



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**Perancangan Sistem Monitoring Daya PLTS Off-Grid Berbasis
IoT pada Berbagai Jenis Beban Listrik**

TUGAS AKHIR

Iqbal Sepbrian

2303311057

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
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



**Perancangan Sistem Monitoring Daya PLTS Off-Grid Berbasis
IoT pada Berbagai Jenis Beban Listrik**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Iqbal Sepbrian

2303311057

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Iqbal Sepbrian

NIM : 2303311057

Tanda :
Tangan

Tanggal : 1 Juni 2026

**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

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir diajukan oleh :
Nama : Iqbal Sepbrian
NIM : 2303311057
Program Studi : Teknik Listrik
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Monitoring Daya PLTS
Off-Grid Berbasis IoT pada Berbagai Jenis
Beban Listrik.

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Selasa, 23 Juni 2026
dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing I : Muchlishah, S.T., M.T.

NIP: 198410202019032015

Pembimbing II : Imam Halimi, S.T., M.Si.

NIP: 197203312006041001

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Muris Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



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

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Daya PLTS Off-Grid Berbasis IoT pada Berbagai Jenis Beban Listrik” dengan baik.

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Diploma Tiga pada Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Tugas Akhir ini membahas perancangan dan implementasi trainer kit PLTS Off-Grid yang dilengkapi sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau parameter tegangan, arus, dan daya secara real-time.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Muchlishah, S.T., M.T., dan Bapak Imam Halimi, S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi.
3. Seluruh dosen Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta.
Rekan-rekan mahasiswa Teknik Listrik yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi dalam pengembangan sistem monitoring PLTS berbasis IoT.

Depok, 1 Juni 2026
Penulis

Iqbal Sepbrian



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

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang banyak dikembangkan sebagai alternatif penyedia energi listrik ramah lingkungan. Untuk mendukung proses pembelajaran dan penelitian sistem PLTS, diperlukan media praktikum yang mampu menampilkan kondisi operasional secara real-time. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan trainer kit PLTS Off-Grid berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memonitor tegangan, arus, daya, State of Charge (SOC), dan iradiasi pada berbagai jenis beban. Sistem menggunakan panel surya 50 Wp, baterai LiFePO₄ 12 V 30 Ah, SCC MPPT EPEVER Tracer 1210AN, mikrokontroler ESP32-S3, sensor INA219, dan sensor MAX44009. Data pengukuran dikirim secara real-time ke dashboard Node-RED dan disimpan otomatis pada Google Spreadsheet melalui jaringan Wi-Fi. Monitoring panel surya dan baterai dilakukan menggunakan komunikasi RS485 Modbus RTU, sedangkan monitoring beban menggunakan sensor INA219. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menampilkan dan menyimpan data monitoring secara otomatis setiap satu menit. Rata-rata error pengukuran tegangan sensor INA219 sebesar 0,164% pada Beban 1, 0,246% pada Beban 2, dan 0,353% pada Beban 3. Rata-rata error arus masing-masing sebesar 2,631%, 2,883%, dan 2,861%. Sensor MAX44009 menghasilkan rata-rata error 34,19% terhadap Solar Power Meter sehingga digunakan sebagai indikator perubahan intensitas cahaya. Hasil penelitian menunjukkan trainer kit yang dikembangkan mampu melakukan monitoring parameter kelistrikan PLTS Off-Grid dengan akurasi yang baik dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran serta penelitian energi terbarukan.

Kata Kunci: PLTS Off-Grid, Internet of Things, ESP32-S3, INA219, Node-RED.

