



© 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



**Rancang Bangun Trainer Kit PLTS Off-Grid sebagai Sumber
Energi Berbagai Beban Listrik DC**

TUGAS AKHIR

Adi Nugroho
2303311058
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**Rancang Bangun Trainer Kit PLTS Off-Grid sebagai Sumber
Energi Berbagai Beban Listrik DC**

TUGAS AKHIR

Adi Nugroho
2303311058
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



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 : Adi Nugroho

NIM : 2303311058

Tanda Tangan :

Tanggal : 30 Mei 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 : Adi Nugroho

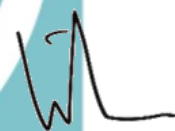
NIM : 2303311058

Program Studi : Teknik Listrik

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Trainer Kit PLTS Off-Grid
sebagai Sumber Energi Berbagai Beban
Listrik DC.

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 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, 17 Juli 2026 Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro




Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP : 197803312003122002.

© 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





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 PENGHANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Rancang Bangun Trainer Kit PLTS Off-Grid sebagai Sumber Energi Berbagai Beban Listrik DC"** dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Diploma Tiga pada Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses perancangan, pembuatan alat, pelaksanaan pengujian, hingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini 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 serta 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 keterbatasan dan masih dapat dikembangkan lebih lanjut. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ini di masa mendatang.



Hak Cipta :

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

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun Trainer Kit Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid sebagai sumber energi berbagai beban listrik. Trainer kit yang dirancang terdiri atas panel surya monocrystalline 50 Wp, Solar Charge Controller (SCC) MPPT EPEVER Tracer 1210AN, baterai LiFePO₄ 12,8 V 30 Ah, sistem proteksi berupa MCB DC dan fuse, serta beban berupa lampu LED DC 5 W, motor stepper NEMA 17, dan kipas DC 12 V. Metode penelitian meliputi tahap perancangan, realisasi, dan pengujian fungsi setiap komponen penyusun trainer kit. Pengujian dilakukan terhadap panel surya, sistem pengisian baterai, berbagai beban listrik, sensor INA219, sensor MAX44009, serta sistem proteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan tegangan rata-rata 22,74 V dan arus 0,36 A. Tegangan baterai meningkat dari 12,77 V menjadi 13,92 V dengan kenaikan State of Charge (SOC) dari 23% menjadi 73%. Pengujian lampu LED menghasilkan daya sebesar 5,27 W, motor stepper sebesar 2,88 W, dan kombinasi beban sebesar 12,96 W. Sensor INA219 menunjukkan tingkat kesalahan maksimum sebesar 0,07% dibandingkan multimeter, sedangkan sistem proteksi MCB DC dan fuse berfungsi dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian, Trainer Kit PLTS Off-Grid berhasil direalisasikan dan seluruh komponen dapat beroperasi sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

Kata Kunci: PLTS Off-Grid, Trainer Kit, Panel Surya, SCC MPPT, LiFePO₄.

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

This study aims to design and develop an Off-Grid Solar Power Plant (PLTS) Trainer Kit as an energy source for various electrical loads. The developed trainer kit consists of a 50 Wp monocrystalline solar panel, an EPEVER Tracer 1210AN MPPT Solar Charge Controller (SCC), a 12.8 V 30 Ah LiFePO₄ battery, a protection system using DC MCBs and fuses, and several loads including a 5 W DC LED lamp, a NEMA 17 stepper motor, and a 12 V DC fan. The research method consisted of design, implementation, and functional testing of each component in the trainer kit. Testing was conducted on the solar panel, battery charging system, electrical loads, INA219 sensor, MAX44009 sensor, and protection system. The results showed that the solar panel produced an average voltage of 22.74 V and an average current of 0.36 A. The battery voltage increased from 12.77 V to 13.92 V, while the State of Charge (SOC) increased from 23% to 73%. The LED lamp test produced a power consumption of 5.27 W, the stepper motor consumed 2.88 W, and the combined load test resulted in 12.96 W. The INA219 sensor showed a maximum error of 0.07% compared to a digital multimeter, while the DC MCB and fuse protection system operated properly. Based on the test results, the Off-Grid PLTS Trainer Kit was successfully implemented and all components operated according to the designed specifications.

