



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



PENGEMBANGAN DAN ANALISIS KINERJA SISTEM MONITORING PLTS HYBRID MENGGUNAKAN GRAFANA

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan

Magister Terapan Teknik Elektro

Di Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

Fikri Arifuddin

2409511006

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



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

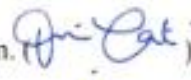
**LEMBAR PENGESAHAN
TESIS**

Laporan Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Fikri Arifuddin
NIM : 2409511006
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul Tesis : Pengembangan dan Analisis Kinerja Sistem Monitoring
PLTS Hybrid Menggunakan Grafana

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

DEWAN PENGUJI:

Ketua Penguji : Dr. Ir. Dewi Yanti Liliana, S.Kom., M.Kom. 

Anggota Penguji 1 : Mera Kartika Delimayanti, S.Si, M.T., Ph.D. 

Anggota Penguji 2 : Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si, M.Si 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2026



Ketua, Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta


Prof. Dr. Tatun Hayaun Nufus, M.Si.

NIP. 196604161995122001



Hak Cipta :

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

**LEMBAR PERSETUJUAN
TESIS**

Nama Penyusun : Fikri Arifuddin
NIM : 2409511006
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul Tesis : Pengembangan dan Analisis Kinerja Sistem Monitoring
PLTS Hybrid Menggunakan Grafana

Disetujui oleh:

Pembimbing 1 : Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001

Pembimbing 2 : Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002

Depok, 30 Juni 2026

Disahkan oleh

Ketua Pasca Sarjana Politeknik Negeri Jakarta



Prof. Dr. Tatun Hayaun Nufus, M.Si.
NIP. 196604161995122001



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

PERNYATAAN ORISINALITAS

Laporan Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Fikri Arifuddin

NIM : 2409511006

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juni 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengembangan dan analisis kinerja sistem monitoring PLTS hybrid berbasis Grafana pada lingkungan perkantoran. Sistem PLTS hybrid yang diterapkan terdiri dari panel surya berkapasitas 7,475 kWp, inverter hybrid tiga fasa 8 kW, baterai lithium berkapasitas 20,48 kWh, serta terintegrasi dengan jaringan PLN sebagai sumber energi cadangan. Sistem monitoring dikembangkan menggunakan komunikasi Modbus TCP/IP, gateway Ethernet, PostgreSQL, dan platform Grafana untuk menampilkan data operasional secara real-time dan historis. Penelitian dilakukan dengan metode penelitian terapan menggunakan pendekatan eksperimental dan deskriptif-kuantitatif berdasarkan data monitoring energi selama periode Januari hingga April 2026. Parameter utama yang dianalisis meliputi energi *production*, *consumption*, dan *purchasing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem PLTS menghasilkan total energi *production* sebesar 3044,15 kWh dengan total energi *consumption* sebesar 6858,07 kWh dan energi *purchasing* dari PLN sebesar 3813,92 kWh. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh rata-rata nilai *Self Consumption Ratio* (SCR) sebesar 45,44% dan *Grid Dependency Ratio* (GDR) sebesar 54,56%. Implementasi sistem PLTS hybrid mampu mengurangi penggunaan energi dari jaringan PLN sebesar 3044,15 kWh serta memberikan penghematan biaya konsumsi energi listrik sebesar Rp5.174.824,29 atau sekitar 44,8% dibandingkan penggunaan energi PLN secara penuh. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa sistem memiliki estimasi periode pengembalian investasi sekitar 8 tahun. Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring berbasis Grafana dinilai mampu mendukung proses monitoring dan evaluasi performa energi PLTS hybrid secara efektif serta membantu analisis pemanfaatan energi surya pada lingkungan perkantoran.

Kata Kunci : PLTS hybrid, monitoring energi, Grafana, energi surya, *Self Consumption Ratio*, *Grid Dependency Ratio*.

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

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis dengan judul Pengembangan dan Analisis Kinerja Sistem Monitoring PLTS *Hybrid* Menggunakan Grafana. Sholawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada para sahabatnya, serta kita selaku umatnya. Adapun tujuan dibuatnya laporan tesis ini yaitu untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Studi Magister Terapan Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan laporan tesis ini, penulis mendapat banyak bantuan berupa semangat, materi, bimbingan dan do'a dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, motivasi, serta semangat kepada penulis selama proses penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. Tatun Hayaun Nufus, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
3. Nana Sutarna, S.T., M.T, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
4. Dr. Isdawimah, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama proses penyusunan tesis ini.
5. Dr. Murie Dwiyaniti, ST., MT. selaku pembimbing pendamping yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, dan masukan kepada penulis selama proses penyusunan tesis ini.

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

6. Wisnu Aji S.Tr.T. selaku Direktur Utama PT Wiratama Sistem Integrasi yang telah memberikan izin kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian di lingkungan perusahaan, serta memberikan dukungan dan fasilitas selama proses penelitian sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik
7. Laili Fadihilah yang senantiasa memberikan motivasi, doa, dukungan, perhatian, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan tesis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.





DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	8
2.2.1 Prinsip Kerja Fotovoltaik	8
2.2.2 Sistem PLTS Hybrid	9
2.3 Dasar Perancangan Sistem PLTS Hybrid	10
2.3.1 Dasar Perancangan Kapasitas Panel Surya	10
2.3.2 Dasar Perancangan Kapasitas Inverter Hybrid	11
2.3.3 Dasar Perancangan Kapasitas Baterai	11
2.3.4 Dasar Perancangan Perangkat Proteksi.....	12
2.4 Sistem Monitoring Energi.....	12
2.4.1 Akuisisi Data.....	12
2.4.2 Penyimpanan Data	13
2.4.3 Visualisasi Data.....	13

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

2.5	Platform Monitoring Berbasis Grafana.....	13
2.6	Parameter dan Indikator Kinerja Energi PLTS Hybrid.....	14
2.6.1	Energi Produksi (<i>Production</i>)	14
2.6.2	Energi Konsumsi Beban (<i>Consumption</i>).....	15
2.6.3	Energi Pembelian dari PLN (<i>Purchasing</i>)	15
2.6.4	<i>Self Consumption Ratio</i> (SCR).....	16
2.6.5	<i>Grid Dependency Ratio</i> (GDR).....	17
2.7	<i>State the Art</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		19
3.1	Metode Penelitian.....	19
3.2	Tahapan Penelitian.....	19
3.3	Diagram Blok Sistem	22
3.3.1	Diagram Blok Sistem PLTS.....	22
3.3.2	Diagram Blok Sistem Monitoring.....	23
3.4	Objek Penelitian	23
3.5	Data dan Variabel Penelitian.....	24
3.5.1	Data Penelitian	24
3.5.2	Variabel Penelitian	25
3.5.3	Data Beban Listrik	25
3.6	Perancangan Sistem PLTS Hybrid.....	27
3.6.1	Data Dasar Perancangan	27
3.6.2	Perancangan Kapasitas Panel Surya.....	28
3.6.3	Perancangan Kapasitas Inverter Hybrid.....	30
3.6.4	Perancangan Kapasitas Baterai	30
3.6.5	Perancangan Sistem Proteksi	31
3.6.6	Perancangan Kabel Sistem.....	32
3.7	Perancangan Dashboard Sistem Monitoring.....	33
3.7.1	Topologi Sistem Monitoring.....	33
3.7.2	Desain Dashboard Grafana	34
3.8	Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.8.1	Sumber Data Penelitian.....	34
3.8.2	Parameter yang Direkam.....	34