**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

ABSTRACT

Solar Power Plants (PLTS) are one of the renewable energy sources widely developed as an environmentally friendly alternative for electricity generation. To support learning and research activities related to solar power systems, a practical training media capable of displaying operational conditions in real-time is required. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based Off-Grid Solar Power Plant trainer kit capable of monitoring voltage, current, power, State of Charge (SOC), and irradiasi under various load conditions. The system utilizes a 50 Wp solar panel, a 12 V 30 Ah LiFePO4 battery, an EPEVER Tracer 1210AN MPPT solar charge controller, an ESP32-S3 microcontroller, INA219 sensors, and a MAX44009 sensor. Measurement data are transmitted in real-time to a Node-RED dashboard and automatically stored in Google Spreadsheet via a Wi-Fi network. Solar panel and battery parameters are monitored through RS485 Modbus RTU communication, while load parameters are measured using INA219 sensors. The results show that the system can display and record monitoring data automatically every minute. The average voltage measurement errors of the INA219 sensor were 0.164%, 0.246%, and 0.353% for Beban 1, Beban 2, and Beban 3, respectively, while the average current measurement errors were 2.631%, 2.883%, and 2.861%. The MAX44009 sensor produced an average error of 34.19% compared to a Solar Power Meter and was therefore used as an indicator of light intensity changes. The developed trainer kit demonstrated good monitoring accuracy and can be utilized as a learning and research platform for renewable energy systems.

Keywords: *Off-Grid Solar Power Plant, Internet of Things, ESP32-S3, INA219, Node-RED.*

**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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	5
2.1.1 Prinsip Kerja PLTS	5
2.1.2 Komponen Utama PLTS	6
2.1.3 Jenis Sistem PLTS.....	6
2.2 <i>Sistem PLTS Off-Grid</i>	7
2.3 Baterai LiFePO4.....	8
2.4 Solar Charge Controller MPPT	9
2.5 ESP32-S3	10
2.6 Sensor INA219.....	11
2.7 Sensor MAX44009	12
2.8 Komunikasi RS485 Modbus RTU	13
2.9 Internet of Things (IoT)	15
2.10 Node-RED.....	15
2.11 Google Spreadsheet dan Google Apps Script	17
2.12 Penelitian Terdahulu.....	18



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 III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	20
3.1 Rancangan Alat	20
3.1.1 Deskripsi Alat.....	20
3.1.2 Cara Kerja Alat	22
3.1.3 Diagram Blok Sistem.....	24
3.1.4 Spesifikasi Alat	27
3.2 Realisasi Alat.....	28
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras	28
3.2.2 Realisasi Perangkat Lunak	33
3.2.2.1 Flowchart Program	34
3.2.2.2 Program Deklarasi dan Inisialisasi	35
3.2.2.3 Program Pembacaan Sensor INA219	43
3.2.2.4 Program Pembacaan Sensor MAX44009	46
3.2.2.5 Program Pembacaan SCC MPPT Menggunakan RS485 Modbus RTU.....	49
3.2.2.6 Program Tampilan LCD	54
3.2.2.7 Program Koneksi Wi-Fi dan Pengiriman Data ke Google Spreadsheet	61
3.2.2.8 Program Pengiriman Data ke Dashboard Node-RED	67
3.2.2.9 Program Google Apps Script.....	73
3.2.2.10 Program Function Node-RED	78
3.2.2.11 Realisasi Dashboard Node-RED	80
3.2.2.12 Realisasi Google Spreadsheet	82
BAB IV PEMBAHASAN.....	84
4.1 Pengujian Sensor INA219.....	84
4.1.1 Deskripsi Pengujian	84
4.1.2 Prosedur Pengujian	85
4.1.3 Data Hasil Pengujian.....	85
4.1.4 Analisis Data / Evaluasi	89
4.2 Pengujian Sensor MAX44009.....	91
4.2.1 Deskripsi Pengujian	92
4.2.2 Prosedur Pengujian	92



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

4.2.3 Data Hasil Pengujian.....	93
4.2.4 Analisis Data / Evaluasi	95
4.3 Pengujian Pembacaan Data SCC MPPT EPEVER Tracer 1210AN	96
4.3.1 Deskripsi Pengujian	96
4.3.2 Prosedur Pengujian	96
4.3.3 Data Hasil Pengujian.....	97
4.3.4 Analisis Data / Evaluasi	99
4.4 Pengujian Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things (IoT).....	101
4.4.1 Deskripsi Pengujian	101
4.4.2 Prosedur Pengujian	102
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	102
4.4.4 Analisis Data / Evaluasi	104
4.5 Pengujian Sistem PLTS Off-Grid pada Berbagai Jenis Beban	105
4.5.1 Deskripsi Pengujian	105
4.5.2 Prosedur Pengujian	106
4.5.3 Data Hasil Pengujian.....	107
4.5.4 Analisis Data / Evaluasi	112
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA.....	118
LAMPIRAN.....	121