Keywords: *Off-Grid Solar Power Plant, Trainer Kit, Solar Panel, MPPT SCC, LiFePO₄.*

**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 PENGHANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Rumusan Masalah	15
1.3 Tujuan.....	15
1.4 Luaran.....	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 <i>Trainer Kit</i> sebagai Media Pembelajaran.....	17
2.2 Konsep Rancang Bangun <i>Trainer Kit</i>	18
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	20
2.4 Sistem PLTS Off-Grid.....	22
2.5 Komponen Penyusun <i>Trainer Kit</i> PLTS Off-Grid	24
2.5.1 Panel Surya	24
2.5.2 Solar Charge Controller (SCC) MPPT.....	25
2.5.3 Baterai	27
2.5.4 Battery Management System (BMS)	28
2.5.5 <i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB) DC	30
2.5.6 <i>Fuse</i>	31
2.5.7 <i>Toggle Switch</i>	32
2.5.8 Beban Listrik.....	34
2.5.8.1 Lampu LED DC.....	34
2.5.8.2 Driver Motor Stepper A4988 dan Motor Stepper NEMA 17	35
2.5.8.3 Kipas DC 12 V 0,15 A.....	37



Hak Cipta :

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

2.5.9 Sensor INA219.....	38
2.5.10 Sensor MAX44009	40
2.5.11 Modul MAX485.....	41
2.5.12 ESP32-S3	42
2.5.13 LCD I2C 20 × 4	44
2.6 Prinsip Kerja <i>Trainer Kit</i> PLTS <i>Off-Grid</i>	45
BAB III METODOLOGI DAN BENTUK TUGAS AKHIR.....	49
3.1 Metodologi	49
3.2 Deskripsi <i>Trainer Kit</i> PLTS <i>Off-Grid</i>	50
3.3 Perancangan Sistem <i>Trainer Kit</i>	52
3.3.1 Diagram Blok Sistem	52
3.3.2 Flowchart Cara Kerja <i>Trainer Kit</i>	54
3.4 Perancangan Mekanik <i>Trainer Kit</i>	57
3.4.1 Desain Mekanik <i>Trainer Kit</i>	57
3.4.2 Layout Komponen Pada Panel	59
3.5 Perancangan Kelistrikan <i>Trainer Kit</i>	62
3.5.1 Wiring Diagram <i>Trainer Kit</i> PLTS <i>Off-Grid</i>	62
3.6 Sistem Pengukuran dan Monitoring.....	65
3.6.1 Sensor INA219.....	65
3.6.2 Sensor MAX44009	66
3.6.3 ESP32-S3	67
3.6.4 Modul Komunikasi MAX485	67
3.6.5 LCD I2C 20×4	68
3.7 Daftar Komponen dan Spesifikasi.....	68
3.8 Perhitungan Teknis <i>Trainer Kit</i>	70
3.8.1 Perhitungan Kapasitas Baterai	70
3.8.2 Perhitungan Energi Nominal Baterai	71
3.8.3 Perhitungan Daya Beban.....	71
3.8.4 Estimasi Waktu Operasi Baterai	72
3.8.5 Pemilihan Panel Surya 50 Wp	73
3.8.6 Pemilihan SCC MPPT 10 A.....	73
3.8.7 Pemilihan MCB DC dan Fuse.....	74
3.9 SOP Pengoperasian <i>Trainer Kit</i> PLTS <i>Off-Grid</i>	75
3.9.1 Persiapan Pengoperasian.....	75



Hak Cipta :

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

3.9.2 Prosedur Pengoperasian	75
3.9.3 Penanganan Gangguan	76
3.9.4 Prosedur Penghentian Sistem	76
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	78
4.1 Pengujian Hasil <i>Trainer Kit PLTS Off-Grid</i>	78
4.1.1 Deskripsi Pengujian	78
4.1.2 Prosedur Pengujian	79
4.1.3 Data Hasil Pengujian	80
4.1.4 Analisis Data dan Evaluasi	81
4.2 Pengujian Kinerja <i>Trainer Kit PLTS Off-Grid</i>	83
4.2.1 Deskripsi Pengujian	83
4.2.2 Prosedur Pengujian	84
4.2.3 Data Hasil Pengujian	85
4.2.4 Analisis Data dan Evaluasi	87
4.3 Pengujian Pengoprasian <i>Trainer kit PLTS Off-Grid</i>	89
4.3.1 Deskripsi Pengujian	89
4.3.2 Prosedur Pengujian	89
4.3.3 Data Hasil Pengujian	90
4.3.4 Analisis Data dan Evaluasi	92
4.4 Evaluasi Kelayakan <i>Trainer Kit PLTS Off-Grid</i>	92
4.4.1 Deskripsi Evaluasi	92
4.4.2 Prosedur Evaluasi	93
4.4.3 Data Hasil Evaluasi	93
BAB V KESIMPULAN	96
5.1 Kesimpulan	96
5.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	101



