpikir kreatif dalam memecahkan masalah energi.
- I - Inklusi: Menghargai keberagaman gagasan dan membangun kolaborasi tim tanpa sekat hierarki yang kaku.
- R - Resiliensi: Tangguh menghadapi dinamika industri dan cepat beradaptasi terhadap perubahan teknologi global.

## 2.5 Struktur Organisasi

PT Pionir Energi Hijau menerapkan struktur organisasi yang terpusat namun kolaboratif, dengan kepemimpinan strategis berada di bawah Dewan Direksi. Struktur ini dirancang untuk memastikan sinergi antar fungsi bisnis utama, mulai dari operasional lapangan hingga pengambilan keputusan strategis dan keuangan. Setiap direktorat memiliki peran khusus yang saling melengkapi, memungkinkan perusahaan bergerak lincah dalam menghadapi dinamika industri energi terbarukan yang cepat berkembang.

Berikut adalah peran masing-masing pimpinan di jajaran manajemen puncak:

- Direktur Utama (Kemal Rifky) bertindak sebagai pimpinan tertinggi yang menentukan arah strategis perusahaan, memimpin eksekusi visi misi, serta menjadi wajah utama 360energy dalam interaksi dengan pemangku kepentingan eksternal, termasuk mitra strategis, pemerintah, dan investor.
- Komisaris (Muhammad Zahrudin) tidak terlibat langsung dalam operasional harian, melainkan berfungsi sebagai pengawas kinerja direksi dan penjamin tata kelola perusahaan yang baik (*good corporate governance*), termasuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan etika bisnis.
- Direktur Operasional (Irwan Sukma) mengawasi seluruh kegiatan operasional di lapangan, termasuk pengelolaan *battery swap station*, logistik baterai, jaringan distribusi, serta koordinasi dengan tim lapangan untuk memastikan pelayanan berjalan lancar dan efisien.
- Direktur Keuangan (Jeremia Parningotan S) bertanggung jawab atas manajemen keuangan perusahaan, mulai dari perencanaan anggaran, pelaporan keuangan, pengendalian biaya, hingga strategi pendanaan dan pengelolaan arus kas—kunci utama dalam menjaga kesehatan finansial perusahaan yang sedang berkembang.
- Direktur Teknik (Russel Bradley) memimpin pengembangan dan pemeliharaan infrastruktur teknis, termasuk sistem manajemen baterai (*BMS*), integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, keamanan sistem, serta inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan layanan 360energy.

Struktur ini memungkinkan PT Pionir Energi Hijau menjalankan bisnisnya secara terintegrasi dari sisi teknis, operasional, hingga finansial.



## BAB III PELAKSANAAN KEGIATAN PRAKTIK KERJA LAPANGAN

### 3.1 Bentuk Kegiatan Praktik Kerja Lapangan

Selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan di PT Pionir Energi Hijau, penulis terlibat aktif dalam pengembangan infrastruktur digital dan sistem manajemen energi. Fokus utama kegiatan mencakup pengembangan *centralized e-dashboard* untuk integrasi data aset (BSS, PLTS, Biofloc) dari berbagai protokol *inverter*, perancangan infrastruktur *fullstack* berbasis *MongoDB Express React Nodejs* (MERN) untuk manajemen data IoT, serta pengembangan algoritma kontrol prediktif untuk optimalisasi operasional *Battery Swap Station* (BSS). Penulis bertanggung jawab dalam merancang model optimasi berbasis matematis untuk mengatur jadwal pengisian daya baterai guna meminimalkan biaya operasional.

### 3.2 Gambaran Umum Sistem Battery Swap Station (BSS)

BSS didefinisikan sebagai infrastruktur pengisian energi yang memungkinkan kendaraan listrik (EV) untuk mengganti baterai yang telah habis dayanya dengan baterai yang terisi penuh (*fully charged battery*) dalam waktu yang sangat singkat, biasanya kurang dari lima menit (Jamaluddin et al., 2025). Sistem ini dianggap sebagai Solusi untuk mengatasi kendala waktu pengisian daya (*charging time*) yang lama pada metode *plug-in charging* konvensional, sehingga dapat memisahkan antara waktu pengisian baterai dengan waktu operasional kendaraan (Sun et al., 2020). Penulis menggunakan gambar 3.1 sebagai acuan sistem BSS 8 slot, yang digunakan dalam simulasi di tempat magang.



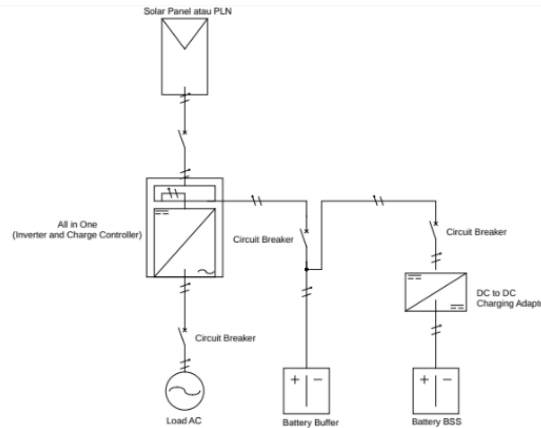
Gambar 3. 1 BSS 8 Slot  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Mekanisme utama operasionalnya meliputi:

1. Kedatangan Pengguna: Pengguna mengakses kabinet melalui otentikasi digital.
2. Proses Penukaran (*Swapping*): Pengguna memasukkan baterai kosong ke slot yang terbuka, dan sistem melepaskan baterai dengan SoC tertinggi ( $\geq 90\%$ ).
3. Siklus Internal: Baterai kosong yang masuk ke kabinet segera didata kondisinya oleh sistem manajemen, lalu dijadwalkan untuk pengisian daya hingga mencapai status siap pakai.

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

Sistem BSS di PT Pionir Energi Hijau menggunakan konfigurasi *hybrid* dengan skema aliran daya seperti pada Gambar 3.2:



Gambar 3. 2 Single Line Diagram Sistem BSS

(Sumber: Team Drawing)

1. Sumber Energi:

- PLTS: Terdiri dari 9 panel surya dengan kapasitas masing-masing 300 Watt, menghasilkan total daya puncak 2.7 kW.
- PLN: Bertindak sebagai pasokan pendukung (cadangan) ketika produksi PLTS tidak mencukupi atau saat malam hari.

2. Konversi dan Distribusi: Energi dari PLTS dan PLN masuk ke dalam Inverter 5 kW yang berfungsi sebagai pusat pengaturan beban.

- Manajemen Surplus: Jika produksi PLTS melebihi kebutuhan pengisian sesaat, surplus energi dialirkan ke sistem penyimpanan internal berupa Baterai Buffer 123 Ah.

3. Beban Pengisian (*Output*): Output dari inverter diteruskan ke DC-DC Converter untuk menyesuaikan tegangan pengisian.

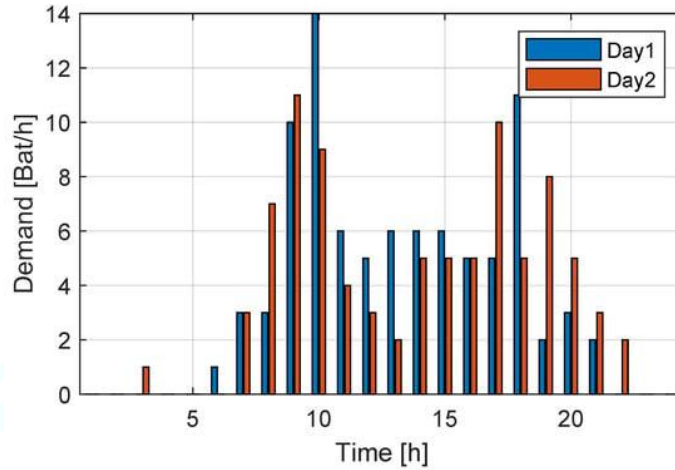
- Arus didistribusikan ke 8 slot pengisian, di mana masing-masing slot memiliki modul *charger* dengan kapasitas nominal 600 Watt (Total beban maksimal station: 4.8 kW).

**3.3 Karakteristik Operasional dan Permintaan Penukaran**

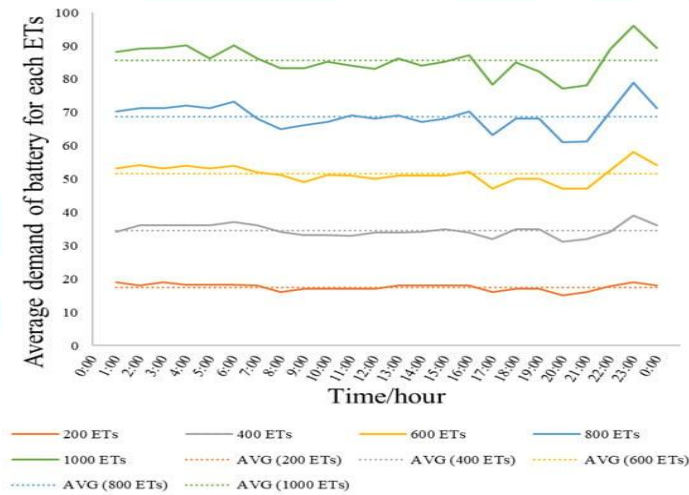
Operasional *Battery Swap Station* (BSS) dihadapkan pada tantangan utama berupa sifat permintaan penukaran baterai yang bersifat stokastik dan dinamis. Hal ini dapat dilihat dari penelitian yang sudah dilakukan, baik pada gambar 3.3 ataupun 3.4 menunjukkan adanya fluktuasi acak. Waktu kedatangan pengguna (*arrival time*) serta kondisi awal tingkat muatan baterai (*initial State of Charge/SoC*) yang mereka bawa menunjukkan variasi yang tinggi dan sulit diprediksi secara deterministik (Sun et al., 2020). Ketidakpastian ini menciptakan ketidakseimbangan struktural antara pasokan, yaitu jumlah baterai yang sedang dalam proses pengisian atau siap pakai, dan permintaan yang datang secara tidak merata.

- 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

Faktor tambahan yang memperumit dinamika operasional BSS adalah perilaku pengguna kendaraan listrik (EV) yang umumnya sangat sensitif terhadap waktu. Mayoritas pengguna memilih layanan penukaran baterai karena keunggulannya dalam efisiensi waktu



Gambar 3. 3 Simulasi Demand saat hari kerja  
(Sumber: Sun et al., 2020)



Gambar 3. 4 Rata-rata permintaan baterai taxi listrik dalam waktu 100 hari

(Sumber: Xie et al., 2024)

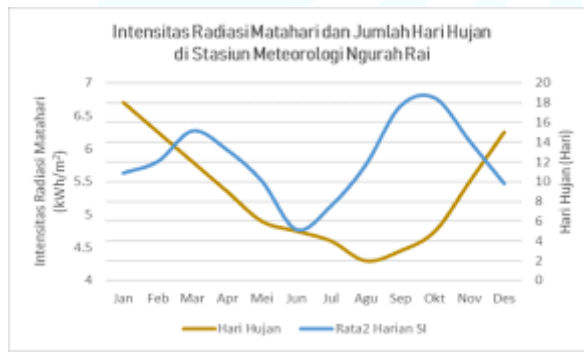
dibandingkan pengisian konvensional. Namun, jika sistem BSS gagal mengantisipasi pola kedatangan dan kebutuhan pengguna, antrian panjang serta kegagalan layanan akan menjadi tak terhindarkan. Dampak langsung dari situasi ini adalah penurunan pendapatan operator akibat hilangnya peluang layanan dan potensi perpindahan pelanggan ke kompetitor (Wang et al., 2024). Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik permintaan, baik dari segi stokastisitas, pola waktu, maupun perilaku pengguna merupakan fondasi kritis bagi perancangan strategi operasional yang andal dan ekonomis.

### 3.4 Profil Ketersediaan Energi (PV & Grid PLN)

Sistem pasokan energi pada *Battery Swap Station* (BSS) di PT Pionir Energi Hijau mengadopsi skema *hybrid* yang mengintegrasikan dua sumber utama, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan jaringan Listrik dari PLN. Integrasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan guna menekan biaya operasional harian (Kemal, 2025). Namun, tantangan utama dalam sistem ini adalah adanya perbedaan profil ketersediaan antara kedua sumber energi tersebut yang harus dikelola secara presisi melalui sistem manajemen energi.