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

3.8.3	Interval Waktu Pengambilan Data	35
3.8.4	Durasi Pengambilan Data.....	35
3.8.5	Validasi dan Pengolahan Awal Data.....	35
3.9	Teknik Analisis Data.....	35
3.9.1	Analisis Energi <i>Production</i>	35
3.9.2	Analisis Energi <i>Consumption</i>	36
3.9.3	Analisis Energi <i>Purchasing</i>	36
3.9.4	<i>Self Consumption Ratio</i>	37
3.9.5	<i>Grid Dependency Ratio</i>	38
3.10	Analisis Ekonomi Sistem	39
3.10.1	Analisis Biaya Konsumsi Energi PLN.....	39
3.10.2	Analisis Penghematan Energi	39
3.10.3	Analisis Penghematan Biaya Listrik	40
3.10.4	Analisis Periode Pengembalian Investasi.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Implementasi Sistem PLTS Hybrid dan Monitoring Energi.....	43
4.1.1	Implementasi Sistem PLTS Hybrid	43
4.1.2	Implementasi Sistem Monitoring Energi	44
4.1.3	Pengujian Sistem Monitoring Energi	47
4.2	Analisis Kinerja Sistem PLTS	48
4.2.1	Analisis Energi <i>Production</i> Harian	49
4.2.2	Analisis Energi <i>Consumption</i> Harian.....	50
4.2.3	Analisis Energi <i>Purchasing</i> Harian.....	51
4.2.4	Analisis Energi Mingguan.....	52
4.2.5	Analisis Energi Bulanan.....	53
4.3	Analisis Pola Pemanfaatan Energi	54
4.4	Analisis <i>Self Consumption Ratio</i> dan <i>Grid Dependency Ratio</i>	56
4.4.1	Analisis SCR dan GDR Harian	56
4.4.2	Analisis SCR dan GDR Mingguan	59
4.5	Evaluasi Efektivitas Sistem PLTS	60
4.5.1	Analisis Penggunaan Energi PLN.....	60
4.5.2	Analisis Penghematan Biaya.....	61



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

4.5.3	Analisis Kelayakan Ekonomi Sistem PLTS.....	62
4.5.4	Analisis Sensitivitas Kelayakan Ekonomi Sistem PLTS	65
4.6	Rekomendasi Pengembangan Sistem PLTS	67
4.6.1	Rekomendasi Penambahan Modul Panel Surya.....	67
4.6.2	Rekomendasi Penambahan Kapasitas Baterai	68
BAB V KESIMPULAN		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....		74
LAMPIRAN		76



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Efek Fotovoltaik	9
Gambar 2. 2 Sistem PLTS Hybrid	10
Gambar 2. 3 Platform Grafana	14
Gambar 2. 4 Kurva Produksi Terhadap Waktu	15
Gambar 2. 5 Kurva Beban Industri	15
Gambar 2. 6 Grafik Perbandingan Production dan Consumption.....	16
Gambar 2. 7 Grafik Perbandingan Consumption dan Purchasing	17
Gambar 3. 1 Flowchart.....	20
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem PLTS	22
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem Monitoring	23
Gambar 3. 4 Grafik Pola Beban dengan Waktu	26
Gambar 3. 5 Grafik Production Harian	36
Gambar 3. 6 Grafik Consumption Harian	36
Gambar 3. 7 Grafik Purchasing Harian	37
Gambar 3. 8 Grafik Perbandingan SCR Harian	38
Gambar 3. 9 Grafik Perbandingan GDR Harian	39
Gambar 4. 1 Instalasi Modul PV	44
Gambar 4. 2 Arsitektur Sistem Monitoring.....	45
Gambar 4. 3 Dashboard Monitoring Grafana.....	46
Gambar 4. 4 Grafik Harian Perbandingan Energi.....	49
Gambar 4. 5 Grafik Production Harian	50
Gambar 4. 6 Grafik Consumption Harian	51
Gambar 4. 7 Grafik Purchasing Harian	52
Gambar 4. 8 Pola Energi	55
Gambar 4. 9 Grafik Perubahan Nilai SCR Harian	58
Gambar 4. 10 Grafik Perubahan Nilai GDR Harian	58
Gambar 4. 11 Perbandingan Biaya Konsumsi Energi Listrik	62

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



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	5
Tabel 3. 1 Data Koordinat PLTS.....	24
Tabel 3. 2 Data Meteorologi Lokasi.....	24
Tabel 3. 3 Tabel Beban	26
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem Monitoring	47
Tabel 4. 2 Data Energi Mingguan	53
Tabel 4. 3 Fase Operasi Sistem PLTS.....	55
Tabel 4. 4 Data Harian SCR dan GDR.....	57
Tabel 4. 5 Klasifikasi Performa Sistem Berdasarkan Nilai SCR	59
Tabel 4. 6 Estimasi Penghematan Listrik Bulanan	61
Tabel 4. 7 Skenario Tarif PLN	66
Tabel 4. 8 Skenario Energi Production	66
Tabel 4. 9 Estimasi Biaya Penambahan Modul Surya	67
Tabel 4. 10 Estimasi Biaya Penambahan Kapasitas Baterai	69

**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

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

DAFTAR RUMUS

Rumus	No.Urut Rumus	Pertama Digunakan Pada Halaman
Perhitungan Solar Panel	2.1	10
Perhitungan Jumlah Solar Panel	2.2	11
Perhitungan Kapasitas Inverter	2.3	11
Perhitungan Baterai	2.4	11
Perhitungan Proteksi dan Kabel	2.5	12
<i>Self Consumption Ratio</i>	2.6	16
<i>Grid dependency Ratio</i>	2.7	18
Konsumsi Energi	3.1	37
Penghematan Energi	3.2	37
Biaya Sebelum PLTS	3.3	37
Biaya Dengan PLTS	3.4	37
Penghematan Biaya	3.5	37
<i>Payback Period</i>	3.6	37
<i>Net Present Value</i>	3.7	37
<i>Internal Rate of Return</i>	3.8	38