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 GAMBAR

Gambar 2. 1 Trainer Kit	17
Gambar 2. 2 Blok Diagram Rancang Bangun.....	19
Gambar 2. 3 Blok Diagram Sistem PLTS	21
Gambar 2. 4 Blok Diagram PLTS Off-Grid.....	23
Gambar 2. 5 Panel Surya Monocrystalline	25
Gambar 2. 6 Solar Charge Controller MPPT EPEVER Tracer 1210AN.....	26
Gambar 2. 7 baterai LiFePO ₄	28
Gambar 2. 8 Battery Management System (BMS) 4S	29
Gambar 2. 9 MCB DC	30
Gambar 2. 10 Fuse dan Fuse Holder	32
Gambar 2. 11 Toggle Switch	33
Gambar 2. 12 Lampu LED DC	35
Gambar 2. 13 Driver A4988 dan Motor Stepper NEMA 17	36
Gambar 2. 14 Kipas DC 12 V 0,15 A	38
Gambar 2. 15 Sensor INA219	39
Gambar 2. 16 Sensor MAX44009.....	40
Gambar 2. 17 Modul MAX485	42
Gambar 2. 18 ESP32-S3	43
Gambar 2. 19 LCD I2C 20 × 4.....	44
Gambar 2. 20 Diagram Blok Trainer Kit PLTS Off-Grid.....	46
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	50
Gambar 3. 2 Desain Mekanik Trainer Kit PLTS Off-Grid	51
Gambar 3. 3 Diagram Blok Trainer Kit PLTS Off-Grid Berbasis IoT	53
Gambar 3. 4 Flowchart Cara Kerja Trainer Kit PLTS Off-Grid.....	55
Gambar 3. 5 Desain Koper Trainer Kit PLTS Off-Grid	58
Gambar 3. 6 Layout Komponen Trainer Kit PLTS Off-Grid	60
Gambar 3. 7 Single Line Diagram Trainer Kit PLTS Off-Grid	63
Gambar 4. 1 Hasil Realisasi Trainer Kit PLTS Off-Grid.....	81
Gambar 4. 2 Pengujian Kinerja <i>Trainer Kit PLTS Off-Grid</i>	87
Gambar 4. 3 Pengoperasian Trainer Kit PLTS Off-Grid	91
Gambar 4. 4 Trainer Kit PLTS Off-Grid Siap Digunakan Sebagai Media Praktikum	94



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Daftar Komponen dan Spesifikasi Trainer Kit PLTS Off-Grid	69
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Instalasi dan Polaritas	80
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sistem Pembangkit dan Pengisian Baterai	85
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berbagai Beban Listrik DC	86
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sistem Proteksi dan Monitoring	86
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pengoperasian Trainer Kit	90



Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang ketenagalistrikan mendorong peningkatan pemanfaatan sumber energi terbarukan sebagai alternatif pengganti energi fosil. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah energi surya karena letak geografis Indonesia berada di wilayah tropis dengan intensitas penyinaran matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun. Energi surya dapat dimanfaatkan melalui sistem *Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)* yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan modul *photovoltaic (PV)*. Pemanfaatan PLTS terus berkembang tidak hanya sebagai sumber energi alternatif, tetapi juga sebagai media pembelajaran dan penelitian pada bidang teknik elektro [17] R. Messenger and J. Ventre, *Photovoltaic Systems Engineering*, 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

Pada proses pembelajaran di perguruan tinggi, khususnya pada Program Studi Teknik Listrik, pemahaman mengenai sistem PLTS tidak cukup diperoleh melalui pembelajaran teori di dalam kelas. Mahasiswa memerlukan media praktikum yang mampu memperlihatkan secara langsung prinsip kerja sistem PLTS, hubungan antar komponen, serta proses penyaluran energi listrik dari sumber hingga beban. Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa dapat memahami fungsi setiap komponen, cara melakukan pengoperasian, serta prosedur pengujian sistem kelistrikan secara lebih komprehensif. Oleh karena itu, keberadaan media pembelajaran yang representatif menjadi salah satu faktor pendukung dalam meningkatkan kualitas proses pembelajaran.