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 PLTS.....	5
Gambar 2.2 Sistem Off-Grid.....	7
Gambar 2.3 Baterai LiFePO4.....	8
Gambar 2.4 BMS	9
Gambar 2.5 MPPT EPEVER	9
Gambar 2.6 ESP 32-S3.....	10
Gambar 2.7 LCD 20x4.....	11
Gambar 2.8 Sensor INA219	11
Gambar 2.9 MAX44009.....	13
Gambar 2.10 Komunikasi Modbus RTU RS485 MPPT	14
Gambar 2.11 RS485 MPPT.....	14
Gambar 2.12 MAX485.....	15
Gambar 2.13 Dashboard Node-RED.....	16
Gambar 2.14 FLOW Node-RED.....	17
Gambar 2.15 Google Spreadsheet.....	17
Gambar 2.16 Alur Data Spreadsheet.....	18
Gambar 3.1 Gambar Mechanical	21
Gambar 3.2 Cara Kerja Alat.....	24
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem.....	25
Gambar 3.4 trainer kit PLTS Off-Grid.....	29
Gambar 3.5 Panel Surya dan SCC MPPT.....	30
Gambar 3.6 Baterai dan Sistem Proteksi.....	30
Gambar 3.7 Sensor INA219.....	31
Gambar 3.8 ESP32-S3	32
Gambar 3.9 LCD 20x4.....	32
Gambar 3.10 diagram alir Program Sistem.....	34
Gambar 3.11 Tampilan LCD Semua Beban.....	58
Gambar 3.12 Tampilan Iradiasi LCD.....	59
Gambar 3.13 Gambar Dashboard Node-RED.....	81
Gambar 3.14 Gambar Google Spreadsheet.....	82

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

Gambar 4.1 Pengujian Sensor INA219 pada Beban 1	86
Gambar 4.2 Pengujian Sensor INA219 pada Beban 2	87
Gambar 4.3 Pengujian Sensor INA219 pada Beban 3	88
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Iradiasi MAX44009 dan Solar Power Meter .	94
Gambar 4.5 Pengujian Tampilan LCD	103
Gambar 4.6 Dashboard Node-RED	103
Gambar 4.7 Monitoring Google Spreadsheet	104
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan Ketiga Beban	109
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Arus Ketiga Beban	110
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Daya Ketiga Beban	111





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 Terdahulu	18
Tabel 3.1 Spesifikasi Komponen Utama Sistem	27
Tabel 4.1 Pengujian Sensor INA219 pada Beban 1	85
Tabel 4.2 Pengujian Sensor INA219 pada Beban 2	86
Tabel 4.3 Pengujian Sensor INA219 pada Beban 3	87
Tabel 4.4 Ringkasan Hasil Pengujian Sensor INA219	91
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor MAX44009	93
Tabel 4.6 Pengujian Pembacaan Data SCC MPPT EPEVER	97
Tabel 4.7 Pengujian Beban 1 (Lampu DC 5 W)	107
Tabel 4.8 Pengujian Beban 2 (Motor Stepper NEMA	107
Tabel 4.9 Pengujian Beban 3 (Kipas DC 12 V 0,15 A)	108
Tabel 4.10 Ringkasan Hasil Pengujian Berbagai Jenis Beban	108

**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

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi, industri, dan aktivitas masyarakat. Di sisi lain, penggunaan sumber energi fosil yang masih mendominasi sektor energi menimbulkan berbagai permasalahan seperti keterbatasan cadangan energi, peningkatan biaya operasional, serta emisi gas rumah kaca yang berdampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan untuk mendukung penyediaan energi listrik yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi surya yang dapat dimanfaatkan melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (IEA, 2024).