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Lokasi Penempatan Solar Panel	76
Lampiran 2 Desain Rancangan	77
Lampiran 3 Schematic Sistem PLTS dan Sistem Monitoring.....	78
Lampiran 4 Spesifikasi Sistem PLTS dan Monitoring.....	79
Lampiran 5 Implementasi Sistem PLTS	81
Lampiran 6 Tampilan Dashboard Grafana.....	82
Lampiran 7 Data Monitoring Januari - April	83





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

Pemanfaatan energi terbarukan, khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), semakin berkembang di Indonesia seiring dengan potensi radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun [1]. Salah satu bentuk penerapannya adalah sistem PLTS *hybrid*, yang menggabungkan energi surya, baterai, dan jaringan listrik PLN untuk menjamin kontinuitas pasokan daya [2]. Sistem PLTS hybrid saat ini banyak diterapkan karena mampu mengintegrasikan energi surya, baterai, dan jaringan listrik PLN dalam satu sistem yang saling mendukung untuk menjaga kestabilan suplai energi listrik. Sistem ini memungkinkan pemanfaatan energi surya secara optimal ketika tersedia, sekaligus menjaga keandalan suplai energi pada saat produksi surya menurun akibat faktor cuaca atau waktu operasional.

Sejalan dengan perkembangan tersebut, perusahaan tempat penelitian ini dilakukan mulai menginisiasi pemanfaatan energi terbarukan sebagai bagian dari upaya peningkatan efisiensi energi dan pengurangan ketergantungan terhadap pasokan listrik konvensional. Beberapa proyek perusahaan yang berlokasi jauh dari sumber jaringan PLN telah lebih dahulu menerapkan sistem PLTS sebagai solusi penyediaan energi listrik. Keberhasilan implementasi pada lokasi-lokasi tersebut mendorong perusahaan untuk mencoba menerapkan sistem PLTS hybrid di lingkungan perkantoran sebagai tahap awal adopsi energi terbarukan. Penerapan PLTS hybrid di kantor diharapkan mampu mengoptimalkan pemanfaatan energi surya sekaligus tetap menjaga keandalan pasokan listrik melalui dukungan baterai dan jaringan PLN.

Kompleksitas sistem PLTS hybrid yang melibatkan lebih dari satu sumber energi menuntut adanya sistem monitoring yang andal dan akurat. Sistem monitoring berperan penting dalam mengamati performa pembangkitan, konsumsi energi, status baterai, serta interaksi antara PLTS dan jaringan PLN secara real-time maupun historis [3]. Tanpa sistem monitoring yang memadai, operator akan kesulitan mendeteksi penurunan kinerja, gangguan teknis, maupun ketidakefisienan aliran energi [4]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa monitoring yang baik mampu meningkatkan keandalan operasional dan

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

mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada sistem PLTS hybrid. Dengan demikian, keberadaan sistem monitoring bukan hanya sebagai pelengkap, tetapi menjadi kebutuhan esensial dalam pengelolaan dan evaluasi kinerja PLTS hybrid [5].

Berbagai sistem monitoring PLTS hybrid telah dikembangkan, baik oleh pabrikan inverter maupun melalui penelitian akademik. Beberapa pabrikan inverter hybrid menyediakan platform monitoring bawaan berbasis cloud untuk menampilkan parameter dasar sistem, seperti tegangan, arus, dan status baterai [6]. Selain itu, penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan monitoring PLTS hybrid berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan aplikasi Blynk , sistem SCADA berbasis Modbus TCP/IP dan Node-RED [6], serta monitoring multi-sumber energi berbasis komunikasi GSM [7]. Namun, sebagian besar sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada platform tertentu, keterbatasan akses terhadap data mentah, serta kurangnya fleksibilitas visualisasi dan analisis lanjutan [8]. Seiring berkembangnya platform *open-source*, Grafana mulai banyak digunakan sebagai solusi visualisasi data *time-series* pada berbagai bidang, termasuk sistem energi dan monitoring infrastruktur [9]. Oleh karena itu, penelitian ini menghadirkan pembaruan berupa pengembangan dan analisis sistem monitoring energi PLTS hybrid berbasis Grafana, dengan fokus pada variabel *production*, *consumption*, dan *purchasing* sebagai dasar evaluasi performa dan efisiensi operasional sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, dapat dikemukakan perumusan masalah yang ada, yaitu:

1. Bagaimana kinerja sistem PLTS hybrid berdasarkan analisis energi *production*, *consumption*, dan *purchasing* yang diperoleh dari sistem monitoring energi berbasis Grafana?
2. Bagaimana pola pemanfaatan energi dan kontribusi masing-masing sumber energi pada sistem PLTS hybrid berdasarkan data operasional?
3. Bagaimana tingkat pemanfaatan energi surya dan ketergantungan terhadap jaringan listrik berdasarkan indikator *Self Consumption Ratio* (SCR) dan *Grid Dependency Ratio* (GDR)?

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

4. Bagaimana tingkat efektivitas sistem PLTS hybrid dalam mengurangi penggunaan energi dari PLN dan biaya konsumsi energi listrik?
5. Rekomendasi teknis apa yang dapat diusulkan untuk meningkatkan kinerja sistem PLTS hybrid berdasarkan hasil evaluasi dan analisis data monitoring?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari beberapa masalah yang bermunculan, Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja sistem PLTS hybrid berdasarkan parameter energi *production*, *consumption*, dan *purchasing* menggunakan sistem monitoring energi berbasis Grafana.
2. Menganalisis pola pemanfaatan energi dan kontribusi masing-masing sumber energi pada sistem PLTS hybrid berdasarkan data operasional harian dan mingguan.
3. Mengevaluasi tingkat pemanfaatan energi surya dan ketergantungan terhadap jaringan listrik menggunakan indikator *Self Consumption Ratio* (SCR) dan *Grid Dependency Ratio* (GDR).
4. Mengevaluasi efektivitas sistem PLTS hybrid dalam mengurangi penggunaan energi dari PLN dan biaya konsumsi energi listrik.
5. Menyusun rekomendasi teknis untuk meningkatkan performa sistem PLTS hybrid berdasarkan hasil analisis monitoring energi.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan referensi dan pengembangan keilmuan terkait perancangan dan monitoring sistem PLTS hybrid berbasis platform open-source, khususnya dalam analisis aliran energi berbasis data real-time.
2. Menyediakan sistem monitoring energi PLTS hybrid yang bersifat terbuka dan fleksibel sehingga dapat digunakan sebagai alat evaluasi kinerja dan efisiensi energi pada sistem kelistrikan perkantoran.
3. Menjadi dasar pertimbangan bagi perusahaan dalam pengambilan keputusan terkait optimalisasi pemanfaatan energi surya, pengurangan



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

ketergantungan terhadap jaringan PLN, serta pengembangan implementasi energi terbarukan di masa mendatang.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk menjaga fokus penelitian dan menghindari pembahasan yang terlalu luas, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Sistem PLTS yang dibahas adalah PLTS hybrid yang diterapkan pada lingkungan perkantoran dengan konfigurasi panel surya, baterai, inverter hybrid, dan jaringan PLN.
2. Perancangan sistem PLTS hybrid dibatasi pada perhitungan kapasitas utama, meliputi panel surya, inverter, dan baterai, tanpa membahas detail konstruksi mekanik dan instalasi fisik secara mendalam.
3. Data energi yang dianalisis dibatasi pada tiga variabel utama, yaitu *production*, *consumption*, dan *purchasing*.
4. Sistem monitoring menggunakan platform Grafana sebagai visualisasi data dan menggunakan PostgreSQL sebagai basis data penyimpanan dan pengolahan data monitoring
5. Protokol komunikasi yang digunakan dibatasi pada Modbus TCP/IP melalui gateway Ethernet, tanpa membahas protokol komunikasi lainnya.