#### 3.4.1 Karakteristik Iradiansi Matahari dan Parameter Cuaca

Ketersediaan energi surya di lokasi BSS sangat bergantung pada intensitas radiasi matahari dan kondisi cuaca setempat. Berdasarkan penelitian mengenai hubungan intensitas radiasi di wilayah Indonesia, ditemukan bahwa terdapat korelasi kuat antara parameter cuaca seperti tutupan awan dan kelembapan terhadap total energi yang dapat diserap oleh panel surya (Pertiwi et al., 2017).



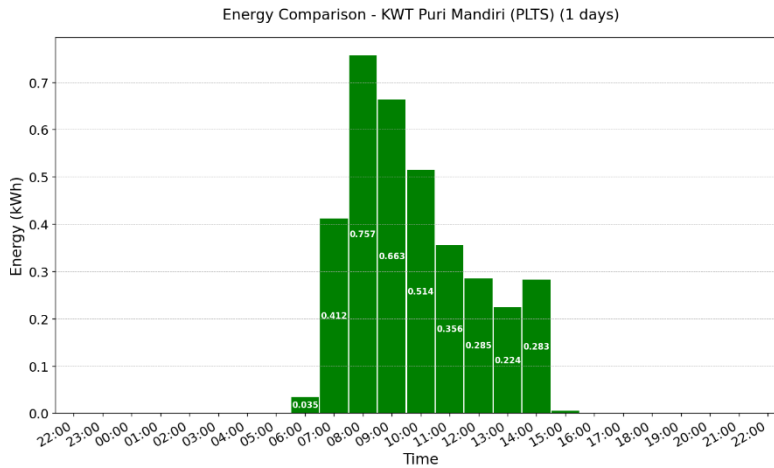
Gambar 3. 5 Hubungan Intensitas Radiasi Matahari dengan Parameter Cuaca

(Sumber: Pertiwi et al., 2017)

Gambar 3.5 di atas menunjukkan profil radiasi matahari yang diolah dari data stasiun meteorologi, di mana durasi penyinaran matahari yang efektif di wilayah tropis seperti Indonesia umumnya berlangsung selama 10 hingga 12 jam. Namun, intensitas tersebut tidak bersifat konstan. Sebagaimana dijelaskan dalam literatur, fluktuasi tajam pada kurva radiasi sering kali disebabkan oleh perubahan parameter cuaca secara mendadak, seperti pergerakan awan yang menyebabkan fenomena *intermittency* (Pertiwi et al., 2017). Hal ini mengonfirmasi bahwa ketersediaan energi dari PLTS bersifat stokastik dan tidak dapat sepenuhnya diandalkan untuk memenuhi permintaan penukaran baterai.

#### 3.4.2 Profil Produksi Energi PLTS di Lokasi Magang

Berdasarkan data observasi yang diperoleh selama kegiatan magang di PT Pionir Energi Hijau, profil produksi energi harian dari unit PLTS yang terpasang pada BSS menunjukkan pola kurva lonceng yang fluktuatif. Data ini mencerminkan konversi aktual dari radiasi matahari menjadi daya listrik yang digunakan untuk pengisian baterai.



Gambar 3. 6 Grafik Produksi Energi PLTS pada Battery Swap Station

(Sumber: Data Magang, 2025)

Gambar 3.6 menunjukkan profil produksi energi harian di mana daya mulai dihasilkan pada pukul 06.00 WIB dan mencapai puncaknya (Peak) antara pukul 11.00 WIB hingga 13.00 WIB. Terdapat penurunan produksi yang signifikan (dips) pada interval waktu tertentu yang berkorelasi dengan kondisi cuaca mendung di lokasi operasional. Ketidakstabilan produksi ini menegaskan pentingnya strategi penjadwalan, jika pengisian baterai dipaksakan hanya pada saat produksi PLTS rendah tanpa manajemen yang baik, maka efisiensi sistem akan menurun drastis (Renzi et al., 2025).

### 3.4.3 Interaksi dengan Jaringan Listrik PLN

Sebagai penyeimbang dari sifat PLTS yang intermiten, jaringan listrik PLN (Grid) berfungsi sebagai penyedia daya cadangan (back-up) maupun sumber utama saat malam hari. Penggunaan energi dari Grid memiliki keunggulan dalam hal stabilitas dan ketersediaan 24 jam, namun memiliki konsekuensi biaya operasional yang lebih tinggi dibandingkan energi surya (Anggraini et al., 2025). Lebih lanjut perbandingan biaya energi surya dengan energi grid PLN bisa dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Perbandingan Biaya Energi Surya dengan PLN dalam 20 tahun

(Sumber: Permana et al., SNTM PNJ, 2022)

Biaya	Sumber PLTS Off-Grid	Sumber PLN
Komponen Sumber Energi	Rp 48,649,000	–
Operasional / tahun	Rp 489,49	Rp 35,106,204
Total Tahun ke-1	Rp 49,138,490	Rp 35,106,204
Total Tahun ke-20	Rp 61,001,572	Rp 1,396,524,000

### 3.5 Definisi Kondisi Operasional Eksisting (Baseline)



Kondisi operasional eksisting pada mayoritas infrastruktur pengisian daya kendaraan listrik sering kali menerapkan kebijakan *unmanaged charging* atau pengisian tanpa kendali aktif. Definisi ini merujuk pada skenario di mana sistem hanya merespons secara reaktif terhadap kedatangan baterai kosong tanpa mempertimbangkan optimasi biaya atau efisiensi sumber daya (Sun et al., 2020).

Untuk keperluan *troubleshooting* dan analisis, penulis mendefinisikan kebijakan operasional saat ini sebagai Baseline (kondisi tanpa penjadwalan). Kebijakan ini mengikuti prinsip *Uncontrolled Charging*:

1. Respons Reaktif: Baterai diisi daya segera setelah dimasukkan ke kabinet, selama slot *charger* tersedia.
2. Ketiadaan Prioritas: Pengisian dilakukan tanpa mempertimbangkan apakah ketersediaan daya saat itu berasal dari PLTS yang sedang melimpah atau PLN.
3. Konsekuensi: Risiko *stockout* baterai siap pakai pada jam puncak sore hari karena sistem tidak melakukan persiapan pengisian (*pre-charging*) pada siang hari saat energi PLTS melimpah, melainkan hanya mengisi daya saat ada baterai kosong yang masuk.

### 3.6 Metodologi Diagnosis Akar Permasalahan

Diagnosis terhadap ketidaksesuaian operasional dilakukan melalui pendekatan simulasi performa untuk memvalidasi apakah model operasional umum (*baseline*) mampu memberikan hasil maksimal di bawah kendala teknis dan lingkungan.

#### 3.6.1 Identifikasi Masalah

Proses identifikasi masalah teknis ini disusun berdasarkan arahan strategis dari manajemen perusahaan untuk melakukan validasi sistem sebelum komersialisasi:

- What (Apa yang menjadi fokus evaluasi pada sistem BSS?)

Analisa dilakukan untuk menjawab apakah model operasional eksisting sudah mencapai potensi pendapatan maksimal di tengah tantangan permintaan stokastik dan ketersediaan energi surya yang fluktuatif. Fokus utama adalah mengidentifikasi potensi *mismatch* yang dapat menyebabkan kerugian biaya operasional atau kegagalan layanan di masa depan.

- Who (Siapa saja yang memberikan arahan dan parameter teknis?)

Penulis menerima penugasan langsung dari Bapak Kemal Rifky selaku Direktur Utama untuk melakukan optimasi profitabilitas sistem. Dalam proses perancangan simulasi, penulis dibimbing oleh Bapak Irwan Sukma selaku Direktur Operasional yang memberikan arahan untuk menggunakan unit BSS 8-slot yang berlokasi di PNJ sebagai referensi teknis guna mendapatkan gambaran operasional yang mendekati kondisi riil.

- Where (Di mana lokasi perancangan dan acuan fisik stasiun diambil?)

Kegiatan perancangan dan pengolahan data dilakukan di kantor PT Pionir Energi Hijau. Adapun parameter fisik sistem seperti jumlah slot, kapasitas panel surya, dan kapasitas



*charger* merujuk pada unit stasiun penukaran baterai yang terpasang di Politeknik Negeri Jakarta (PNJ).

- When (Kapan periode perancangan dan simulasi dilaksanakan?)  
Seluruh rangkaian kegiatan mulai dari pendefinisian parameter, pengambilan data iradiasi sekunder, hingga eksekusi simulasi dilaksanakan pada periode semester ganjil tahun ajaran 2025/2026, tepatnya bulan Agustus hingga Desember 2025.
- Why (Mengapa penyelesaian masalah dilakukan melalui pendekatan simulasi?)  
Simulasi dipilih sebagai metode penyelesaian masalah untuk meminimalkan risiko kerugian finansial sebelum sistem dioperasikan secara komersial. Mengingat stasiun acuan di PNJ belum pernah dioperasikan untuk kebutuhan komersial skala luas, simulasi menjadi instrumen penting untuk memberikan gambaran profil kegagalan dan peluang keuntungan secara akurat.
- How (Bagaimana prosedur teknis untuk memvalidasi efektivitas sistem?)  
Validasi dilakukan dengan mengintegrasikan parameter fisik stasiun acuan dengan data lingkungan dari API Open-Meteo sebagai substitusi data sensor lapangan yang mengalami kegagalan. Karena ketiadaan data historis permintaan komersial, penulis melakukan *Synthetic Data Generation* berbasis proses Poisson untuk mensimulasikan dinamika kedatangan pengguna yang realistis.

### 3.6.2 Analisis Akar Masalah (*Root Cause Analysis*)

Guna mengidentifikasi risiko sistemik pada kebijakan operasional umum, dilakukan analisis "4 Whys" untuk memetakan potensi ketidakefisienan:

1. Masalah Utama: Adanya risiko kerugian pendapatan operasional dan inefisiensi biaya listrik pada sistem BSS.
2. Why (1): Karena sistem seringkali tidak memiliki ketersediaan baterai penuh pada jam puncak kedatangan pengguna.
3. Why (2): Karena kebijakan pengisian reaktif (*baseline*) tidak mengantisipasi kebutuhan energi beberapa jam sebelum lonjakan permintaan terjadi.
4. Why (3): Karena proses pengisian daya baterai hanya bergantung pada kedatangan baterai kosong ke dalam kabinet tanpa strategi *pre-charging*.
5. Why (4): Karena sistem manajemen energi belum mempertimbangkan fluktuasi produksi energi surya di siang hari sebagai cadangan pengisian.
6. Root Cause: Strategi operasional yang bersifat reaktif tidak mampu menyelaraskan "jendela waktu" ketersediaan energi gratis (PLTS) dengan "jendela waktu" permintaan pengguna, sehingga profitabilitas sistem tidak maksimal.

Untuk membantu penulis dalam melakukan analisa masalah, akan digunakan metrik berikut:



• Tingkat Pemenuhan Permintaan (*Service Level*): Rasio jumlah permintaan yang berhasil dilayani dengan baterai penuh (90%) dibandingkan total permintaan yang masuk.

$$SL = \frac{\sum R_{served}}{\sum R_{total}} \times 100\% \quad (3.1)$$

- Waktu Terjadinya Kekurangan (*Time of Failure*): Pencatatan interval waktu di mana stok baterai siap pakai mencapai titik nol meskipun terdapat antrian permintaan.

### 3.6.3 Indikator Keberhasilan Solusi dan Kriteria Pemilihan

Berdasarkan diskusi dengan Direktur Utama, solusi penjadwalan ini harus memenuhi standar kinerja sebagai berikut:

1. Profitabilitas: Mampu menunjukkan potensi peningkatan pendapatan bersih atau penghematan biaya energi minimal 4% dibandingkan dengan skema operasional tanpa penjadwalan.
2. Reliabilitas Layanan: Mempertahankan atau meningkatkan tingkat pemenuhan permintaan instan hingga 100% pada skenario “urban normal” (didefinisikan sebagai parameter  $\lambda(t)$  baseline Bab 4).

Untuk mencapai tujuan tersebut, metode *Linear Programming* dipilih karena kemampuannya menangani batasan fisik sistem secara eksak, menjamin bahwa solusi yang dihasilkan tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga aman bagi infrastruktur teknis stasiun. Lebih lanjut, penggunaan Linear Programming dalam simulasi akan dijelaskan di subbab 3.8.