Salah satu media pembelajaran yang dapat digunakan adalah *trainer kit*. *Trainer kit* merupakan perangkat praktikum yang dirancang untuk menyajikan suatu sistem dalam bentuk yang lebih sederhana, aman, dan mudah dipahami tanpa menghilangkan prinsip kerja aslinya. Penggunaan *trainer kit* memungkinkan mahasiswa melakukan pengamatan terhadap alur kerja sistem, proses instalasi, pengujian komponen, serta identifikasi gangguan secara langsung. Selain meningkatkan pemahaman konseptual, penggunaan *trainer kit* juga dapat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam merakit, mengoperasikan, dan melakukan pengujian sistem kelistrikan sesuai prosedur yang berlaku.

Pada penelitian ini digunakan sistem PLTS dengan konfigurasi *off-grid*. Sistem *off-grid* merupakan sistem PLTS yang bekerja secara mandiri tanpa terhubung dengan jaringan listrik utilitas sehingga seluruh kebutuhan energi listrik dipenuhi oleh modul *photovoltaic* dan baterai sebagai media penyimpanan energi. Konfigurasi tersebut dipilih karena memiliki rangkaian yang lebih sederhana, aman untuk kegiatan praktikum, serta mampu memperlihatkan secara langsung proses pembangkitan, penyimpanan, dan penyaluran energi listrik menuju beban. Dengan karakteristik tersebut, sistem *off-grid* dinilai sesuai untuk dijadikan media pembelajaran pada laboratorium ketenagalistrikan (Masters, 2013).

Berdasarkan hasil observasi terhadap kebutuhan praktikum, masih diperlukan media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan komponen utama sistem PLTS, seperti panel surya, *solar charge controller*, baterai, sistem proteksi, terminal keluaran, saklar, dan berbagai beban listrik ke dalam satu perangkat yang mudah dioperasikan. Selain berfungsi sebagai media demonstrasi, perangkat tersebut juga harus memiliki tata letak komponen yang rapi, instalasi yang aman, serta memudahkan pengguna dalam melakukan pengujian fungsi setiap bagian. Dengan adanya media praktikum yang terintegrasi, proses pembelajaran diharapkan menjadi lebih efektif karena mahasiswa dapat mengamati prinsip kerja sistem secara langsung melalui kegiatan praktik.

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dilakukan **Rancang Bangun Trainer Kit PLTS Off-Grid sebagai Sumber Energi Berbagai Beban Listrik DC**. *Trainer kit* yang dikembangkan dirancang untuk mengintegrasikan seluruh komponen utama PLTS ke dalam satu sistem yang aman, rapi, dan mudah digunakan sebagai media praktikum. Keberhasilan penelitian ini ditinjau dari keberhasilan proses perancangan dan pembuatan *trainer kit*, fungsi setiap komponen yang bekerja sesuai dengan perancangannya, keamanan instalasi, kemudahan pengoperasian, serta kelayakan alat sebagai media pembelajaran pada bidang sistem tenaga listrik dan energi terbarukan.



© 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

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid* sebagai sumber energi berbagai beban listrik?
2. Bagaimana mengintegrasikan panel surya, SCC MPPT, baterai, sistem proteksi, sistem monitoring, dan berbagai beban listrik ke dalam satu *trainer kit*?
3. Bagaimana hasil pengujian kinerja *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid* berdasarkan pengujian panel surya, pengisian baterai, dan pengoperasian berbagai beban listrik?
4. Bagaimana hasil pengujian sistem monitoring dan sistem proteksi pada *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan penelitian ini adalah:

1. Merancang dan merealisasikan *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid* sebagai sumber energi berbagai beban listrik.
2. Mengintegrasikan panel surya, SCC MPPT, baterai, sistem proteksi, sistem monitoring, dan berbagai beban listrik ke dalam satu *trainer kit*.
3. Menguji kinerja *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid* melalui pengujian panel surya, pengisian baterai, dan pengoperasian berbagai beban listrik.
4. Mengevaluasi kinerja sistem monitoring dan sistem proteksi pada *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid*.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Trainer Kit* PLTS Off-Grid sebagai media pembelajaran praktikum sistem tenaga surya.
2. Laporan Tugas Akhir mengenai rancang bangun *Trainer Kit* PLTS *OffGrid*.
3. Jobsheet praktikum *Trainer Kit* PLTS *Off-Grid* sebagai panduan penggunaan alat.
4. Artikel ilmiah yang disusun berdasarkan hasil penelitian.