Hak Cipta :

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

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi sistem, pengumpulan data, serta analisis kinerja sistem PLTS hybrid yang dilakukan selama periode Januari hingga April 2026, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring energi berbasis Grafana berhasil diimplementasikan pada sistem PLTS hybrid yang terdiri dari panel surya 7,475 kWp, inverter hybrid 8 kW tiga fasa, dan baterai 20,48 kWh. Sistem mampu melakukan monitoring parameter energi secara *real-time* dan historis serta mendukung proses evaluasi kinerja PLTS hybrid. Berdasarkan hasil monitoring Januari–April 2026 diperoleh total energi *production* sebesar 3044,15 kWh, *consumption* sebesar 6858,07 kWh, dan *purchasing* sebesar 3813,92 kWh.
2. Hasil analisis *Self Consumption Ratio* (SCR) dan *Grid Dependency Ratio* (GDR) menunjukkan bahwa sistem PLTS hybrid memiliki rata-rata nilai SCR sebesar 45,44% dan rata-rata nilai GDR sebesar 54,56%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa energi *production* dari sistem PLTS telah mampu membantu memenuhi hampir setengah kebutuhan energi beban operasional perkantoran, meskipun penggunaan energi *purchasing* dari jaringan PLN masih cukup dominan pada beberapa kondisi operasional tertentu.
3. Pola pemanfaatan energi pada sistem PLTS hybrid menunjukkan bahwa energi *production* dari panel surya diprioritaskan untuk pengisian baterai pada pagi hari hingga kondisi baterai penuh. Setelah baterai mencapai kapasitas maksimum, energi *production* digunakan secara langsung untuk memenuhi kebutuhan energi beban pada siang hari. Mulai pukul 16.00, sistem memanfaatkan energi baterai dan energi *production* untuk memenuhi kebutuhan energi beban hingga kondisi *State of Charge* (SOC) baterai mencapai batas minimum sebesar 10%, yang umumnya terjadi sekitar pukul 23.00. Setelah itu, kebutuhan energi beban dipenuhi

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

menggunakan energi *purchasing* dari jaringan PLN hingga periode operasional berikutnya.

4. Implementasi sistem PLTS hybrid mampu mengurangi penggunaan energi dari jaringan PLN sebesar 3044,15 kWh selama periode pengamatan dan menghasilkan penghematan biaya listrik sebesar Rp5.174.824,29. Berdasarkan analisis kelayakan ekonomi, sistem memiliki *Payback Period* 8,1 tahun, NPV positif sebesar Rp67.092.000, dan IRR sebesar 10,77% yang lebih tinggi dibandingkan discount rate 5%, sehingga investasi sistem dinilai layak secara ekonomi.
5. Berdasarkan hasil evaluasi teknis dan ekonomi, pengembangan sistem PLTS hybrid yang paling direkomendasikan adalah penambahan kapasitas panel surya dibandingkan penambahan kapasitas baterai. Rekomendasi ini didasarkan pada potensi peningkatan energi production yang lebih besar serta periode pengembalian investasi yang lebih cepat, sehingga dinilai lebih efektif untuk meningkatkan kontribusi energi surya dan menurunkan ketergantungan terhadap jaringan PLN.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan sistem maupun penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengembangan kapasitas panel surya guna meningkatkan kontribusi energi *production* terhadap kebutuhan energi beban. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai *Self Consumption Ratio* (SCR) masih sebesar 45,44% dan *Grid Dependency Ratio* (GDR) masih sebesar 54,56%, sehingga ketergantungan sistem terhadap jaringan PLN masih relatif tinggi. Penambahan kapasitas panel surya berpotensi meningkatkan energi production, meningkatkan nilai SCR, menurunkan nilai GDR, serta mengurangi penggunaan energi *purchasing* dari jaringan PLN. Selain itu, berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi, peningkatan kapasitas panel surya diperkirakan memberikan manfaat ekonomi yang lebih efektif



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

dibandingkan penambahan kapasitas baterai karena mampu meningkatkan produksi energi secara langsung dan memperbesar potensi penghematan biaya listrik.

2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem monitoring menjadi sistem manajemen energi cerdas berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dengan memanfaatkan data historis *production*, *consumption*, *purchasing*, dan *State of Charge* (SOC) baterai yang telah tersimpan pada database monitoring. Implementasi metode *machine learning* atau *predictive analytics* dapat digunakan untuk memprediksi produksi energi surya, pola konsumsi energi, kondisi baterai, serta kebutuhan energi dari jaringan PLN berdasarkan data historis dan kondisi operasional sistem.