Sistem PLTS Off-Grid merupakan sistem pembangkit listrik yang bekerja secara mandiri tanpa terhubung dengan jaringan listrik umum. Energi listrik yang dihasilkan panel surya disimpan ke dalam baterai melalui Solar Charge Controller (SCC) sehingga dapat digunakan saat dibutuhkan. Sistem ini banyak diterapkan pada daerah terpencil, sistem cadangan energi, maupun media pembelajaran karena mampu menyediakan energi listrik secara mandiri dan ramah lingkungan (Green, 2019).

Dalam proses pembelajaran dan penelitian di bidang energi terbarukan, diperlukan suatu media praktikum yang mampu menunjukkan proses konversi energi listrik dari panel surya hingga menuju beban secara langsung. Namun, sebagian besar sistem PLTS skala kecil yang digunakan sebagai media pembelajaran belum dilengkapi dengan sistem monitoring yang mampu menampilkan kondisi operasional secara real-time. Akibatnya, proses pengamatan terhadap parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya masih dilakukan secara manual sehingga kurang efektif untuk kegiatan analisis dan pembelajaran (Kumar & Baredar, 2020).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan proses monitoring sistem kelistrikan dilakukan secara real-time melalui jaringan internet. Teknologi IoT mampu menghubungkan perangkat sensor,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

mikrokontroler, dan server monitoring sehingga data dapat diakses dari berbagai lokasi secara cepat dan efisien. Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang telah dilengkapi fasilitas komunikasi Wi-Fi menjadikan implementasi sistem monitoring berbasis IoT lebih mudah diterapkan pada sistem PLTS skala kecil maupun menengah (Alsmadi et al., 2022).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring PLTS berbasis IoT menggunakan berbagai jenis sensor dan platform visualisasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa monitoring real-time mampu meningkatkan kemudahan pengamatan parameter kelistrikan, mempercepat proses analisis data, serta mendukung evaluasi performa sistem PLTS secara lebih efektif. Namun demikian, masih terbatas media pembelajaran berbentuk trainer kit portable yang mampu mengintegrasikan sistem PLTS Off-Grid, monitoring real-time, pencatatan data otomatis, serta variasi beban dalam satu kesatuan sistem pembelajaran.

Berdasarkan kondisi tersebut, pada Tugas Akhir ini dirancang sebuah trainer kit portable berbentuk koper yang mengintegrasikan sistem PLTS Off-Grid dengan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem terdiri dari panel surya 50 Wp, baterai LiFePO4 12 V 30 Ah, Solar Charge Controller MPPT EPEVER Tracer 1210AN, sensor INA219, sensor MAX44009, serta mikrokontroler ESP32-S3. Monitoring dilakukan pada sisi panel surya, baterai, dan beberapa variasi beban berupa lampu DC 5 W, motor stepper NEMA 17, dan fan DC 12 V. Data hasil pengukuran berupa tegangan, arus, daya, state of charge (SOC), dan iradiasi ditampilkan secara real-time melalui dashboard Node-RED serta disimpan secara otomatis ke Google Spreadsheet. Dengan adanya trainer kit ini diharapkan proses pembelajaran, penelitian, dan analisis kinerja PLTS Off-Grid dapat dilakukan secara lebih efektif, interaktif, dan mudah dipahami.



Hak Cipta :

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

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang trainer kit PLTS Off-Grid berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan penelitian?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem monitoring untuk memantau parameter tegangan, arus, dan daya pada panel surya, baterai, dan beban secara real-time?
3. Bagaimana mengintegrasikan ESP32-S3, sensor INA219, sensor MAX44009, dan Solar Charge Controller EPEVER Tracer 1210AN dalam sistem monitoring berbasis IoT?
4. Bagaimana menampilkan dan menyimpan data hasil pengukuran secara real time menggunakan Node-RED dan Google Spreadsheet?
5. Bagaimana karakteristik kinerja PLTS Off-Grid terhadap variasi beban yang digunakan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun trainer kit portable berbasis PLTS Off-Grid sebagai media pembelajaran dan penelitian.
2. Mengimplementasikan sistem monitoring berbasis IoT untuk memantau parameter tegangan, arus, daya, state of charge (SOC), dan iradiasi secara real-time.
3. Mengintegrasikan ESP32-S3 dengan sensor INA219, sensor MAX44009, dan Solar Charge Controller EPEVER Tracer 1210AN.
4. Menampilkan data hasil monitoring pada dashboard Node-RED dan menyimpan data secara otomatis ke Google Spreadsheet.
5. Menganalisis pengaruh variasi beban terhadap kinerja sistem PLTS Off Grid.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