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 perancangan, realisasi, dan pengujian yang telah dilakukan terhadap Trainer Kit PLTS Off-Grid sebagai sumber energi berbagai beban listrik, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah berhasil dirancang dan direalisasikan sebuah Trainer Kit PLTS Off-Grid yang terdiri atas panel surya monocrystalline 50 Wp, SCC MPPT EPEVER Tracer 1210AN, baterai LiFePO₄ 12,8 V 30 Ah, sistem proteksi berupa MCB DC, fuse, dan Battery Management System (BMS), serta berbagai jenis beban listrik yang meliputi lampu LED DC, motor stepper NEMA 17, dan kipas DC. Hasil pemeriksaan instalasi menunjukkan bahwa seluruh komponen telah terpasang sesuai dengan rancangan dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Berdasarkan hasil pengujian kinerja, Trainer Kit mampu melakukan proses pembangkitan energi listrik dan pengisian baterai secara normal. Selama pengujian, panel surya menghasilkan tegangan sebesar 16,66–24,08 V, arus sebesar 0,15–2,05 A, dan daya maksimum sebesar 37,83 W. Proses pengisian baterai berlangsung dengan baik yang ditunjukkan oleh peningkatan tegangan baterai hingga 14,18 V dan peningkatan State of Charge (SOC) hingga 100%.
3. Trainer Kit mampu menyalurkan energi listrik menuju berbagai jenis beban, yaitu lampu LED DC, motor stepper, kipas DC, serta kombinasi beban tanpa mengalami gangguan fungsi. Selama proses pengujian, sistem proteksi yang terdiri atas MCB DC, fuse, dan BMS bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga sistem dapat beroperasi dengan aman.
4. Sensor INA219 dan sensor MAX44009 berhasil diintegrasikan sebagai perangkat pendukung Trainer Kit. Sensor INA219 memiliki rata-rata error pengukuran sebesar 0,07% dibandingkan dengan multimeter, sedangkan sensor MAX44009 mampu membaca intensitas cahaya yang digunakan sebagai data pendukung selama pengujian panel surya. Kedua sensor tersebut mendukung kegiatan praktikum, namun bukan merupakan fokus utama penelitian.
5. Berdasarkan hasil evaluasi, Trainer Kit yang telah direalisasikan memenuhi fungsi sebagai media pembelajaran sistem PLTS Off-Grid. Alat memiliki tata

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

letak komponen yang rapi, mudah dioperasikan sesuai Standard Operating Procedure (SOP), aman digunakan karena dilengkapi sistem proteksi, serta memudahkan pengguna dalam memahami proses pembangkitan, penyimpanan, dan distribusi energi listrik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan *Trainer Kit* pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Menambahkan variasi kapasitas panel surya dan baterai sehingga *Trainer Kit* dapat digunakan untuk mempelajari karakteristik sistem PLTS *Off-Grid* dengan berbagai konfigurasi daya.
2. Menambahkan variasi jenis beban listrik, baik beban DC maupun beban AC melalui *inverter*, sehingga cakupan praktikum menjadi lebih luas.
3. Mengembangkan sistem pencatatan data (*data logging*) yang lebih fleksibel sehingga hasil pengujian dapat dianalisis dalam periode yang lebih panjang.
4. Menambahkan modul praktikum (*jobsheet*) yang lebih beragam agar *Trainer Kit* dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran pada berbagai mata kuliah yang berkaitan dengan sistem energi surya.
5. Melakukan pengujian pada kondisi intensitas cahaya yang lebih bervariasi sehingga karakteristik sistem PLTS *Off-Grid* dapat dianalisis secara lebih komprehensif.