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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Efriansyah *et al.*, “Analisis Potensi Energi Matahari Dan Pembangkitan Daya pada PLTS Sebagai Sumber Rumah Energi Terbarukan Sederhana di Kota Bengkulu,” vol. IX, no. 1, 2024.
- [2] I. Uli and V. Simanjuntak, “Analisa Anti Islanding pada Inverter 3 Fase PLTS Hybrid 5 Kw Terhadap Jaringan PLN,” 2022, doi: 10.30651/cl.v5i2.
- [3] T. D. Lorobezy and Krismadinata, “Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Berbasis IoT,” *MSI Transaction on Education*, vol. 4, no. 2, pp. 71–84, Aug. 2023, doi: 10.46574/mted.v4i2.111.
- [4] M. Y. Albustomi, I. M. Wartana, and A. U. Krismanto, “Paper Magnetika,” *Magnetika*, vol. 7, no. 2, pp. 357–364, 2023.
- [5] M. Malik Ibrahim, A. Effendi, A. Yuana Dewi, and A. Anugrah, “HEMAT: Journal of Humanities Education Management Accounting and Transportation Monitoring dan Analisa Daya Pengaplikasian Pembangkit Listrik Hybrid PLTS dan PLTB pada Penerangan Jalan Umum Berbasis IoT,” vol. 2, no. 1, 2025.
- [6] Y. A. Pradana, W. P. Muljanto, I. S. Faradisa, and J. T. Elektro, “Pradana, Sistem Monitoring PLTS Hybrid Off-Grid pada Instalasi Pengolahan Limbah Pabrik KripiK Kawasan Mojokerto 63 SISTEM MONITORING PLTS HYBRID OFF-GRID PADA INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH PABRIK KRIPIK KAWASAN MOJOKERTO.”
- [7] J. A. Sains *et al.*, “Sistem Monitoring dan Manajemen Energi pada Pembangkit Hybrid PLTS, PLTB, dan PLN Berbasis Internet of Things.” [Online]. Available: www.jasiek.unmer.ac.id
- [8] R. M. Febriana, “IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING MENGGUNAKAN PROMETHEUS DAN GRAFANA,” 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/342511231>
- [9] G. Yudhy Kusuma and U. Y. Oktiawati, “Perancangan Sistem Monitoring Performa Aplikasi Menggunakan Opentelemetry dan Grafana Stack,” *Journal of Internet and Software Engineering*, vol. 3, no. 1, 2022, [Online]. Available: <http://34.128.121.13:5000/v1/campaigns>
- [10] D. Rahman and H. Amnur, “Indri Rahmayuni 133 Monitoring Server dengan Prometheus dan Grafana serta Notifikasi Telegram Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi,” 2020. [Online]. Available: <http://jurnal-itsi.org>
- [11] M. Chw Al Fajar and O. Nur Samijayani, “Realtime Greenhouse Environment Monitoring Based on LoRaWANProtocol using Grafana,” *IEEE*, Jun. 2021.
- [12] L. Shen and L. S. Shen, “Power Over Ethernet (PoE) Technical Overview Power Over Ethernet (PoE) Technical Overview A grant from the



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

- Minnesota Department of Commerce, Division of Energy Resources through the Conservation Applied Research and Development (CARD) program. Power Over Ethernet (PoE) Technical Overview,” 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.11680.53769.
- [13] D. Engin, M. Engin, S. Pinar, and M. Candan, “PLC and SCADA Based Real-Time Monitoring and Control of Networked Processes,” 2021. [Online]. Available: www.jmest.org
- [14] A. Aggoune and Z. Benratem, “ECG Data Visualization: Combining the power of Grafana and InfluxDB,” in *IEEE*, Apr. 2023.
- [15] E. Betke and J. Kunkel, “Real-Time I/O-Monitoring of HPC Applications with SIOX, Elasticsearch, Grafana and FUSE,” R. Yokota, Ed., Springer, Oct. 2017, pp. 174–186.
- [16] N. Chan, “A resource utilization analytics platform using grafana and telegraf for the Savio supercluster,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Jul. 2019. doi: 10.1145/3332186.3333053.
- [17] D. Flores, C. Adell, and J. Vanderaa, *Modern Network Observability*. Birmingham: Packt Publishing, 2024.
- [18] M. Chakraborty and A. Pratap Jundan, “Grafana,” in *Monitoring Cloud-Native Applications*, Springer, 2021, pp. 187–240.
- [19] M. Y. Puriza, W. Yandi, and A. Asmar, “Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dengan Panel Surya Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang,” *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 8, no. 1, pp. 47–52, Apr. 2021, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v8i1.2034.
- [20] M. R. Abidin and A. Natsir, “IMPLEMENTASI INVERTER HYBRID PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI LABORATORIUM ENERGI BARU TERBARUKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MATARAM [IMPLEMENTATION OF HYBRID INVERTERS IN SOLAR POWER PLANT (PLTS) IN THE NEW RENEWABLE ENERGY LABORATORY FACULTY OF ENGINEERING MATARAM UNIVERSITY].”
- [21] M. Hasan Zein, H. Setiana, Isdawimah, O. Isra Yuspita, and A. Alfian, “Internet of Things Based Electrical Power Quality Monitoring On the Motor Control Panel,” *ELECTRICES*, vol. 5, no. 2, pp. 88–97, 2023.
- [22] Isdawimah, N. Nadhiroh, A. Damar Aji, and Ismujianto, “Real-Time Monitoring of Power Quality for Web Based Electrical Power Panel Using LabVIEW,” *ICECOS*, 2019, [Online]. Available: <https://monitoringppnj.com/lab2/>.
- [23] N. Nadhiroh, R. Fierdaus, and Isdawimah, “IoT based Battery Storage Temperature Monitoring System,” *IC2IE*, Sep. 2022.