1.4 Luaran

Terwujudnya Implementasi PLTS *Off-Grid* sebagai Sumber Energi pada Berbagai Jenis Beban Listrik, Luaran yang diharapkan dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Terwujudnya trainer kit portable PLTS Off-Grid berbasis Internet of Things (IoT).
2. Tersedianya sistem monitoring real-time yang mampu menampilkan data panel surya, baterai, dan beban melalui dashboard Node-RED.
3. Tersedianya sistem pencatatan data otomatis menggunakan Google Spreadsheet.
4. Diperolehnya data dan hasil analisis kinerja PLTS Off-Grid terhadap variasi beban.
5. Tersusunnya laporan Tugas Akhir mengenai Perancangan Sistem Monitoring Daya PLTS Off-Grid Berbasis IoT pada Berbagai Jenis Beban Listrik.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, pengujian, dan analisis sistem monitoring daya PLTS Off-Grid berbasis Internet of Things (IoT), diperoleh beberapa Kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring PLTS Off-Grid berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan panel surya 50 Wp, SCC MPPT EPEVER Tracer 1210AN, baterai LiFePO₄ 12 V 30 Ah, sensor INA219, sensor MAX44009, dan ESP32-S3 sebagai pengendali utama.
2. Sistem berhasil melakukan monitoring parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, dan daya pada tiga jenis beban yaitu lampu DC 5 W, motor stepper NEMA 17, dan kipas DC 12 V. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata parameter beban sebagai berikut:
 - Beban 1 (Lampu DC 5 W) memiliki rata-rata tegangan 12,18 V, arus 0,22 A, dan daya 2,72 W.
 - Beban 2 (Motor Stepper NEMA 17) memiliki rata-rata tegangan 12,19 V, arus 0,25 A, dan daya 3,07 W
 - Beban 3 (Kipas DC 12 V) memiliki rata-rata tegangan 12,18 V, arus 0,20 A, dan daya 2,43 W.
3. Hasil pengujian akurasi sensor INA219 menunjukkan rata-rata error tegangan berada di bawah 1%, yaitu sebesar 0,164% pada Beban 1, 0,246% pada Beban 2, dan 0,353% pada Beban 3. Sedangkan rata-rata error arus berada di bawah 3%, yaitu sebesar 2,631%, 2,883%, dan 2,861%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor INA219 memiliki tingkat akurasi yang baik untuk digunakan pada sistem monitoring daya PLTS.
4. Sistem berhasil membaca data SCC MPPT EPEVER melalui komunikasi RS485 Modbus RTU menggunakan modul MAX485. Parameter yang berhasil dimonitor meliputi PV Voltage, PV Current, PV Power, Battery Voltage, Battery Current, Battery Charging Current, Total Load Voltage, Total Load Current, Total Load Power, dan State of Charge (SOC).