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

- Adafruit Industries. (2026). *Adafruit MAX44009 lux light sensor learning guide*.
<https://learn.adafruit.com/adafruit-max44009-lux-light-sensor>
- Analog Devices. (2017). *MAX1487–MAX491: Low-power, slew-rate-limited RS485/RS-422 transceivers* (Rev. 11). Analog Devices.
<https://www.analog.com/en/products/max485.html>
- 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.
- Clark, L. (2022). *Adafruit ESP32-S3 Feather*. Adafruit Learning System.
<https://learn.adafruit.com/adafruit-esp32-s3-feather/overview>
- EPEVER Co., Ltd. (2024). *Tracer-AN series MPPT solar charge controller user manual* (Version 2.3). EPEVER Co., Ltd.
- E-Switch. (n.d.). *Toggle switches*. <https://www.e-switch.com/product-catalog/toggle/>
- Espressif Systems. (2024). *ESP32-S3 series datasheet*. Espressif Systems.
<https://www.espressif.com/>
- Espressif Systems. (2024). *ESP32-S3-DevKitC-1 user guide*. Espressif Systems.
<https://docs.espressif.com/>
- Green, M. A., Dunlop, E. D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., Kopidakis, N., & Hao, X. (2024). Solar cell efficiency tables (Version 64). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 32(7), 425–434. <https://doi.org/10.1002/pip.3902>
- International Energy Agency. (2024). *Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>



© 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

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

NXP Semiconductors. (2021). *I²C-bus specification and user manual* (UM10204 Rev. 7.0). NXP Semiconductors.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011)*. Badan Standardisasi Nasional.

ROHM Co., Ltd. (2020). *BH1750FVI digital ambient light sensor datasheet*. ROHM Co., Ltd.

Schneider Electric. (n.d.). *Acti9 C60H-DC, Acti9 C60PV-DC: Miniature circuit breakers for direct current circuits protection*.
<https://www.se.com/id/en/product-range/61095-acti9-c60hdc-acti9-c60pvdc/range/61095-acti9-c60hdc-acti9-c60pvdc/>

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* (Rev. G). Texas Instruments.
<https://www.ti.com/product/INA219>

Texas Instruments. (2023). *LM2596 SIMPLE SWITCHER® power converter*. Texas Instruments. <https://www.ti.com/product/LM2596>

World Bank. (2014). *Utility scale solar power plants: A guide for developers and investors*. World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/>



© 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

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.

<https://doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2>





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup



Lulus dari SD Negeri Kaliabang Tengah III Tahun 2017, SMP Taman Harapan 1 Bekasi Tahun 2020, dan SMK Negeri Jurusan Teknik Elektronika Industri Tahun 2023. Sampai saat laporan tugas akhir ini dibuat, penulis merupakan mahasiswa aktif di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta

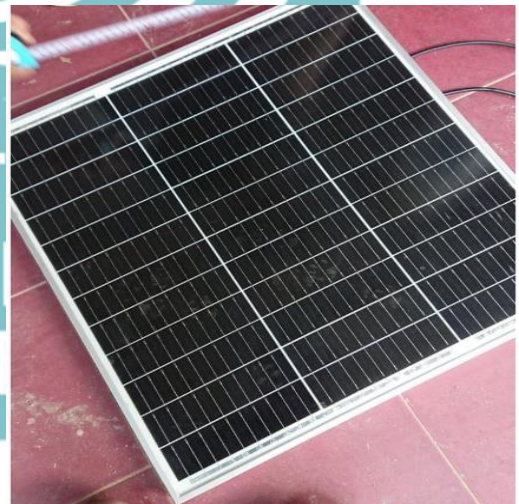
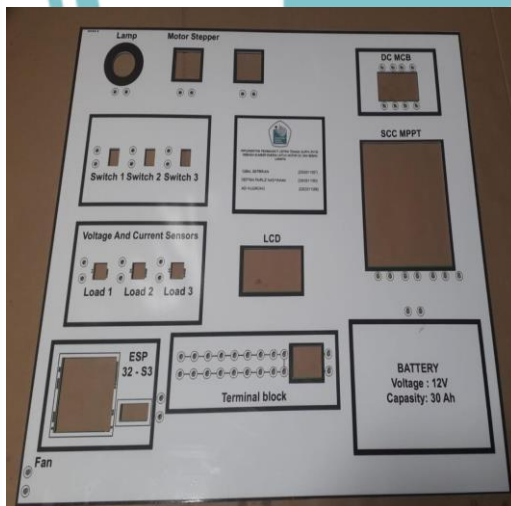


Lampiran 2. Foto Dokumentasi dan Alat

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

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





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





© Hak Cipta 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