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

Lampiran 1 Foto Lokasi Penempatan Solar Panel

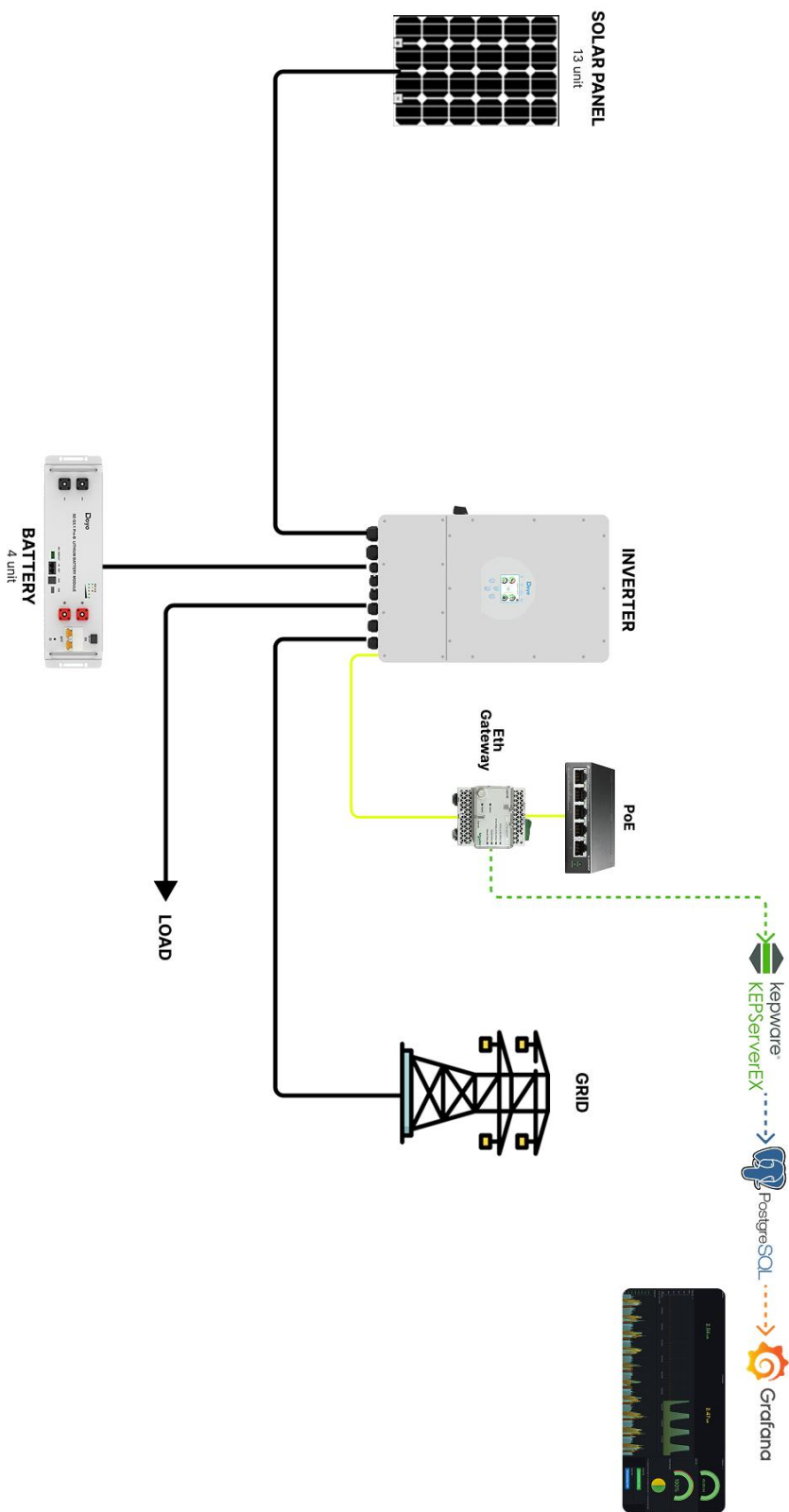




Hak Cipta :

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 3 Schematic Sistem PLTS dan Sistem Monitoring



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Lampiran 4 Spesifikasi Sistem PLTS dan Monitoring

Tabel L3. 1 Spesifikasi Solar Panel

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Monocrystalline
Daya Nominal	575 Wp
Tegangan Open Circuit (Voc)	46
Arus Short Circuit (Isc)	17.09
Tegangan Maksimum Daya (Vmp)	38.7
Arus Maksimum Daya (Imp)	±13 A
Efisiensi Modul	21.3
Toleransi Daya	0 ~ +5
Jumlah Modul Terpasang	13 unit
Konfigurasi String	1 string

Tabel L3. 2 Spesifikasi Inverter

Parameter	Spesifikasi
Merek / Tipe	SUN-8K
Jenis Inverter	Hybrid
Daya Nominal	8 kW
Daya Maksimum	12 kW
Jumlah Fasa	3 fasa
Jumlah MPPT	2
Rentang Tegangan Input PV	200-650V
Tegangan Sistem Baterai	51,2 V
Efisiensi Inverter	97,60%
Protokol Komunikasi	Modbus

Tabel L3. 3 Spesifikasi Baterai

Parameter	Spesifikasi
Merek / Tipe	Deye SE-G5.1 Pro-B
Jenis Baterai	Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄)
Tegangan Nominal	51,2 V
Kapasitas	100 Ah
Kapasitas Energi per Unit	5,12 kWh
Jumlah Baterai Terpasang	4 unit
Total Kapasitas Energi	20,48 kWh
Depth of Discharge (DoD)	hingga 90%
Arus Charge / Discharge Maks.	50 - 100
Sistem Proteksi	BMS internal

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

Tabel L3. 4 Spesifikasi Proteksi Sistem

Lokasi Proteksi	Jenis Proteksi	Spesifikasi	Fungsi
Sisi PV	MCB DC	2 Pole, 20 A	Proteksi arus lebih sisi panel
Sisi AC Beban	MCB AC	3 fasa, 16 A	Proteksi arus lebih beban
Sisi AC Grid	MCB AC	3 fasa, 16 A	Proteksi arus lebih jaringan PLN
Sisi Baterai	MCB Internal	125 A	Proteksi baterai

Tabel L3. 5 Spesifikasi Kabel

Jalur Instalasi	Jenis Kabel	Ukuran Kabel	Keterangan
Panel Surya → Inverter	Kabel DC PV	4 mm ²	Jalur DC string panel
Baterai → Inverter	Kabel DC	16 mm ²	Kabel bawaan pabrikan baterai
Inverter → Beban	Kabel AC	6 mm ²	Jalur distribusi AC
Inverter → Grid PLN	Kabel AC	6 mm ²	Jalur interkoneksi grid

Tabel L3. 6 Spesifikasi Sistem Monitoring

Parameter	Spesifikasi
Sumber Data	Inverter Hybrid Deye
Protokol Komunikasi	Modbus Serial / TCP
Gateway Komunikasi	EGX150
Server Akuisisi Data	Kepserver
Basis Data	PostgreSQL
Platform Visualisasi	Grafana
Interval Pengambilan Data	5 menit
Jenis Data	Time-series
Parameter Utama	Production, Consumption, Purchasing
Parameter Pendukung	Daya, Tegangan, Arus, Status Baterai