### 3.7 Synthetic Data Generation

Mengingat keterbatasan akses terhadap data historis jangka panjang dan adanya kegagalan perangkat keras pada sensor iradiasi di lokasi penelitian akibat paparan air hujan, penulis menggunakan pendekatan data sintesis dan sumber data sekunder yang divalidasi.

#### 3.7.1 Pemodelan Profil Permintaan (Non-Homogeneous Poisson Process)

Profil permintaan penukaran baterai dimodelkan sebagai proses kedatangan stokastik. Karena laju kedatangan pengguna BSS berfluktuasi signifikan antara jam sibuk dan jam sepi, maka digunakan Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP). Dalam NHPP, fungsi intensitas  $\lambda(t)$  bergantung pada waktu (Ross, 2014).

Jumlah kedatangan  $N(t)$  dalam interval waktu  $[0, T]$  mengikuti distribusi Poisson dengan parameter  $m(T)$ :

$$P(N(T) = n) = \frac{e^{-m(T)} \cdot (m(T))^n}{n!} \quad (3.2)$$



Dimana  $m(T)$  adalah integral dari fungsi intensitas laju kedatangan:

$$m(T) = \int_0^T \lambda(t) dt \quad (3.3)$$

Fungsi  $\lambda(t)$  dirancang secara *piecewise constant* untuk merepresentasikan periode *peak* dan *off-peak* berdasarkan karakteristik mobilitas kendaraan listrik perkotaan di Indonesia (Fauziah *et al.*, 2025).

### 3.7.2 Pemodelan Produksi Energi PLTS

Data iradiasi matahari  $G_t$  dalam satuan  $W/m^2$  diperoleh melalui API Open-Meteo untuk koordinat lokasi BSS. Penggunaan data sekunder ini dilakukan sebagai prosedur kontingensi teknis. Estimasi produksi daya listrik ( $P_{pv,t}$ ) dihitung menggunakan persamaan performa fotovoltaik (Masters, 2013):

$$P_{pv,t} = G_t \cdot A \cdot \eta_{total} \quad (3.4)$$

Dimana:

- $G_t$ : Iradiasi matahari pada permukaan panel ( $W/m^2$ ).
- $A$ : Luas total array panel surya ( $m^2$ )
- $\eta_{total}$ : Efisiensi sistem secara keseluruhan (panel, inverter, dan *losses* kabel).

Energi total yang dihasilkan dalam satu jam ( $E_{pv,t}$ ) dihitung dalam satuan kWh untuk kemudian dibandingkan dengan kebutuhan energi pengisian baterai pada stasiun.

### 3.8 Formulasi Model Penjadwalan

Berdasarkan hasil diagnosis pada poin 3.6, disusunlah sebuah strategi perbaikan kebijakan operasional. Informasi mengenai "kapan" sistem gagal menjadi acuan untuk menentukan "kapan" pengisian harus dimulai secara proaktif.

Strategi perbaikan mencakup:

- Strategi *Pre-charging*: Memulai pengisian daya baterai cadangan secara intensif beberapa jam sebelum waktu terjadinya kekurangan (*Time of Failure*) yang teridentifikasi dalam diagnosis.
- Maksimalisasi Penyerapan PLTS: Menggeser beban pengisian dari jaringan PLN ke jendela waktu produksi PLTS (11.00 - 13.00) guna mengurangi biaya operasional.

Perancangan solusi dilakukan dengan membangun model optimasi penjadwalan. Metode Linear Programming (LP) dipilih karena kemampuannya dalam menjamin pencapaian solusi optimal global secara matematis (exact) dibandingkan metode heuristik.



Dalam manajemen energi BSS, LP sangat andal dalam menangani batasan fisik yang ketat (hard constraints) untuk mencegah kerusakan perangkat akibat beban berlebih (Alharbi et al., 2023). Implementasi optimasi ini menggunakan pustaka `scipy.optimize` dengan solver HiGHS.

### 3.8.1 Fungsi Tujuan (Objektif)

Fungsi tujuan utama memaksimalkan total profit  $Z$  selama periode operasi ( $T = 24$  jam) yang dirumuskan pada Persamaan 3.5 (didefinisikan sebagai pendapatan dari penukaran baterai dikurangi biaya pembelian listrik dari *grid*). Kode program menjalankan iterasi untuk menekan biaya *grid* sekaligus menjaga pendapatan tetap maksimal.

$$\text{Maximize } Z = \sum_{t=1}^T (P_{\text{swap}} \cdot N_{\text{swap},t} - C_{\text{grid},t} \cdot E_{\text{grid},t}) \quad (3.5)$$

Dimana:

$P_{\text{swap}}$ : Harga layanan per penukaran baterai (sesuai parameter ekonomi).

$N_{\text{swap},t}$ : Jumlah permintaan penukaran baterai setiap jam

$C_{\text{grid},t}$ : Tarif listrik *grid* (B1)

$E_{\text{grid},t}$ : Energi yang dibeli dari *grid* pada interval jam.

### 3.8.2 Batasan Masalah (*Constraints*)

Optimasi harus memenuhi batasan fisik sistem agar solusi yang dihasilkan layak (*feasible*), penulis mendefinisikanya sebagai berikut:

1. Keseimbangan Energi Baterai (*Energy Balance*): Energi baterai saat ini adalah energi sebelumnya ditambah pengisian (dari PV + PLN) dikurangi energi yang keluar (baterai ditukar). Perubahan stok energi di rak mengikuti hukum kekekalan energi pada Persamaan 3.6.

$$E_{\text{batt},t} = E_{\text{batt},t-1} + \eta_{\text{ch}} \cdot (P_{\text{pv},t} + P_{\text{grid},t}) - E_{\text{swap},t} \quad (3.6)$$

2. Batasan Kapasitas Baterai: Energi tersimpan tidak boleh melebihi kapasitas maksimum baterai atau kurang dari batas minimum aman (20% SoC) untuk menjaga integritas teknis.

$$E_{\text{min}} \leq E_{\text{batt},t} \leq E_{\text{max}} \quad (3.7)$$

3. Batasan Daya Charger: Total daya pengisian dari sumber PLTS dan PLN pada stasiun tidak boleh melampaui kapasitas pengisian maksimal ( $8 \text{ slot} \times 0.6 \text{ kW} = 4.8 \text{ kW}$ ).

$$0 \leq (P_{pv,t} + P_{grid,t}) \leq P_{ch,max} \quad (3.8)$$

4. Batasan Ketersediaan PV: Penggunaan energi surya untuk charging tidak boleh melebihi daya PV yang tersedia pada interval tersebut.

$$0 \leq P_{pv,t} \leq P_{available,t} \quad (3.9)$$

5. Kapasitas Inverter: Beban total pada stasiun harus berada di bawah kapasitas nominal inverter (5 kW).

### 3.9 Skema Simulasi dan Skenario Pengujian

Untuk mengevaluasi kinerja skema penjadwalan pengisian baterai yang dirancang, dilakukan pengujian melalui simulasi operasional Battery Swap Station dengan membandingkan dua kondisi utama, yaitu kondisi operasional eksisting tanpa penjadwalan terencana (baseline) dan kondisi operasional dengan penjadwalan pengisian baterai berbasis model optimasi Linear Programming (LP). Simulasi digunakan sebagai alat evaluasi karena memungkinkan pengamatan perilaku sistem secara terkontrol terhadap profil permintaan dan ketersediaan energi yang bersifat dinamis. Semua simulasi dan perhitungan akan dilakukan langsung dengan kode python yang dibuat oleh penulis, yang merujuk ke persamaan pada subbab sebelumnya.

#### 3.9.1 Skema Simulasi Operasional

Simulasi operasional dilakukan dalam horizon waktu diskrit yang merepresentasikan satu hari operasional Battery Swap Station. Pada setiap interval waktu, sistem menerima permintaan penukaran baterai sesuai dengan profil permintaan yang telah didefinisikan. Setiap permintaan akan dilayani apabila tersedia baterai dengan status siap pakai (SoC  $\geq$  90%). Apabila pada suatu interval waktu jumlah baterai siap pakai tidak mencukupi, maka permintaan tersebut dicatat sebagai permintaan yang tidak terpenuhi (instant swap failure).

Proses pengisian baterai dalam simulasi dipengaruhi oleh kondisi ketersediaan energi dari PLTS dan PLN, kapasitas pengisian, serta kebijakan operasional yang diterapkan. Pada skenario baseline, keputusan pengisian dilakukan secara reaktif sesuai kondisi eksisting, sedangkan pada skenario penjadwalan, keputusan pengisian mengikuti hasil optimasi dari model Linear Programming.

#### 3.9.2 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan dua skenario utama sebagai berikut:

1. Skenario Baseline (Tanpa Penjadwalan)

Pada skenario ini, pengisian baterai dilakukan mengikuti kondisi operasional eksisting sebagaimana dijelaskan pada Subbab 3.4. Baterai diisi ketika terdapat slot pengisian dan sumber energi tersedia tanpa mempertimbangkan pola





permintaan pada interval waktu berikutnya. Skenario ini digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi kinerja sistem tanpa penerapan penjadwalan terencana.

## 2. Skenario Penjadwalan Berbasis Linear Programming

Pada skenario ini, proses pengisian baterai mengikuti keputusan yang dihasilkan oleh model optimasi Linear Programming. Model menentukan status pengisian baterai pada setiap interval waktu, termasuk keputusan apakah suatu baterai berada pada kondisi charging atau idle, serta sumber energi yang digunakan, yaitu PLTS atau PLN. Dengan pendekatan ini, pengisian baterai diharapkan lebih selaras dengan profil permintaan dan kondisi ketersediaan energi.

### 3.9.3 Indikator Kinerja dan Metode Evaluasi

Evaluasi kinerja kedua skenario dilakukan menggunakan indikator kinerja utama yang sesuai dengan tujuan kegiatan Praktik Kerja Lapangan, yaitu:

#### 1. Tingkat Pemenuhan Permintaan

Indikator ini menunjukkan kemampuan sistem dalam melayani permintaan penukaran baterai. Tingkat pemenuhan permintaan dihitung sebagai perbandingan antara jumlah permintaan yang berhasil dilayani dengan total permintaan yang terjadi selama periode simulasi. Sebaliknya, jumlah permintaan yang tidak terpenuhi digunakan untuk menggambarkan tingkat kegagalan layanan.

#### 2. Jumlah Permintaan Tidak Terpenuhi (Unserved Demand)

Indikator ini digunakan untuk mengidentifikasi sejauh mana ketidaksesuaian antara permintaan dan ketersediaan baterai siap pakai terjadi pada masing-masing skenario. Penurunan jumlah permintaan tidak terpenuhi pada skenario penjadwalan dibandingkan baseline menunjukkan keberhasilan mitigasi ketidaksesuaian.

#### 3. Profit Operasional

Profit operasional dihitung berdasarkan pendapatan layanan penukaran baterai dikurangi biaya energi yang digunakan dalam proses pengisian. Biaya energi dibedakan berdasarkan sumber energi yang digunakan, yaitu PLTS dan PLN. Perbandingan profit antara skenario baseline dan skenario penjadwalan digunakan untuk menilai dampak ekonomi dari penerapan penjadwalan pengisian baterai.

### 3.9.4 Visualisasi Hasil Optimasi

Untuk memperjelas hasil keputusan model Linear Programming, keluaran model divisualisasikan dalam bentuk tabel penjadwalan pengisian baterai. Tabel ini menggambarkan status setiap baterai pada setiap interval waktu, dengan keterangan kondisi *charging* atau *idle*, serta sumber energi yang digunakan, yaitu PLTS atau PLN. Visualisasi ini digunakan untuk menunjukkan pola pengisian baterai yang dihasilkan oleh model optimasi dan perbedaannya dibandingkan dengan kondisi operasional eksisting.

Melalui skema simulasi dan metode evaluasi ini, kinerja skema penjadwalan pengisian baterai dapat dianalisis secara kuantitatif dan dibandingkan secara langsung dengan kondisi baseline. Hasil pengujian selanjutnya dibahas pada Bab IV untuk menilai efektivitas



penjadwalan dalam meningkatkan ketersediaan baterai siap pakai dan profit operasional Battery Swap Station.