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

5. Hasil pengujian SCC MPPT menunjukkan nilai rata-rata PV Voltage sebesar 22,05 V, PV Current sebesar 0,24 A, PV Power sebesar 5,24 W, Battery Voltage sebesar 13,31 V, serta SOC baterai sebesar 95,35%. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memantau kondisi panel surya dan baterai secara real-time.
6. Dashboard Node-RED berhasil menampilkan seluruh parameter sistem secara real-time dalam bentuk indikator dan grafik, sedangkan Google Spreadsheet berhasil menyimpan seluruh data monitoring secara otomatis setiap satu menit sebagai media data logging.
7. Pengujian sensor MAX44009 terhadap Solar Power Meter menghasilkan rata-rata error sebesar 1,03%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor MAX44009 belum dapat digunakan sebagai pengganti alat ukur iradiasi standar yang membutuhkan tingkat akurasi tinggi. Meskipun demikian, sensor MAX44009 masih mampu menunjukkan tren perubahan intensitas cahaya yang diterima panel surya sehingga dapat digunakan sebagai indikator kondisi penyinaran pada sistem PLTS Off-Grid.
8. Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem monitoring daya PLTS Off-Grid berbasis IoT yang dikembangkan telah bekerja dengan baik dan mampu melakukan monitoring parameter kelistrikan secara real-time dengan tingkat akurasi yang baik pada pengukuran tegangan dan arus. Sistem ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran, praktikum, dan penelitian pada bidang energi terbarukan, khususnya teknologi PLTS Off-Grid.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan sensor suhu panel surya dan suhu baterai untuk memperoleh parameter monitoring yang lebih lengkap serta mendukung analisis performa sistem PLTS secara menyeluruh.



© 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

2. Mengembangkan dashboard monitoring berbasis web server atau aplikasi Android sehingga akses data dapat dilakukan secara lebih fleksibel dan mudah diakses dari berbagai perangkat.
3. Menambahkan fitur notifikasi otomatis ketika terjadi kondisi abnormal, seperti tegangan baterai rendah, kegagalan pengisian baterai, atau gangguan pada sistem PLTS.
4. Menggunakan kapasitas panel surya dan baterai yang lebih besar sehingga sistem dapat digunakan untuk pengujian beban dengan daya yang lebih tinggi dan waktu operasi yang lebih lama.
5. Menambahkan fitur perhitungan efisiensi sistem PLTS, energi yang dihasilkan, dan konsumsi energi beban secara otomatis pada dashboard monitoring.
6. Melakukan pengujian dalam jangka waktu yang lebih panjang dan pada berbagai kondisi cuaca untuk memperoleh data performa sistem yang lebih komprehensif.
7. Menggunakan sensor iradiasi yang dirancang khusus untuk aplikasi fotovoltaik, seperti pyranometer atau sensor radiasi surya sejenis, guna meningkatkan akurasi pengukuran iradiasi. Hal ini diperlukan karena sensor MAX44009 pada penelitian ini menghasilkan rata-rata error sebesar 34,19% terhadap Solar Power Meter sehingga lebih sesuai digunakan sebagai indikator perubahan intensitas cahaya daripada sebagai alat ukur iradiasi standar.



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Alsmadi, A., Khasawneh, M., & Alzoubi, A. (2022). IoT-based monitoring system for solar photovoltaic applications. *International Journal of Electrical and Computer Engineering, 12*(2), 1458–1467.
- Arief, M. B., Pratama, A. S., & Kurniawan, R. (2024). Desain pembangkit listrik tenaga surya off-grid dan monitoring berbasis Node-RED. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan, 11*(1), 1–9.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks, 54*(15), 2787–2805.
- Broto, P. E. (2024). Perbandingan persentase kesalahan sensor sonar pengukur jarak berbasis HC-SR04 dan HY-SRF05. *Jurnal Sains Fisika (SAINFIS), 4*(1), 1–10.
- EPEVER. (2023). *Tracer AN series MPPT charge controller user manual*. EPEVER Technology Co., Ltd.
- Espressif Systems. (2024). *ESP32-S3 series datasheet*. Espressif Systems.
- Google LLC. (2025). *Google Apps Script documentation*. Google Developers.
- Green, M. A. (2019). *Solar cells: Operating principles, technology and system applications*. Prentice Hall.
- IEA. (2024). *International Energy Agency. (2024). Renewables 2024. IEA. Paris.*. International Energy Agency.
- Inayah. (2021). Analisis akurasi sistem sensor IR MLX90614 dan sensor ultrasonik berbasis Arduino terhadap termometer standar. *Jurnal Fisika Unand, 10*(4), 428–434.