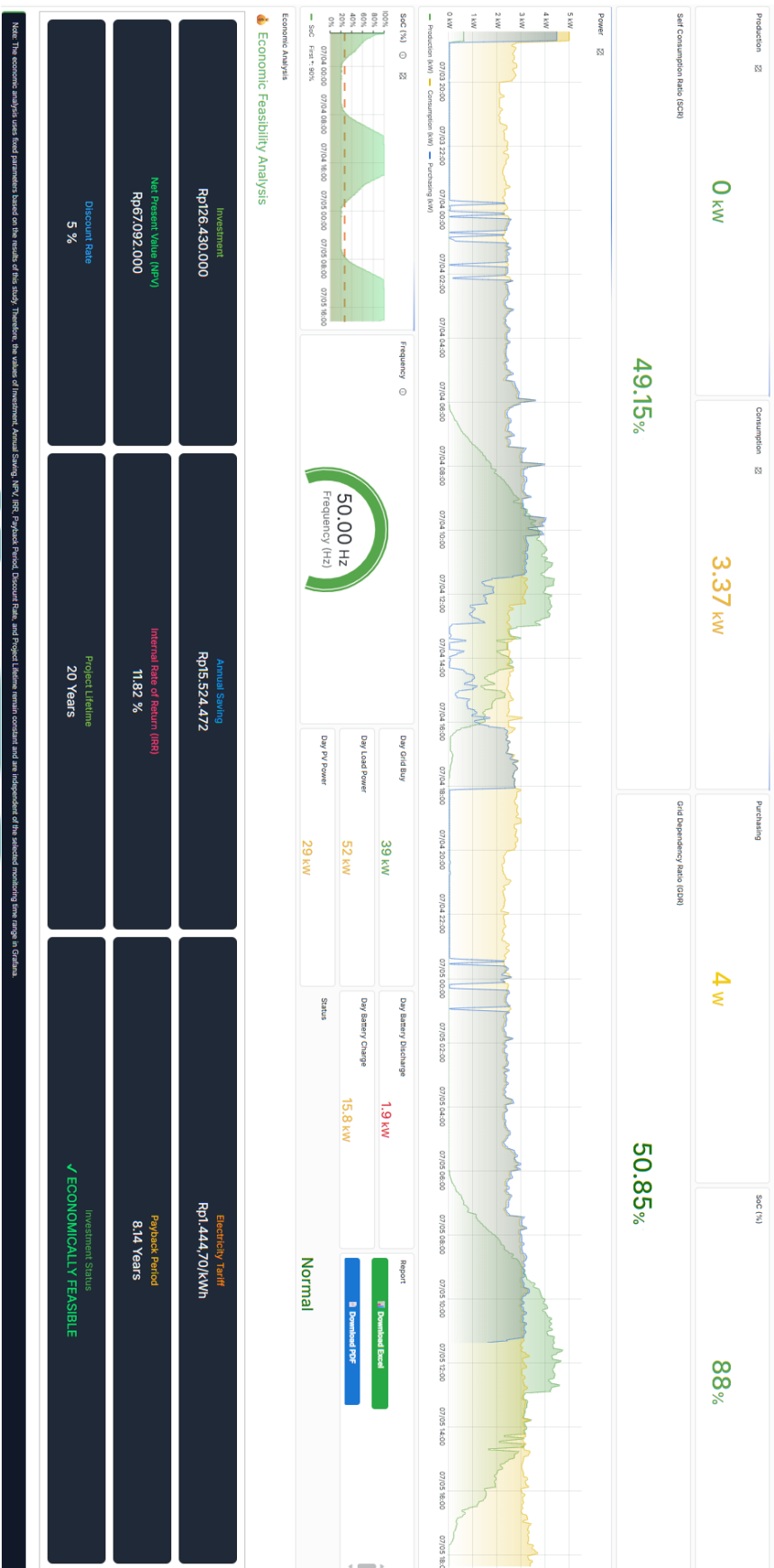
Lampiran 5 Implementasi Sistem PLTS



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 6 Tampilan Dashboard Grafana



© 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



Lampiran 7 Data Monitoring Januari - April

LAPORAN MONITORING ENERGI PLTS HYBRID

PT Wiratama Sistem Integrasi
Workshop - Cimahi, Jawa Barat
Periode Export : 23/5/2026, 19.58.12

Production 3044.16 kWh	Consumption 6858.08 kWh	Grid Import 3813.93 kWh
Avg SCR 45.44 %	Avg GDR 54.56 %	Status Baik

Tanggal	Prod	Cons	Grid	SCR	GDR	Status
Sen 27/04/2026	31.90	67.64	35.74	47.16	52.84	Baik
Min 26/04/2026	26.13	49.34	23.21	52.96	47.04	Baik
Sab 25/04/2026	26.13	50.03	23.90	52.23	47.77	Baik
Jum 24/04/2026	24.73	65.09	40.36	37.99	62.01	Cukup
Kam 23/04/2026	25.14	70.17	45.03	35.83	64.17	Cukup
Rab 22/04/2026	31.70	71.67	39.97	44.23	55.77	Baik
Sel 21/04/2026	25.89	63.75	37.86	40.61	59.39	Baik
Sen 20/04/2026	31.10	65.08	33.98	47.78	52.22	Baik
Min 19/04/2026	26.46	46.94	20.48	56.37	43.63	Baik
Sab 18/04/2026	25.88	45.94	20.06	56.33	43.67	Baik
Jum 17/04/2026	25.05	57.69	32.64	43.43	56.57	Baik
Kam 16/04/2026	27.44	56.40	28.96	48.65	51.35	Baik
Rab 15/04/2026	25.45	59.76	34.31	42.59	57.41	Baik
Sel 14/04/2026	24.70	65.70	41.00	37.60	62.40	Cukup
Sen 13/04/2026	29.89	87.06	57.18	34.33	65.67	Cukup
Min 12/04/2026	26.02	43.77	17.75	59.44	40.56	Baik
Sab 11/04/2026	27.60	45.96	18.36	60.05	39.95	Sangat Baik
Jum 10/04/2026	28.84	65.56	36.72	43.99	56.01	Baik
Kam 09/04/2026	25.73	64.00	38.27	40.20	59.80	Baik
Rab 08/04/2026	29.01	60.72	31.70	47.79	52.21	Baik
Sel 07/04/2026	6.81	56.01	49.21	12.15	87.85	Kurang
Sen 06/04/2026	4.54	56.40	51.86	8.04	91.96	Kurang
Min 05/04/2026	4.54	56.40	51.86	8.04	91.96	Kurang
Sab 04/04/2026	4.54	56.40	51.86	8.04	91.96	Kurang
Jum 03/04/2026	26.16	49.94	23.78	52.39	47.61	Baik
Kam 02/04/2026	18.48	69.37	50.89	26.64	73.36	Cukup
Rab 01/04/2026	26.68	71.80	45.12	37.15	62.85	Cukup
Sel 31/03/2026	25.17	61.20	36.02	41.13	58.87	Baik
Sen 30/03/2026	24.11	68.17	44.06	35.37	64.63	Cukup
Min 29/03/2026	23.41	41.30	17.88	56.70	43.30	Baik
Sab 28/03/2026	20.04	46.67	26.63	42.94	57.06	Baik
Jum 27/03/2026	28.81	51.13	22.31	56.36	43.64	Baik
Kam 26/03/2026	19.50	57.53	38.03	33.89	66.11	Cukup
Rab 25/03/2026	27.04	48.93	21.88	55.27	44.73	Baik
Sel 24/03/2026	29.41	45.04	15.63	65.30	34.70	Sangat Baik
Sen 23/03/2026	30.76	45.00	14.23	68.37	31.63	Sangat Baik
Min 22/03/2026	27.79	45.51	17.72	61.07	38.93	Sangat Baik
Sab 21/03/2026	26.66	44.78	18.11	59.55	40.45	Baik
Jum 20/03/2026	25.83	44.77	18.94	57.70	42.30	Baik
Kam 19/03/2026	27.19	54.01	26.82	50.34	49.66	Baik
Rab 18/03/2026	26.66	55.80	29.14	47.78	52.22	Baik
Sel 17/03/2026	28.39	46.81	18.41	60.66	39.34	Sangat Baik
Sen 16/03/2026	30.28	44.61	14.33	67.88	32.12	Sangat Baik
Min 15/03/2026	29.59	44.42	14.83	66.61	33.39	Sangat Baik