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 DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Karakteristik Data Masukan

Profil permintaan yang dihasilkan melalui simulasi NHPP merujuk pada Persamaan 3.2 dan 3.3 ditampilkan pada Gambar 4.1. Simulasi ini memungkinkan pengujian algoritma terhadap beban dinamis yang belum tersedia secara historis di stasiun PNJ. Adapun konversi iradiasi menjadi energi surya yang dihitung melalui Persamaan 3.4, kemudian ditampilkan pada Gambar 4.3. Simulasi dan perhitungan dilakukan dengan bantuan python.

#### 4.1.1 Profil Permintaan Penukaran Baterai (Stochastic Demand)

Permintaan penukaran baterai dimodelkan menggunakan *Non-Homogeneous Poisson Process* (NHPP) untuk merepresentasikan perilaku pengguna kendaraan listrik yang fluktuatif. Pada Tabel 4,1, penulis menetapkan tiga skenario pengujian berdasarkan intensitas kedatangan pengguna, yaitu Skenario Permintaan Tinggi (*High Demand*) untuk siang dan sore hari, serta Skenario Permintaan Normal. Pemodelan profil permintaan akan disesuaikan dengan saran dari PT Pionir Energi Hijau, dimana puncak permintaan mencapai 12 unit. Fungsi intensitas laju kedatangan  $\lambda(t)$  dirancang secara *piecewise-constant* untuk mewakili dinamika mobilitas urban dalam siklus 24 jam, sebagaimana dirinci pada tabel berikut:

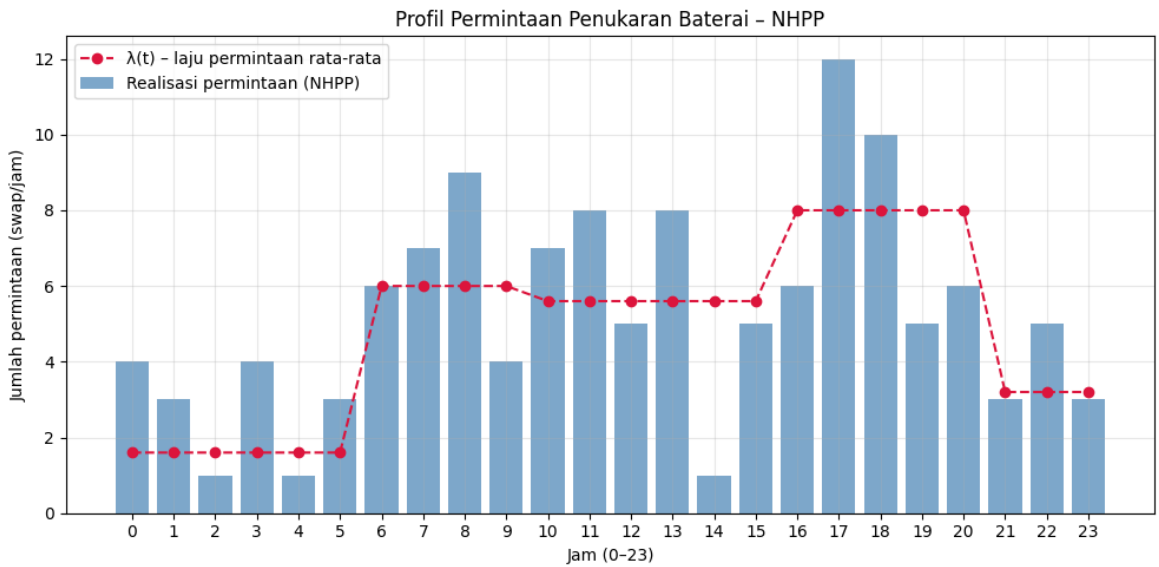
Tabel 4. 1 Laju permintaan rata-rata pada data demand simulasi

Karakteristik Waktu	Tinggi di sore hari (Req/Jam)	Normal (Req/Jam)	Tinggi di siang hari (Req/Jam)
Dini hari (Low Traffic)	1.6	0.6	0.6
Pagi (Commuting)	6	3	3.1
Siang Hari	5.6	3.6	8

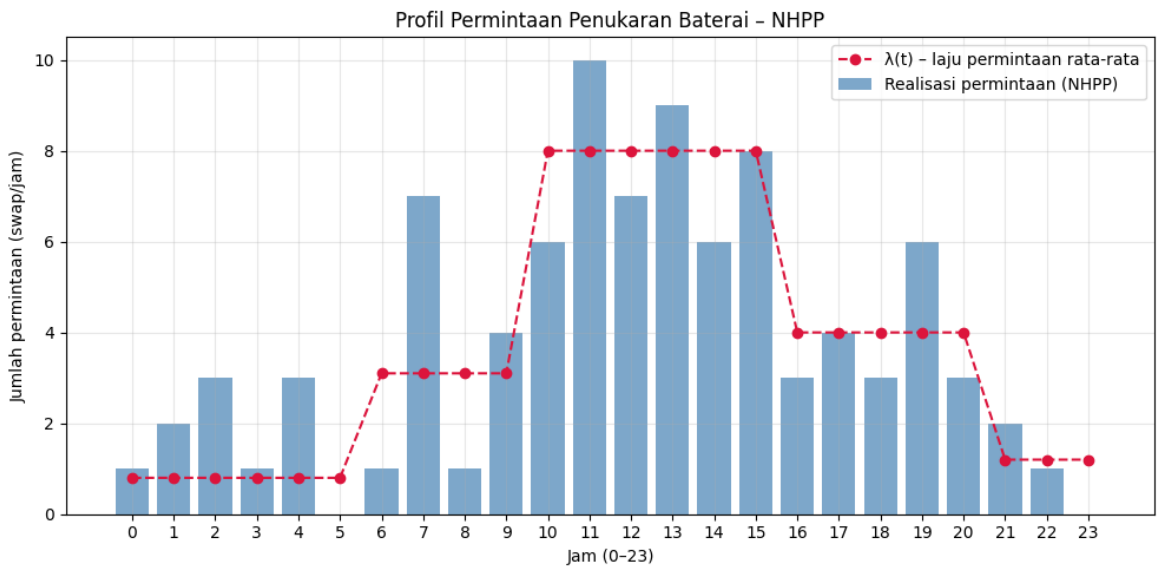


Sore	8	4	4
Malam Hari (Winding down)	3.2	1.2	1.2

Pada skenario permintaan tinggi, nilai  $\lambda$  mencapai 8.0 pada sore hari. Angka ini dipilih untuk memberikan beban operasional yang signifikan pada stasiun yang memiliki 8 slot pengisian, guna menguji ketahanan sistem dalam menjaga *Service Level* di bawah tekanan permintaan yang mendekati kapasitas maksimal. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Jumlah Permintaan dengan  $\lambda$  tinggi di sore hari



Gambar 4. 2 Grafik Jumlah Permintaan dengan  $\lambda$  tinggi di siang hari

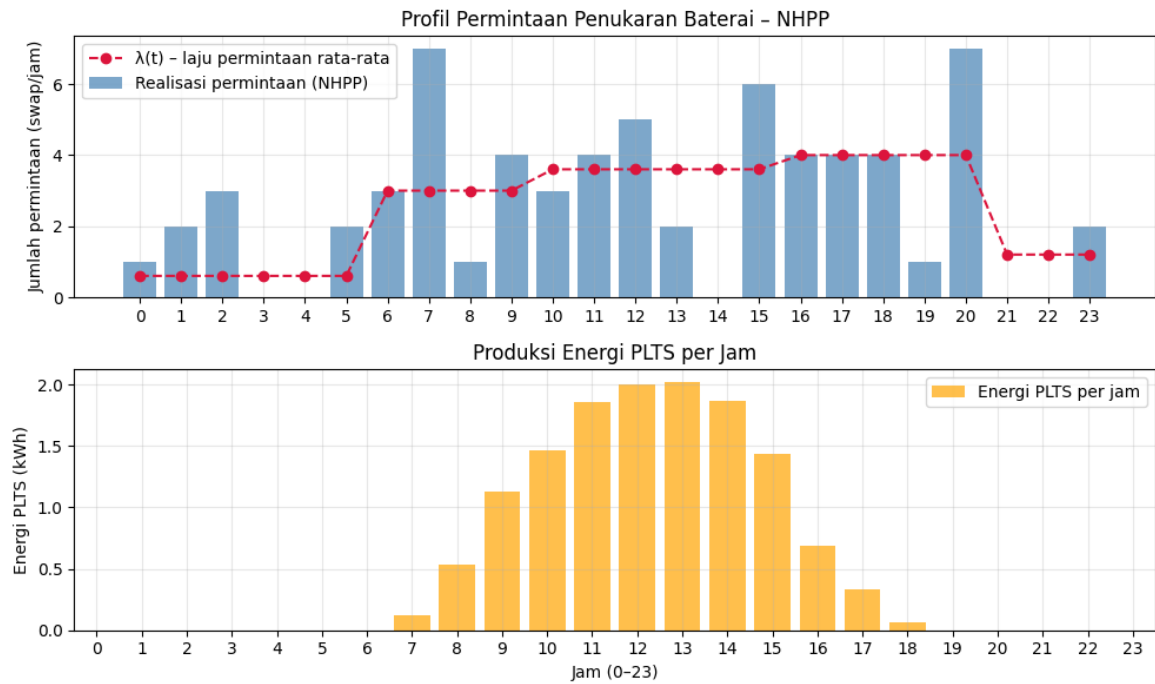
Hak Cipta :

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

Pada gambar 4.2, jumlah permintaan memuncak pada pukul 11.00. Hasil simulasi nantinya akan digunakan untuk menguji kemampuan model baseline dan LP, dalam memanfaatkan energi surya untuk menangani permintaan.

#### 4.1.2 Profil Produksi Energi PLTS dan Harga Grid

Data iradiasi matahari diperoleh dari API Open-Meteo untuk lokasi koordinat BSS PT Pionir Energi Hijau. Data mentah iradiasi ( $W/m^2$ ) dikonversi menjadi estimasi daya keluaran (kW) berdasarkan spesifikasi 9 panel surya (total 2.7 kWp).



Gambar 4. 3 Grafik jumlah permintaan baterai dan produksi energi PLTS

Terlihat pada Gambar 4.3, produksi energi surya mulai terdeteksi pada pukul 07.00 WIB dan mencapai puncaknya pada pukul 12.00–13.00 WIB. Terdapat "jendela peluang" energi gratis selama kurang lebih 8–10 jam per hari. Ketidaksesuaian (*mismatch*) terjadi secara natural karena puncak produksi matahari (tengah hari) tidak bertepatan dengan puncak permintaan penukaran baterai (sore hari). Hal inilah yang menjadi landasan utama perlunya strategi penjadwalan pengisian guna menggeser beban (*load shifting*) dari jam PLN mahal ke jam energi surya melimpah.

#### 4.1.3 Parameter Fisik dan Asumsi Sistem

Guna menjamin validitas simulasi, ditetapkan parameter fisik sistem BSS di PT Pionir Energi Hijau sebagai berikut:

- Kapasitas Baterai: 23 Ah / 60 V (setara ~1.38 kWh per unit).
- Jumlah Slot: 8 Slot pengisian.
- Stok Awal Baterai Siap Pakai: 3 Unit (SoC 100%).
- Kondisi Baterai Masuk (*Returned SoC*): 20%.
- Efisiensi Pengisian: 95%.

- Daya Charger per Slot: 600 Watt.

## 4.2 Diagnosis Akar Permasalahan (Analisis Kondisi Baseline)

Berdasarkan simulasi pada skenario operasional tanpa penjadwalan (*Baseline*), menggunakan metrik *Service Level* pada persamaan 3.1. Ditemukan beberapa titik kritis yang menghambat kinerja operasional stasiun.