© 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

Kumar, D., & Baredar, S. (2020). Performance analysis of off-grid solar photovoltaic system for rural electrification. **Renewable Energy Focus, 35**, 1–10.

Linden, D., & Reddy, T. B. (2019). **Handbook of batteries** (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Lorobezy, T. D., & Krismadinata. (2023). Rancang bangun sistem monitoring PLTS off-grid berbasis IoT.

Luque, A., & Hegedus, S. (2011). **Handbook of photovoltaic science and engineering** (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Masters, G. M. (2013). **Renewable and efficient electric power systems** (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Messenger, R. A., & Ventre, J. (2018). **Photovoltaic systems engineering** (4th ed.). CRC Press.

Modbus Organization. (2012). **Modbus application protocol specification V1.1b3**. Modbus Organization.

Naik, N. (2017). Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP. In **Proceedings of the IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE)** (pp. 1–7).

Putra, H. R., Amellia, R., & Tianur, H. (2023). Design of a 20 WP solar panel DC power monitoring system based on the Internet of Things.

Putra, R. A., Fatoni, G. A., Rifai, M. H., Ahsani, E. W., & Danendra, R. D. (2024). Validasi akurasi pengukuran terhadap benda menggunakan sensor ultrasonik berbasis NodeMCU 8266. **Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer, 2*(3)*, 188–195.



© 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

ROHM Semiconductor. (2022). *Digital 16-bit serial output type ambient light sensor MAX44009FVI datasheet*. ROHM Co., Ltd.

Swamy, N., & Guruprasad, K. S. (2020). Node-RED based real-time monitoring system for Internet of Things applications. *International Journal of Engineering Research and Technology, 9*(6), 1250–1255.

Texas Instruments. (2023). *INA219 zero-drift bidirectional current/power monitor with I²C interface datasheet*. Texas Instruments Incorporated.

Whitmore, A., Agarwal, A., & Xu, L. D. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers, 17*(2), 261–274.

World Bank. (2014). Utility Scale Solar Power Plants. Washington DC: World Bank.

EPEVER. (2024). Tracer-AN Series MPPT Solar Controller: User Manual (Version 2.3). EPEVER Co., Ltd.

Espressif Systems. (2024). ESP32-S3-DevKitC-1 User Guide (Version 1.1). Espressif Systems.

Analog Devices. (2017). MAX1487–MAX491: Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers (Rev. 11). Analog Devices.



Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup



Lulus dari SD Negeri 01 Jakarta Tahun 2017, Mts Negeri 06 Jakarta Tahun 2020, dan SMK Negeri Jurusan Teknik Komputer Jaringan Tahun 2023. Sampai saat laporan tugas akhir ini dibuat, penulis merupakan mahasiswa aktif di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta



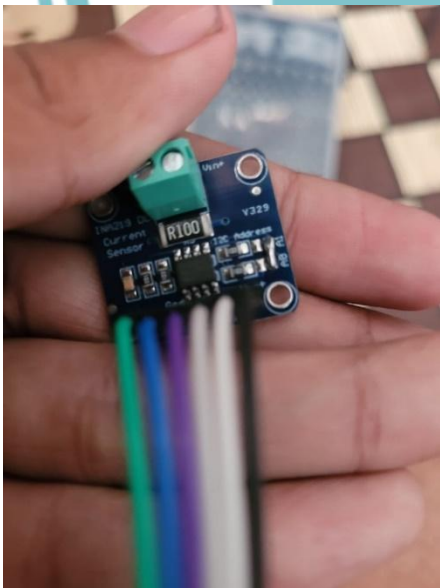
Hak Cipta :

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 milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Foto Dokumentasi dan Alat