Halaman 1 / 3

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Tanggal	Prod	Cons	Grid	SCR	GDR	Status
Sab 14/03/2026	30.93	48.26	17.33	64.09	35.91	Sangat Baik
Jum 13/03/2026	35.09	67.06	31.96	52.34	47.66	Baik
Kam 12/03/2026	38.43	56.74	18.31	67.73	32.27	Sangat Baik
Rab 11/03/2026	35.86	60.26	24.40	59.51	40.49	Baik
Sel 10/03/2026	36.14	56.93	20.79	63.49	36.51	Sangat Baik
Sen 09/03/2026	33.37	58.08	24.70	57.47	42.53	Baik
Min 08/03/2026	21.80	45.87	24.07	47.53	52.47	Baik
Sab 07/03/2026	16.60	45.63	29.04	36.37	63.63	Cukup
Jum 06/03/2026	26.01	62.84	36.83	41.39	58.61	Baik
Kam 05/03/2026	32.40	72.46	40.06	44.71	55.29	Baik
Rab 04/03/2026	23.72	65.89	42.18	35.99	64.01	Cukup
Sel 03/03/2026	29.29	59.99	30.71	48.82	51.18	Baik
Sen 02/03/2026	34.14	66.79	32.65	51.12	48.88	Baik
Min 01/03/2026	26.72	46.24	19.52	57.79	42.21	Baik
Sab 28/02/2026	23.33	48.07	24.73	48.54	51.46	Baik
Jum 27/02/2026	22.69	57.59	34.91	39.39	60.61	Cukup
Kam 26/02/2026	26.91	44.95	18.04	59.87	40.13	Baik
Rab 25/02/2026	32.11	60.84	28.73	52.78	47.22	Baik
Sel 24/02/2026	26.06	64.80	38.74	40.21	59.79	Baik
Sen 23/02/2026	20.13	63.57	43.45	31.66	68.34	Cukup
Min 22/02/2026	23.93	50.22	26.29	47.65	52.35	Baik
Sab 21/02/2026	26.92	52.80	25.88	50.98	49.02	Baik
Jum 20/02/2026	19.82	57.65	37.82	34.39	65.61	Cukup
Kam 19/02/2026	12.75	73.29	60.53	17.40	82.60	Kurang
Rab 18/02/2026	18.47	79.09	60.62	23.35	76.65	Cukup
Sel 17/02/2026	30.31	52.10	21.79	58.17	41.83	Baik
Sen 16/02/2026	27.27	51.98	24.71	52.45	47.55	Baik
Min 15/02/2026	27.21	51.77	24.56	52.57	47.43	Baik
Sab 14/02/2026	29.06	51.84	22.78	56.06	43.94	Baik
Jum 13/02/2026	29.55	63.80	34.25	46.31	53.69	Baik
Kam 12/02/2026	27.54	75.96	48.42	36.26	63.74	Cukup
Rab 11/02/2026	36.69	77.92	41.23	47.09	52.91	Baik
Sel 10/02/2026	27.96	70.47	42.51	39.68	60.32	Cukup
Sen 09/02/2026	17.43	69.61	52.18	25.04	74.96	Cukup
Min 08/02/2026	25.77	57.92	32.15	44.49	55.51	Baik
Sab 07/02/2026	25.41	53.48	28.07	47.51	52.49	Baik
Jum 06/02/2026	22.21	71.37	49.16	31.12	68.88	Cukup
Kam 05/02/2026	33.10	77.28	44.18	42.83	57.17	Baik
Rab 04/02/2026	34.07	72.35	38.28	47.09	52.91	Baik
Sel 03/02/2026	32.05	70.39	38.34	45.53	54.47	Baik
Sen 02/02/2026	38.10	79.44	41.34	47.96	52.04	Baik
Min 01/02/2026	26.94	52.00	25.05	51.82	48.18	Baik
Sab 31/01/2026	28.30	45.84	17.54	61.73	38.27	Sangat Baik
Jum 30/01/2026	29.56	60.89	31.32	48.55	51.45	Baik
Kam 29/01/2026	22.57	56.48	33.91	39.96	60.04	Cukup
Rab 28/01/2026	14.99	61.53	46.55	24.35	75.65	Cukup
Sel 27/01/2026	27.97	59.50	31.53	47.01	52.99	Baik
Sen 26/01/2026	31.07	57.00	25.93	54.50	45.50	Baik
Min 25/01/2026	25.14	41.69	16.55	60.30	39.70	Sangat Baik
Sab 24/01/2026	17.17	33.75	16.58	50.87	49.13	Baik
Jum 23/01/2026	17.24	53.16	35.92	32.43	67.57	Cukup
Kam 22/01/2026	21.89	57.96	36.08	37.76	62.24	Cukup
Rab 21/01/2026	18.17	63.36	45.20	28.67	71.33	Cukup



© 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

Tanggal	Prod	Cons	Grid	SCR	GDR	Status
Sel 20/01/2026	24.67	73.42	48.75	33.61	66.39	Cukup
Sen 19/01/2026	31.90	67.67	35.77	47.14	52.86	Baik
Min 18/01/2026	20.45	46.08	25.63	44.38	55.62	Baik
Sab 17/01/2026	26.73	47.81	21.08	55.91	44.09	Baik
Jum 16/01/2026	30.94	49.84	18.90	62.08	37.92	Sangat Baik
Kam 15/01/2026	18.89	54.68	35.79	34.55	65.45	Cukup
Rab 14/01/2026	19.37	55.20	35.83	35.09	64.91	Cukup
Sel 13/01/2026	33.79	65.43	31.64	51.64	48.36	Baik
Sen 12/01/2026	15.92	57.93	42.02	27.48	72.52	Cukup
Min 11/01/2026	21.96	50.28	28.32	43.67	56.33	Baik
Sab 10/01/2026	23.35	52.14	28.79	44.78	55.22	Baik
Jum 09/01/2026	31.17	66.72	35.55	46.72	53.28	Baik
Kam 08/01/2026	27.66	71.87	44.21	38.48	61.52	Cukup
Rab 07/01/2026	32.47	73.59	41.12	44.13	55.87	Baik
Sel 06/01/2026	36.01	67.05	31.03	53.71	46.29	Baik
Sen 05/01/2026	37.98	80.42	42.44	47.23	52.77	Baik
Min 04/01/2026	28.30	63.40	35.11	44.63	55.37	Baik
Sab 03/01/2026	24.91	63.70	38.78	39.11	60.89	Cukup
Jum 02/01/2026	26.84	64.01	37.18	41.92	58.08	Baik
Kam 01/01/2026	25.29	65.81	40.52	38.43	61.57	Cukup
TOTAL	3044.16	6858.08	3813.93	45.44	54.56	-
RATA2/HARI	26.02	58.62	32.60	45.44	54.56	-

Catatan

- Sangat Baik : SCR ≥ 60%
- Baik : SCR 40% - 59%
- Cukup : SCR 20% - 39%
- Kurang : SCR < 20%

SCR = Beban dipenuhi PLTS
GDR = Beban dipenuhi PLN