### 4.2.1 Analisis Tingkat Pemenuhan Permintaan Baterai

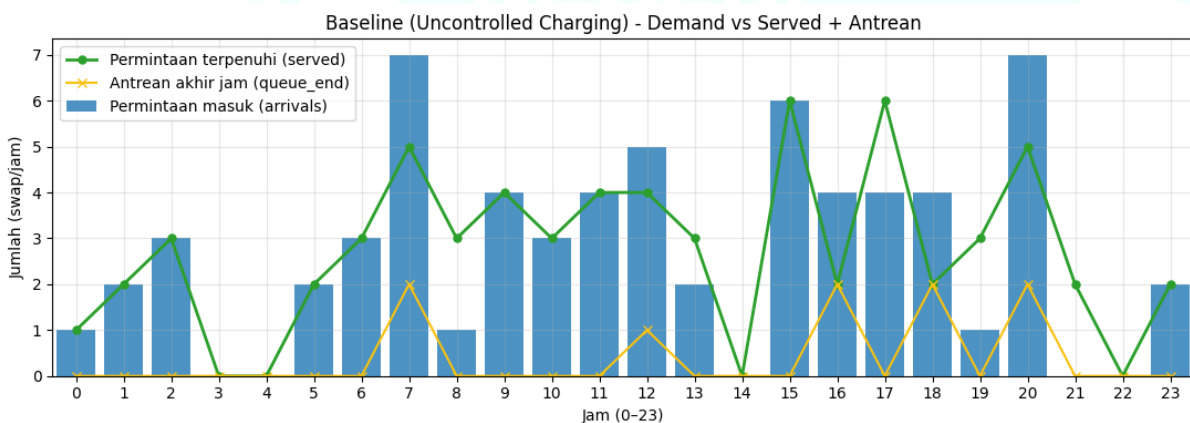
Hasil simulasi pada Tabel 4.2, menunjukkan bahwa dari total 65 permintaan dalam 24 jam, sistem berhasil melayani seluruhnya hingga akhir hari. Namun, terdapat 9 kasus kegagalan layanan saat jam kedatangan (*Instant Swap Failure*). Hal ini berarti 13,8% pengguna harus menunggu di stasiun karena tidak tersedia baterai dengan  $SoC \geq 90\%$  saat mereka tiba.

Tabel 4. 2 Ringkasan Hasil Simulasi Model Baseline

Metrik Operasional	Nilai
Total Permintaan (24 Jam)	65 Unit
Total Berhasil Dilayani	65 Unit
Kegagalan Saat Kedatangan (Antre)	9 Unit
Instant Swap Service Level	86,15%
Total Energi dari PLN	66,87 kWh

### 4.2.2 Identifikasi Waktu Terjadinya Kegagalan (Time of Failure)

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, kegagalan layanan pada skenario baseline tidak terjadi secara acak, melainkan terkonsentrasi pada jam-jam tertentu saat terjadi lonjakan permintaan. Kegagalan yang dimaksud pada subbab ini adalah Instant Swap Failure, yaitu kondisi ketika pengguna datang namun stok baterai siap pakai ( $SoC \geq 90\%$ ) pada saat kedatangan tidak mencukupi, sehingga sebagian permintaan masuk ke antrean.

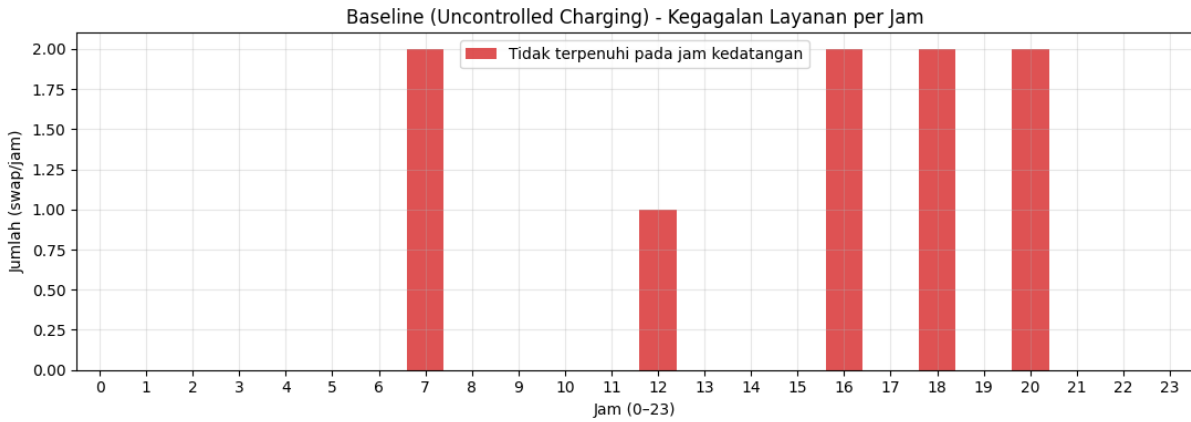


Gambar 4. 4 Grafik Demand vs Served + Antrean pada model Baseline

Pola ini menunjukkan dua jendela risiko utama:

1. Pagi hari (sekitar 07.00): lonjakan permintaan mendadak menyebabkan stok baterai siap pakai tidak cukup untuk melayani semua pengguna pada saat kedatangan.

2. Sore–malam (16.00–20.00): kegagalan berulang (defisit 2 unit pada beberapa jam) menandakan bahwa sistem secara struktural kurang siap menghadapi permintaan pada periode ini.



Gambar 4. 5 Grafik Jumlah Kegagalan Layanan Terhadap Waktu (dalam 24 jam)

Walaupun secara akumulatif seluruh permintaan dapat dilayani hingga akhir hari, adanya antrean menunjukkan bahwa sistem memiliki kecukupan energi/kapasitas secara harian, tetapi tidak memiliki ketersediaan stok siap pakai pada waktu yang tepat (short-term stockout). Hal ini terlihat dari fenomena “catch-up”, yaitu pada jam tertentu permintaan terlayani dapat melebihi permintaan masuk (misalnya saat antrean dari jam sebelumnya diselesaikan). Dengan kata lain, baseline mampu mengejar ketertinggalan, tetapi terlambat pada momen kedatangan.

Secara mekanistik, fenomena ini konsisten dengan adanya lead time pengisian. Dengan baterai masuk pada SoC 20% dan batas siap pakai  $\geq 90\%$ , maka energi yang perlu ditambahkan sekitar 70% dari kapasitas baterai. Untuk baterai 1,38 kWh, kebutuhan energi pengisian  $\approx 0,966$  kWh per unit. Dengan daya charger 0,6 kW dan efisiensi 95%, waktu pengisian efektif berada di sekitar 2.5 jam per baterai, sehingga baterai yang dikembalikan pada jam puncak tidak dapat menjadi baterai siap pakai pada jam yang sama. Akibatnya, ketika permintaan melonjak, sistem bergantung pada stok baterai siap pakai yang telah dipersiapkan sebelumnya.

Implikasi diagnosis: “Time of Failure” bukan sekadar jam ketika demand tinggi, melainkan jam ketika demand tinggi bertemu dengan stok siap pakai yang belum sempat pulih akibat keterbatasan lead time dan kebijakan pengisian yang reaktif.

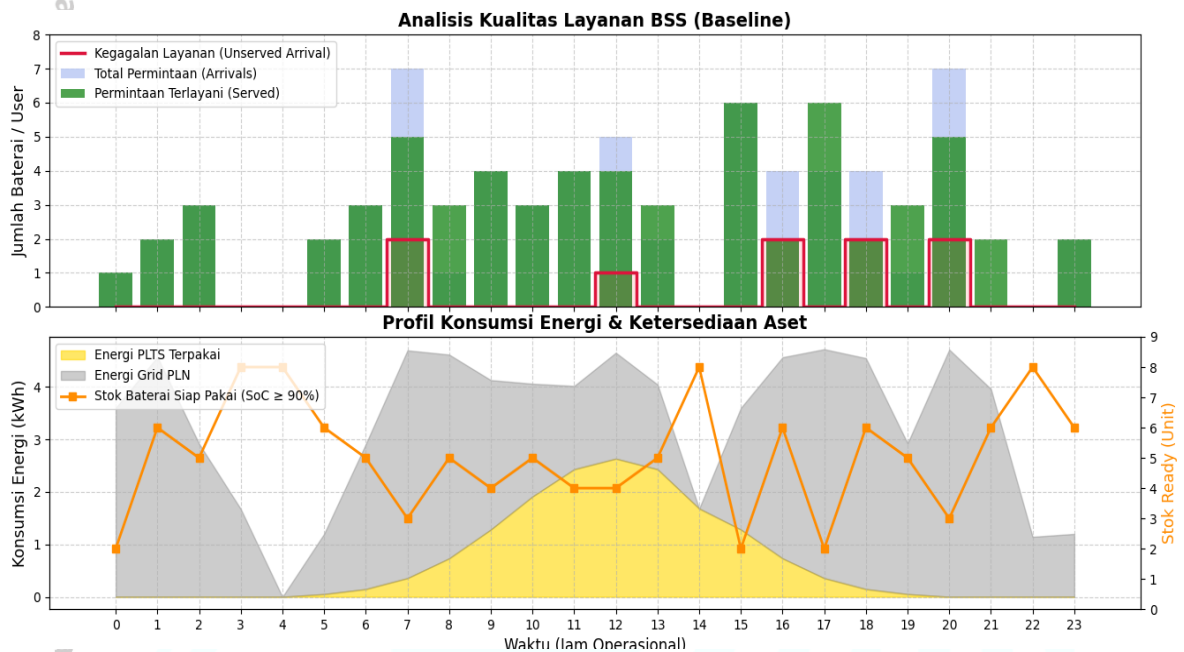
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### 4.2.3 Inefisiensi Pemanfaatan Energi PLTS dan Ketidaksinkronan Temporal

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. 6 Grafik Profil Konsumsi Energi & Ketersediaan Baterai

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa produksi/energi PLTS (area kuning) terkonsentrasi pada rentang siang hari (sekitar 10.00–14.00) dengan puncak di sekitar tengah hari, sedangkan periode kegagalan layanan (defisit stok siap pakai) justru dominan terjadi pada pagi (07.00) dan sore–malam (16.00–20.00). Ini mengonfirmasi adanya temporal mismatch antara:

- Jendela ketersediaan energi surya (siang hari), dan
- Jendela kebutuhan stok siap pakai tinggi (pagi dan sore).

Masalah utama baseline di sini bukan “energi tidak ada”, melainkan energi ada pada jam yang tidak membantu service level saat kedatangan, tidak dikonversi menjadi stok baterai siap pakai sebelum jam puncak. Dalam konteks BSS, stok baterai siap pakai berperan sebagai bentuk “penyimpanan energi operasional” (inventory buffer). Jika buffer ini tidak dibangun di jam tenang atau saat energi surya tersedia, maka dua konsekuensi muncul:

1. Kualitas layanan turun pada jam puncak (instant service level menurun): Kegagalan pada jam 16, 18, dan 20 menunjukkan stok siap pakai tidak cukup tepat saat demand terjadi, walaupun setelahnya sistem mampu mengejar dengan menyelesaikan antrian.
2. Ketergantungan pada PLN tetap tinggi, termasuk di luar jam PV: Saat PV menurun pada sore hari, proses pemulihan stok siap pakai memerlukan energi dari PLN. Bahkan saat PV tersedia di siang hari, masih terlihat konsumsi PLN yang signifikan, yang mengindikasikan beban pengisian tidak sepenuhnya dapat ditopang PV (karena batas daya PV/charger), dan baseline tidak memiliki mekanisme untuk menggeser beban pengisian secara proaktif ke jam PV demi meminimalkan kebutuhan

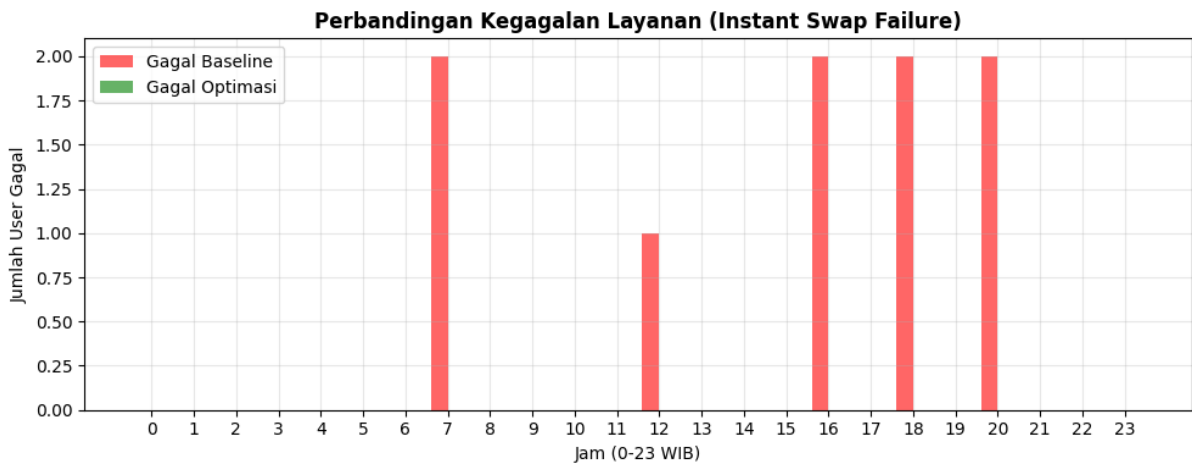
PLN pada jam-jam kritis. Hal inilah yang menyebabkan biaya operasional menjadi lebih mahal.