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

Lampiran 3. Foto Dokumentasi dan Alat



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

Lampiran 4. Foto Dokumentasi dan Alat



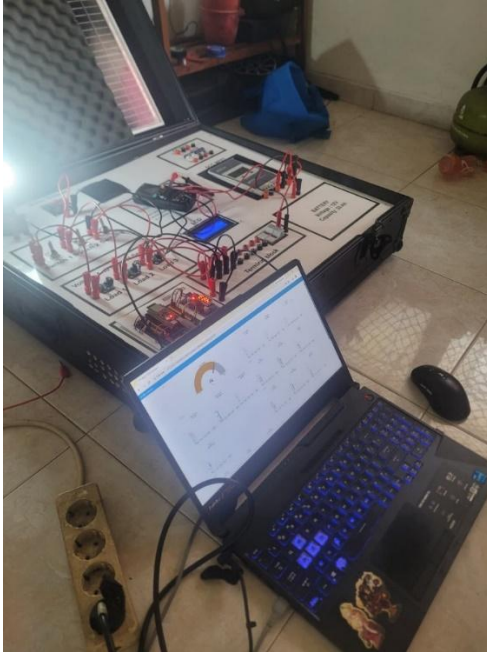


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Foto Dokumentasi dan Alat

Hak Cipta :

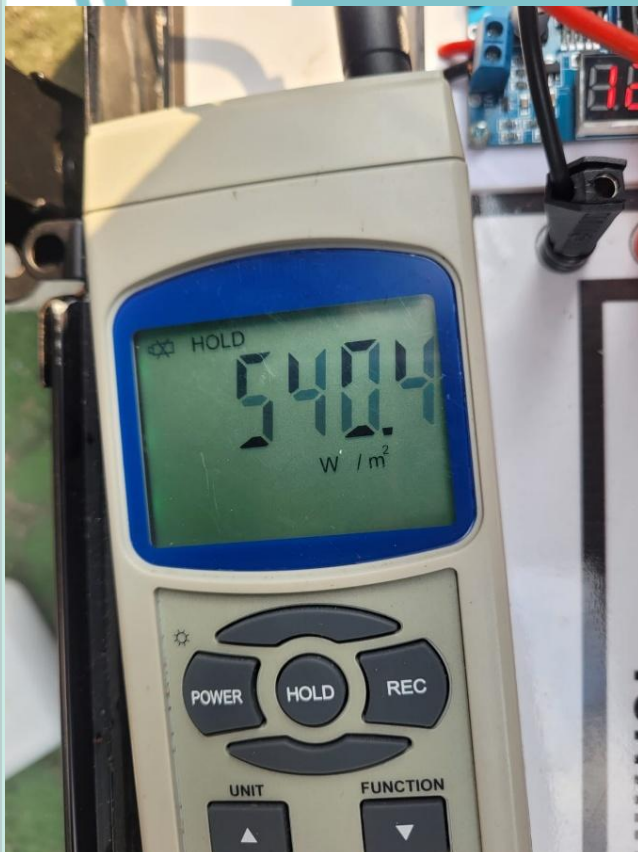
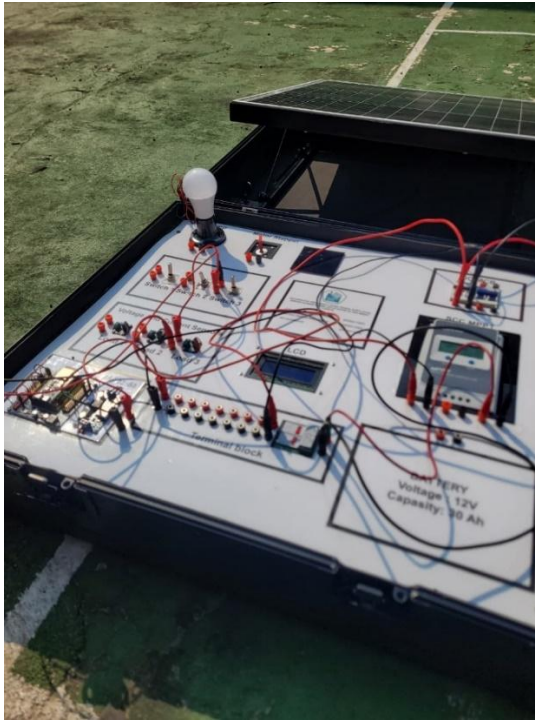
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

Lampiran 7. Foto Dokumentasi dan Alat



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