### 4.3 Analisis Perbandingan Performa (Baseline vs LP Optimal)

Evaluasi tujuan kedua dilakukan dengan membandingkan kebijakan operasi Baseline (uncontrolled charging) yang bersifat reaktif, dan kebijakan berbasis Linear Programming (LP) yang bersifat proaktif. Fokus perbandingan mencakup keandalan model dalam menangani permintaan yang dinamis (service level) dan biaya operasional layanan (efisiensi biaya energi). Dengan tetap memperhatikan *constraint* yang didefinisikan di Persamaan 3.6, 3.7, 3.8 dan 3.9.

#### 4.3.1 Analisis Ketersediaan Baterai (Service Level)

Pada skenario baseline, hasil diagnosis sebelumnya menunjukkan adanya kegagalan layanan saat kedatangan (*instant swap failure*) sebanyak 9 kasus sehingga *service level* berada pada 86,15%, meskipun seluruh permintaan tetap dapat diselesaikan hingga akhir hari melalui mekanisme antrian.



Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Jumlah Kegagalan Baseline vs LP

Perbaikan paling jelas terlihat pada Gambar 4.7. Pada baseline, kegagalan muncul pada beberapa jam puncak (terutama sekitar 07, 12, 16, 18, dan 20). Sebaliknya, pada skenario optimasi LP, batang “Gagal Optimasi” tidak muncul, yang mengindikasikan bahwa kegagalan layanan saat kedatangan dapat ditekan hingga nol untuk profil demand dan energi pada simulasi ini. Dengan demikian, LP meningkatkan service level bukan dengan “menambah energi”, tetapi dengan mengubah kapan energi dikonversi menjadi stok baterai siap pakai.

Secara operasional, peningkatan service level ini konsisten dengan dua fakta sistem:

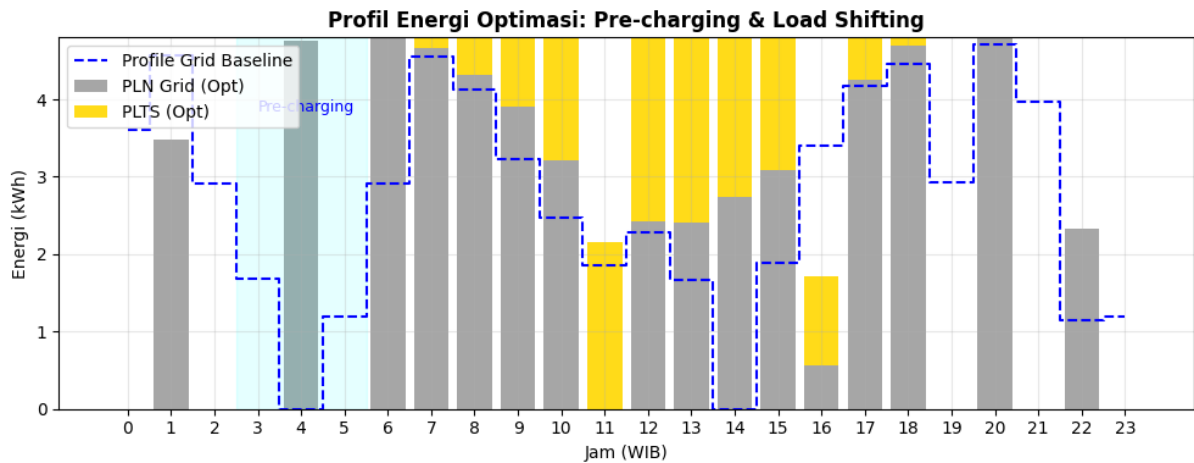
1. Lead time pengisian: baterai yang masuk (SoC rendah) tidak bisa berubah menjadi baterai siap pakai dalam jam yang sama. Tanpa pengisian proaktif, jam puncak akan rentan stockout.

2. Stok siap pakai adalah inventory: service level bergantung pada “buffer” baterai siap pakai yang sudah dipersiapkan sebelum lonjakan permintaan, bukan pada energi yang tersedia tepat pada jam kedatangan.

Intinya LP efektif menghilangkan “short-term stockout” (kekurangan stok siap pakai pada momen kedatangan), yang pada baseline muncul sebagai antrian atau *instant swap failure*.

### 4.3.2 Analisis Efisiensi Biaya

Dari sisi ekonomi, fungsi tujuan LP memaksimalkan profit dengan cara menekan biaya energi grid PLN yang didefinisikan pada Persamaan 3.5.



Gambar 4. 8 Grafik Profil Energi Optimasi: Pre-Charging & Load Shifting

Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Baseline vs LP

METRIK	BASELINE (Eksisting)	OPTIMASI (LP)
Service Level (%)	86.15	100
Total Demand (Unit)	65	65
Total <i>Instant Swap Failure</i> (Unit)	9	0
Biaya Listrik PLN (Rp)	93,800	81,538
Konsumsi Grid (kWh)	64.93	56.44
Konsumsi PV (kWh)	15.23	15.61

Pada Gambar 4.8 dan tabel 4.3, LP menunjukkan keunggulan karena 2 mekanisme kunci yaitu:

1. Strategi Pre-charging (03.00–05.00)

Pada interval dini hari (jam operasi tenang), sistem secara sengaja menarik energi dari PLN sebesar 4,76 kWh untuk membangun buffer baterai siap pakai sebelum lonjakan permintaan pagi dimulai. Strategi ini bukan “pemborosan”, melainkan investasi service

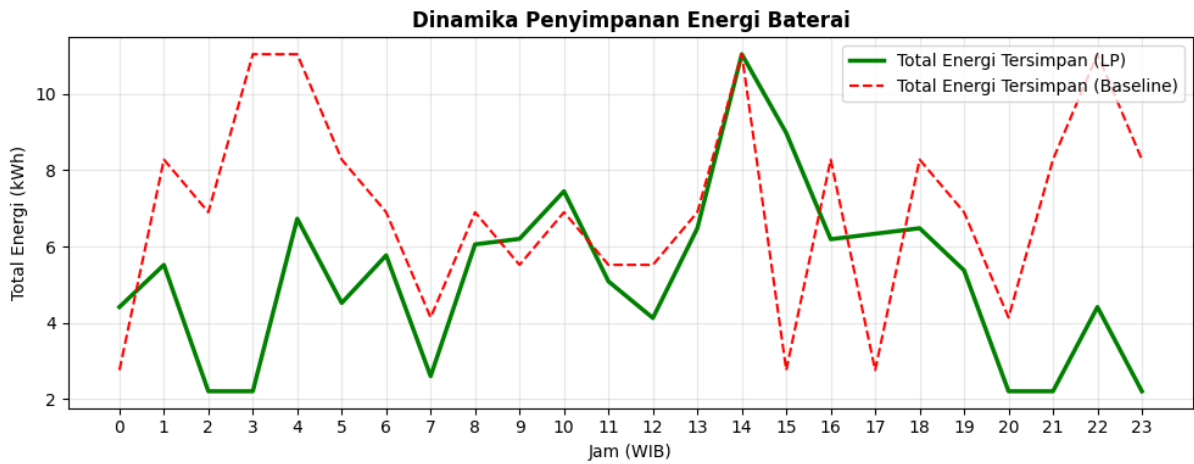
level: energi grid yang dibeli pada jam sepi digunakan untuk mencegah kerugian pendapatan dan peningkatan waktu tunggu saat jam sibuk.

2. Maksimalisasi Penyerapan PV (Load Shifting ke jam surya)

Pada jam iradiasi tinggi, LP memprioritaskan penggunaan PV sehingga konsumsi energi PLTS meningkat menjadi 15,61 kWh. Konsekuensi langsungnya adalah substitusi energi grid oleh energi surya, yang menurunkan biaya energi per unit layanan (dalam model biaya, PV dianggap berbiaya marginal lebih rendah dibanding grid).

**4.3.3 Penjadwalan Model LP Optimal**

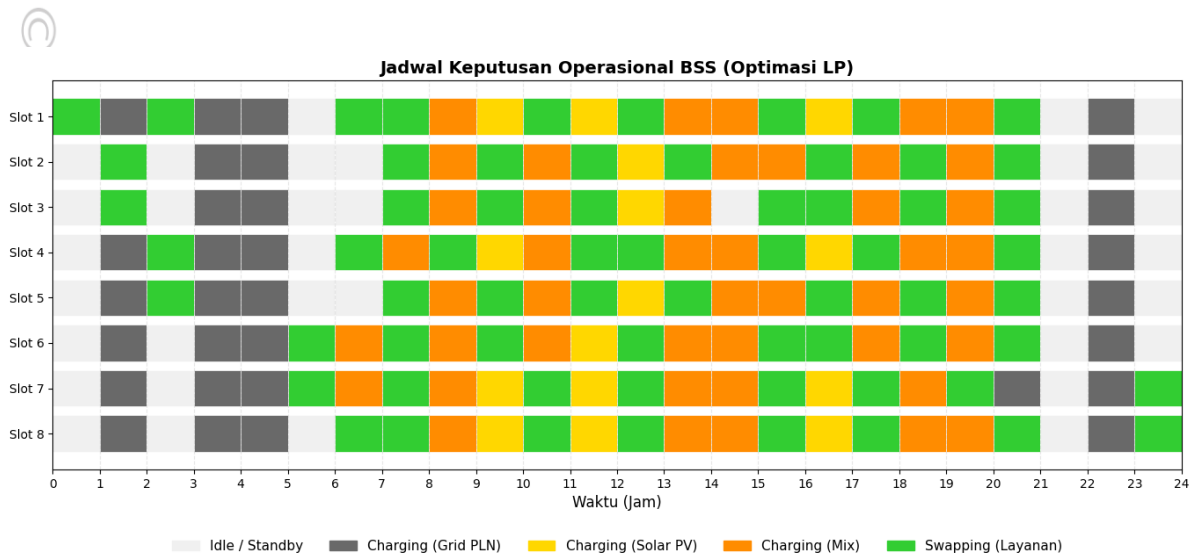
Perubahan paradigma reaktif → proaktif terlihat jelas dari dua visual: Dinamika Penyimpanan Energi Baterai dan Jadwal Keputusan Operasional BSS (Optimasi LP).



Gambar 4. 9 Grafik Dinamika Penyimpanan Energi Baterai

Pada Gambar 4.9, kurva LP (garis hijau) menunjukkan pola yang lebih terencana: energi tersimpan dinaikkan menjelang periode kritis, lalu dikonversi menjadi layanan saat demand tinggi, tanpa menyebabkan kondisi “drop mendadak” sebelum jam sibuk. Baseline (merah putus-putus) cenderung menunjukkan fluktuasi yang lebih tajam, mencerminkan perilaku pengisian yang mengikuti kejadian (reaktif) dan tidak mengunci target inventori minimum sebelum peak.

**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



*Gambar 4. 10 Jadwal Slot BSS dengan model LP*

Pada Gambar 4.10, jadwal slot memperlihatkan bahwa LP tidak hanya memutuskan “charge atau tidak”, tetapi juga:

- kapan menggunakan PLN (grid),
- kapan menggunakan PV,
- kapan menggunakan mix (karena kombinasi ketersediaan PV dan kebutuhan daya),
- dan kapan slot idle/standby untuk tetap memenuhi constraint (kapasitas charger/inverter, ketersediaan PV, dan batas energi baterai).

Pola yang dapat dibaca dari jadwal:

1. Dini hari didominasi pengisian grid (pre-charging) untuk membangun stok siap pakai.
2. Siang hari meningkatnya pengisian PV (dan mix), menunjukkan prioritas penyerapan energi surya saat tersedia.
3. Menjelang sore pengisian tetap berjalan bersamaan dengan aktivitas swapping, yang menandakan LP mengatur trade-off antara melayani permintaan dan menjaga stok.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, dan simulasi yang telah dilakukan selama kegiatan Praktik Kerja Lapangan di PT Pionir Energi Hijau, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Akar permasalahan dominan yang menyebabkan ketidaksesuaian (*mismatch*) antara profil permintaan dan ketersediaan baterai pada kondisi *baseline* adalah sifat kebijakan pengisian yang bersifat reaktif dan "buta" terhadap pola permintaan masa depan. Kegagalan layanan instan (*Instant Swap Failure*) sebesar 13,85% (9 dari 65 permintaan) terjadi karena sistem tidak mampu mengantisipasi jeda waktu pengisian (*lead time*) selama  $\pm 2,5$  jam. Titik kritis kegagalan teridentifikasi pada jam puncak pagi (07.00) dan sore hari (16.00–20.00), di mana stok baterai siap pakai habis sebelum proses pengisian baterai cadangan selesai dilakukan.
2. Skema penjadwalan pengisian baterai berbasis *Linear Programming* (LP) terbukti efektif memitigasi ketidaksesuaian tersebut melalui dua strategi utama: *Pre-charging* pada jam tenang (03.00–05.00) dan *Load Shifting* ke jam produksi puncak PLTS. Implementasi model ini berhasil meningkatkan *Service Level* (layanan instan) dari 86,15% menjadi 100%, sekaligus menekan biaya operasional energi PLN sebesar 13,07% (dari Rp 93.800 menjadi Rp 81.538). Hal ini membuktikan bahwa optimasi matematis mampu menyeimbangkan antara keandalan layanan dan efisiensi biaya secara lebih baik dibandingkan kebijakan konvensional.

### 5.2 Saran

Demi pengembangan sistem *Battery Swap Station* (BSS) yang lebih berkelanjutan di PT Pionir Energi Hijau, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Implementasi *Real-time Control*: Perusahaan disarankan untuk mengintegrasikan algoritma optimasi ini ke dalam sistem kontrol BSS secara *real-time* melalui platform monitoring yang telah dikembangkan, agar keputusan pengisian dapat menyesuaikan dengan fluktuasi cuaca dan permintaan aktual di lapangan.
2. Integrasi Peramalan (*Forecasting*): Akurasi skema penjadwalan dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan menambahkan modul peramalan permintaan berbasis *Machine Learning* dan integrasi API cuaca yang lebih presisi guna meminimalisir ketidakpastian produksi PLTS.
3. Pertimbangan Kesehatan Baterai (*Battery Health*): Untuk pengembangan model selanjutnya, disarankan untuk memasukkan variabel degradasi baterai ke dalam batasan optimasi guna menjaga nilai investasi aset baterai dalam jangka panjang, selain dari fokus pada keuntungan operasional jangka pendek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alharbi, W., Janjic, P., El-Shatshat, R., Sidhu, T., Essoufi, A., & Alqunun, K. (2023). Optimal scheduling of battery-swapping station loads for capacity enhancement of a distribution system. *Energies*, 16(1), 186. <https://doi.org/10.3390/en16010186>
- Anggraini Jamaluddin, T. A., Syamroni, A. W., & Husnayain, F. (2025). Grid impact of battery swapping station for electric two-wheelers in Indonesia. *International Journal of Electrical, Computer, and Biomedical Engineering (IJECBE)*.
- Burke, J. V. (2016). *Math 407 — Linear Optimization*. Department of Mathematics, University of Washington. <https://sites.math.washington.edu/~burke/crs/407/notes/section1.pdf>
- Faisal. (2023). Tahukah Anda apa itu iradiasi matahari?. *Radius*. <https://www.radius.co.id/tahukah-anda-apa-sih-itu-iradiasi-matahari/>
- Fauziah, N. E., Romdlony, M. Z., Muharam, A., & Yakub, F. (2025). RHO–LSTM-based optimal scheduling at the motorcycle battery swapping station under battery heterogeneity. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, 16(1). <https://doi.org/10.14203/j.mev.2025.v16.1>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). Tren kendaraan listrik ke depan telah disiapkan sejak dini. *Direktorat Jenderal EBTKE*. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/tren-kendaraan-listrik-ke-depan-telah-disiapkan-sejak-dini>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). Capai emisi nol bersih, pemerintah serius kembangkan kendaraan listrik. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/capai-emisi-nol-bersih-pemerintah-serius-kembangkan-kendaraan-listrik>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). Ini target pemerintah untuk populasi kendaraan listrik di tahun 2030. *Direktorat Jenderal EBTKE*. <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/ini-target-pemerintah-untuk-populasi-kendaraan-listrik-di-tahun-2030>
- Masters, G. M. (2013). *Renewable and efficient electric power systems* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai untuk transportasi jalan. <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Perpres%20No.%2055%20Thn%202019.pdf>
- Pertiwi, A., et al. (2017). Hubungan intensitas radiasi matahari dengan parameter cuaca. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*.

### 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



Ross, S. M. (2014). *Introduction to probability models* (11th ed.). Academic Press.

SciPy Community. (2024). Optimization and root finding (*scipy.optimize*). *SciPy Documentation*.

<https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/optimize.html>

Sun, B., et al. (2020). Demand-adapting charging strategy for battery-swapping stations. *Processes*, 8(11), 1454.

<https://doi.org/10.3390/pr8111454>

SUN Energy. (2025). Golongan tarif listrik untuk perusahaan I-3 dan I-4. *SUN Energy Blog*.

<https://sunenergy.id/blog/tarif-listrik-perusahaan/>

Wang, S., et al. (2024). Inventory management of battery swapping and charging stations considering uncertainty. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 155, 109554.

<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109554>

Xie, W., et al. (2024). Analysis of battery swapping station demand for electric taxis. *Sustainability*, 16(4), 1676.

<https://doi.org/10.3390/su16041676>

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

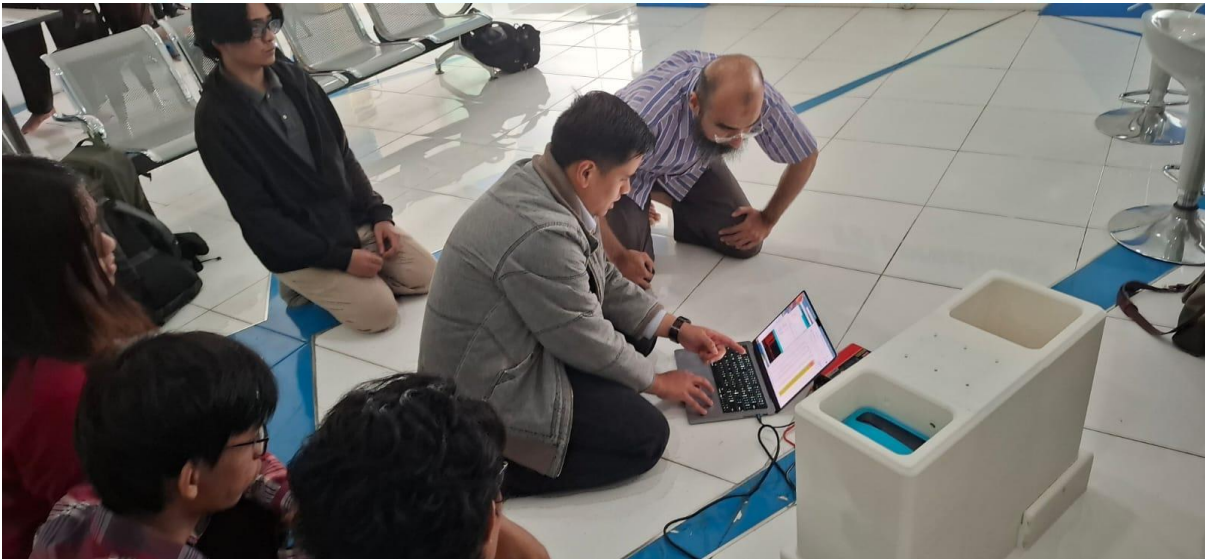


Hak Cipta

## LAMPIRAN



*Lampiran 1. Kunjungan Ke Pabrik Livoltek*



*Lampiran 2. Troubleshooting dengan PT Prasimax*

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 mengumpukan 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

```
75 def simulate_baseline_operation(demand_array, pv_energy_array, seed=1):
76     rng = np.random.default_rng(seed)
77
78     # Inisialisasi: 3 Baterai Penuh, 5 Kosong
79     initial_ready_count = 3
80     batteries = []
81     for _ in range(initial_ready_count):
82         batteries.append(Battery(SOC_MAX))
83     for _ in range(N_SLOTS - initial_ready_count):
84         batteries.append(Battery(SOC_EMPTY_RETURN))
85
86     records = []
87     queue = 0
88
89     for hour in range(24):
90         demand = demand_array[hour]
91         pv_avail = pv_energy_array[hour]
92
93         queue += demand
94
95         # Swapping
96         served = 0
97         while queue > 0:
98             ready_batteries = [b for b in batteries if b.soc >= SOC_READY]
99             if not ready_batteries:
100                 break
101
102             best_battery = max(ready_batteries, key=lambda x: x.soc)
103             batteries.remove(best_battery)
104             # User mengembalikan baterai dengan acak 18-22% SoC
105             return soc = rng.uniform(0.18, 0.22)
```

Lampiran 3. Fungsi Untuk Simulasi Model Dengan Python

**Battery Swapping Station Slots Status**

Slot	Status	SoC
SLOT 1	Charging	63.98%
SLOT 2	Charging	0.00%
SLOT 3	Charging	44.00%
SLOT 4	Charging	31.00%
SLOT 5	Charging	89.00%
SLOT 6	Charging	98.00%
SLOT 7	Charging	20.00%
SLOT 8	Charging	91.92%

Lampiran 4. Prototype Control & Monitoring di e-dashboard



## PT PIONIR ENERGI HIJAU (360ENERGY)

Plaza Asia Lt. 26 C-D  
Jl. Jenderal Sudirman Kav. 59 Jakarta 12190  
Telp: (021) 502128888 e-mail: admin@360energy.io

No : 018/DIR/kr/VIII/2025

Jakarta, 08 Agustus 2025

Perihal: Permohonan Praktik Kerja Lapangan

Kepada Yth,  
**Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T., IWE.**  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin**  
Politeknik Negeri Jakarta  
Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI Depok 16425

Dengan hormat,

Menindaklanjuti surat dari Politeknik Negeri Jakarta nomor 10510/PL3/PK.01.09/2025 tanggal 05 Agustus 2025 perihal Permohonan Praktik Kerja Lapangan di PT Pionir Energi Hijau, bersama ini kami menyampaikan bahwa PT Pionir Energi Hijau bersedia menerima mahasiswa Program Studi S1 Tr Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin untuk melaksanakan *On Job Training* (OJT) atau Praktik Kerja Lapangan.

Adapun nama mahasiswa yang akan melaksanakan OJT di perusahaan kami adalah sebagai berikut:

1. Ahmad Rahil Pahlevi (NIM 2202431033)
2. I Made Yudi Esa Taruna (NIM 2202431012)
3. Kahlil Gibran (NIM 2202431017)

Masa pelaksanaan OJT/PKL berlangsung mulai 04 Agustus s.d. 05 Desember 2025.

Kami berharap kegiatan ini dapat memberikan pengalaman praktis bagi mahasiswa sekaligus memberikan kontribusi positif bagi pengembangan sumber daya manusia di bidang teknologi rekayasa energi.

Demikian surat ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,



Kemal Rifky  
Direktur Utama

**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

*Lampiran 5. Surat balasan permohonan magang*



- 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



**PT PIONIR ENERGI HIJAU  
(360ENERGY)**

Plaza Asia Lt. 26 C-D  
Jl. Jenderal Sudirman Kav. 59 Jakarta 12190  
Telp: (021) 502128888 e-mail: admin@360energy.io

**SURAT KETERANGAN SELESAI MAGANG INDUSTRI**

**No: 29/PEH/DIR/is/XII/2025**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irwan Sukma  
Jabatan : Chief Operating Officer

Menyatakan bahwa mahasiswa dengan identitas di bawah ini:

Nama : I Made Yudi Esa Taruna  
NIM : 2202431012  
Program Studi : S1 Tr Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah selesai melaksanakan kegiatan Magang Industri di PT Pionir Energi Hijau dari tanggal 04 Agustus 2025 sampai dengan 05 Desember 2025 sesuai dengan surat permohonan dari Politeknik Negeri Jakarta no. 10510 PL3 PK.01.09 2025. Selama melaksanakan kegiatan Magang Industri di perusahaan kami, mahasiswa yang bersangkutan telah bekerja dengan baik dan penuh tanggung jawab.

Demikian Surat Keterangan Selesai Magang Industri ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 05 Desember 2025  
PT. Pionir Energi Hijau

**Irwan Sukma**  
Chief Operating Officer

*Lampiran 6. Surat keterangan selesai magang industri*



- 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

**LEMBAR ASISTENSI PRAKTIK KERJA INDUSTRI MAHASISWA  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

LEMBAR ASISTENSI			
Nama	:	I Made Yudi Esa Taruna	
NIM	:	2202431012	
Program Studi	:	Teknologi Rekayasa Konversi Energi	
Subjek	:	Laporan Praktik Kerja Lapangan	
Judul	:	Analisis Ketidakesuaian Ketersediaan Baterai Siap Pakai Terhadap Profil Permintaan Pada Battery Swap Station	
Pembimbing	:	Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc	
No	Tanggal	Permasalahan	Paraf
1.	3 November 2025	Penjelasan terhadap dosen pembimbing tentang kegiatan selama di industri serta korelasi antara kegiatan dengan judul laporan yang ingin diambil.	
2.	26 November 2025	Diskusi mengenai Judul laporan yang diambil dan mengumpulkan hasil dari BAB 1 yang telah dibuat.	
3.	12 Desember 2025	Pengajuan BAB 3 terhadap bagian latar belakang permasalahan perihal data pertanyaan 5W+1H mengenai permasalahan yang akan diinvestigasi.	
4.	22 Desember 2025	Revisi kembali pada BAB 1, dengan mengubah judul dan latar belakang agar lebih fokus ke pencarian masalah bukan penggunaan metode	
5.	27 Desember 2025	Revisi pada BAB 1 yang berfokus pada penjelasan tujuan yang dapat diukur dan dapat di evaluasi dengan jelas	
6.	29 Desember 2025	Pengajuan BAB 3 dan BAB 4 yang menyesuaikan dengan latar belakang dan tujuan yang sudah dibuat di BAB 1	
7.	05 Januari 2025	Pengajuan BAB 5, yang berisi Kesimpulan yang menjawab tujuan, dan saran kedepanya	
8.	07 Januari 2025	Revisi Laporan, dengan menambahkan Daftar Simbol dan nomor persamaan	

*Lampiran 7. Lembar Asistensi*



- 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

### KESAN INDUSTRI TERHADAP PARA PRAKTIKAN

Nama Perusahaan : PT Pionir Energi Hijau  
Alamat Perusahaan : Plaza Asia Lt. 26 C-D Jl. Jenderal Sudirman Kav. 59 Jakarta 12190  
Nama Pembimbing : Irwan Sukma  
Jabatan : Chief Operating Officer  
Nama Mahasiswa : I Made Yudi Esa Taruna

Berdasarkan pengamatan kami, mahasiswa tersebut dalam melaksanakan Praktik Kerja Lapangan pada pengembangan Dashboard Monitoring dan Deep Learning IoT untuk PLTS, UPS, dan Battery Swapping Station (BSS) dinyatakan:

Sangat Berhasil

#### Saran-saran sebagai berikut :

Mahasiswa menunjukkan kemampuan sangat baik dalam pengolahan data, integrasi sistem IoT, serta penerapan dasar deep learning untuk monitoring kinerja sistem energi. Kontribusi yang diberikan bersifat aplikatif dan relevan dengan kebutuhan industri.

#### Saran kepada Politeknik yang terkait dengan proyek yang ditangani sebagai berikut :

Bidang pengembangan dashboard dan AI/IoT untuk sistem energi terbarukan perlu terus diperkuat dalam kurikulum karena sangat dibutuhkan oleh industri energi dan kendaraan listrik.

Jakarta, 20 Desember 2025

Pembimbing Materi

Irwan Sukma

Chief Operating Officer

*Lampiran 8. Kesan industri terhadap para praktikan*



C

**LEMBAR PENILAIAN PRAKTIK KERJA INDUSTRI  
MAHASISWA JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

Nama Perusahaan : PT Pionir Energi Hijau  
Alamat Perusahaan : Plaza Asia Lt. 26 C-D Jl. Jenderal Sudirman Kav. 59 Jakarta 12190  
Nama Mahasiswa : I Made Yudi Esa Taruna  
NIM : 2202431012  
Program Studi : SI Tr Teknologi Rekayasa Konversi Energi

No	Aspek Yang Dinilai	Nilai	Keterangan
1	Sikap	90	Disiplin, bertanggung jawab, beretika
2	Kerja sama	88	Kooperatif dalam tim pengembangan
3	Pengetahuan	86	Memahami PLTS, UPS, BSS & konsep IoT
4	Inisiatif	87	Proaktif dalam pengembangan dashboard
5	Keterampilan	88	Analisis data, integrasi IoT & DL
6	Kehadiran	92	Kehadiran sangat baik
	<b>Jumlah</b>	<b>531</b>	
	<b>Nilai Rata-rata</b>	<b>88.5</b>	<b>Sangat Baik</b>

Jakarta, 20 Desember 2025

Pembimbing Materi



Irwan Sukma

Chief Operating Officer

- 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



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

No.	Jenis Kemampuan	Tanggapan Pihak Pengguna				Keterangan
		Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang	
		81-100	70-80	60-69	< 60	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Integritas (etika dan moral)	90				Etika kerja sangat baik
2	Keahlian berdasarkan bidang ilmu (kompetensi utama)	88				Kompeten di IoT & energi
3	Bahasa Inggris	85				Memahami dokumentasi teknis
4	Penggunaan teknologi informasi	89				Dashboard, IoT, DL
5	Komunikasi	87				Komunikasi teknis jelas
6	Kerjasama tim	90				Adaptif & kolaboratif
7	Pengembangan diri	88				Cepat belajar & inovatif
	<b>Total</b>	<b>617</b>				

Jakarta, 20 Desember 2025

Pembimbing Materi



Irwan Sukma

Chief Operating Officer

Lampiran 10. Lembar penilaian industri halaman 2



Ha



### Internship Attendance List

Period : 04 - Agustus - 2025 To 05 - Desember - 2025

Name : I Made Yudi Esatoruna  
 Student ID : 2202431012  
 School/University : Politeknik Negeri Jakarta  
 Faculty : Teknologi Rekayasa Konversi Energi  
 Mentor : Iwan Summa

No	Date	Start Time	End Time	Event
Week 1	04-08-2025	08:10	17:20	Membuat website dashboard
	05-08-2025	07:50	17:20	Membuat GAS SCRIPT UNTUK DATA
	06-08-2025	08:20	17:02	TESTING GAS SCRIPT, AMBIL DATA PV
	07-08-2025	08:11	17:01	Membuat tampilan grafik energy
	08-08-2025	08:14	16:54	Pengolahan data PV, disimpan ke DB
	09-08-2025	09:14	16:50	Membuat fitur Weekly Analysis
Week 2	11-08-2025	08:01	17:05	Membuatkan bug API timezone & error
	12-08-2025	08:05	17:05	Memambal tampilan HSS
	13-08-2025	08:01	17:04	Refactor kode-kode yang stacky
	14-08-2025	08:03	17:02	Membuat fitur Daily Commitment
	15-08-2025	07:51	17:01	Membuat fitur Monitoring Dashboard
Week 3	19-08-2025	08:03	17:02	Scraping data terakumulasi PV
	20-08-2025	08:05	17:00	Modeling pipeline data untuk PV
	21-08-2025	08:10	17:01	Membuat tampilan untuk Feeder baru
	22-08-2025	08:02	16:58	Membuat fitur pencarian, like & bookmark
	23-08-2025	08:01	16:50	Sinkronisasi fitur selected project
	24-08-2025	07:54	16:51	Fix bug Feeding coordinate & tampilan
Week 4	25-08-2025	08:06	17:01	Memetaan data tanah untuk lahan PV
	26-08-2025	08:07	17:01	Pembuatan fitur monitoring untuk
	27-08-2025	08:04	17:01	Hydroponik - Membuat frontend
	28-08-2025	08:05	17:01	Membuat bagian backend
	29-08-2025	08:05	17:07	Finishing dan testing real data
Week 5	01-09-2025	08:20	18:02	Kunjungan ke lokasi perkembangan tanah
	02-09-2025	08:04	17:01	Membuat fitur R RAC

Depok, 05 Desember 2025

Internship Mentor

 **PIONIR ENERGI HIJAU**  
Iwan Summa

Lampiran 11. Logbook halaman 1

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



**360energy**

PT Pionir Energi Hijau

**Internship Attendance List**

Period : 04 - Agustus - 2025 To 05 - Desember - 2025

Name : I Made Yuti Esa Tatuna  
 Student ID : 2202431012  
 School/University : Politeknik Negeri Jakarta  
 Faculty : Teknik Informatika  
 Mentor : Irfan Sukma

No	Date	Start	End	Event
		Time	Time	
	03-09-2025	08:01	17:15	Fix security issue
	04-09-2025	08:01	17:01	Pembuatan fitur khusus Admin
	05-09-2025	08:01	17:01	Fix bug RBAC Fitur
WEEK 4	08-09-2025	08:01	17:01	Pembuatan fitur monitoring Inverter
	09-09-2025	08:03	17:03	Pembuatan Frontend
	10-09-2025	08:03	17:04	Perencanaan skema data MongoDB
	11-09-2025	08:04	17:06	Pembuatan backend API & Logic Backend
	12-09-2025	08:01	17:02	Testing Unit test & real data
WEEK 5	15-09-2025	08:05	17:01	Pembuatan fitur controlling BSS
	16-09-2025	08:04	17:02	Testing control BSS & fix bug
	17-09-2025	08:02	17:01	Merancang Instruktur data backend
	18-09-2025	08:11	17:00	Manajemen data Energi (Perubahan)
	19-09-2025	08:07	16:59	Membuat visualisasi grafik
WEEK 6	22-09-2025	08:01	16:59	Pembuatan fitur monitoring energi
	23-09-2025	08:15	16:58	membuat fitur untuk maintenance
	24-09-2025	07:56	16:58	Testing fitur maintenance
	25-09-2025	08:01	17:01	menambah fitur deadline & Alarm
	26-09-2025	08:03	17:02	Membuat tampilan lebih terorganisir
WEEK 7	29-09-2025	08:09	16:59	Menganalisis masalah keamanan server
	30-09-2025	08:04	16:58	Backup data dan Hatersi Server
	01-10-2025	08:11	17:02	Troubleshooting database
	02-10-2025	08:09	17:03	~~~~~
	03-10-2025	08:03	17:05	Setup keamanan dan Pemulihan Server

Depok, \_\_\_\_\_ 2025

Internship Mentor



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 12. Logbook halaman 2



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

**360energy**

PT Pionir Energi Hijau

## Internship Attendance List

Period: 01-Agustus - 2025 To 05-Desember-2025

Name : I Made Yudi Esa Taruna  
 Student ID : 2202031012  
 School/University : Politeknik Negeri Jakarta  
 Faculty : Teknologi Rekayasa Konversi Energi  
 Mentor : Irtwan Sukma

No	Date	Start Time	End Time	Event
Week 9	08-10-2025	08:07	17:00	Fix vi/lux Problem edashboard
	07-11-2025	08:03	17:01	Create a new Project Page
	08-11-2025	08:11	17:00	Separate Project type/Solar Panel, Hvb
	09-11-2025	08:04	16:53	Fix Timezone and location Issue
	10-11-2025	08:07	16:51	Make schema that can store PDF manual Inverter
Week 9	13-17-10-2025	08:03	17:00	Helping technical team, trouble
	10-2025	08:02	17:01	Shooting Register modbus Inverter
Week 10	20-24-10-2025	08:00	17:00	Trying to Isolate HVAC Energy bal through sensor measurement
Week 11	27-31-10-2025	08:00	17:00	Trying to create CI/CD For edashboard create Healthly check to increase Availib
Week 12	03-07-11-2025	08:00	17:00	Create calculator PV that can provide useful information for PV Investment
Week 13	10-14-11-2025	08:00	17:00	Create another 360 Website for market contains campaign about Green energy
Week 14	17-21-11-2025	08:00	17:00	Helping Abdul For creating an optimal solution for scheduler BSS
Week 15	24-28-11-2025	08:00	17:00	create control mechanism for BSS - 7 Slot prototype
Week 16	01-05 Dec-2025	08:00	17:00	Creating comprehensive RTR for market

Depok, \_\_\_\_\_ 2025

Internship Mentor

  
 PIONIR ENERGI HIJAU  
 Irtwan Sukma