



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**ANALISIS STABILITAS SISTEM PLTS OFF-GRID
TERHADAP VARIASI PEMBEBANAN**

TUGAS AKHIR

DEFFAN FAIRUZ NASYWAAN
2303311053
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS STABILITAS SISTEM PLTS OFF-GRID
TERHADAP VARIASI PEMBEBANAN**

TUGAS AKHIR

DEFFAN FAIRUZ NASYWAAN

2303311053

**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 mengumumkan 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 : Deffan Fairuz Nasywaan

NIM : 2303311053

Tanda Tangan : 

Tanggal : 28 Mei 2026

**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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Deffan Fairuz Nasywaan
NIM : 2303311053
Program Studi : Teknik Listrik
Judul Tugas Akhir : Analisis Stabilitas Sistem PLTS Off-GRID Terhadap Variasi Pembebanan

Telah diuji oleh tim penguji dalam sidang tugas akhir pada Selasa, 23 Juni 2026 dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing 1 : Imam Halimi, S.T., M.Si.
NIP. 197203312006041001

()

Pembimbing 2 : Muchlishah, S.T., M.T.
NIP. 198410202019032015

()

Depok,
Disahkan Oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Stabilitas Sistem PLTS Off-Grid terhadap Variasi Pembebanan". Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Diploma Tiga (D3) Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Imam Halimi, S.T., M.Si. dan Ibu Muchlishah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, perhatian, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Teman-teman Program Studi Teknik Listrik yang telah memberikan bantuan, dukungan, semangat, dan kebersamaan selama proses penyusunan laporan Tugas Akhir
4. Indira Putri Seruni, yang dengan ketulusan senantiasa menghadirkan doa, perhatian, dukungan, kesabaran, dan semangat dalam setiap perjalanan penulis. Terima kasih, seluas langit yang tak terbatas, atas kasih dan kepercayaan yang tak pernah pudar.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Depok, 19 Juni 2026

Penulis

Deffan Fairuz Nasywaan



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

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid merupakan sistem pembangkit listrik mandiri yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi utama tanpa terhubung dengan jaringan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas tegangan DC 12V pada sistem PLTS Off-Grid terhadap variasi pembebanan berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, voltage drop, dan persentase penurunan tegangan. Sistem yang digunakan terdiri dari panel surya monocrystalline 50 Wp, Solar Charge Controller (SCC) MPPT EPEVER Tracer 1210AN, baterai LiFePO₄ 12V 30 Ah, serta beban DC berupa lampu, motor stepper, dan fan. Pengambilan data dilakukan menggunakan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) dengan interval pencatatan setiap satu menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan baterai berada pada rentang 12,45–14,18 V. Nilai voltage drop yang diperoleh berturut-turut sebesar 0,77 V, 0,45 V, 0,58 V, dan 0,27 V untuk kondisi Load 1, Load 2, Load 3, dan kombinasi beban. Persentase penurunan tegangan yang diperoleh masing-masing sebesar 5,62%, 3,28%, 4,23%, dan 1,97%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem mampu mempertahankan tegangan kerja dengan baik pada seluruh kondisi pengujian, sehingga menunjukkan stabilitas tegangan yang baik terhadap variasi pembebanan.

Kata Kunci: PLTS Off-Grid, stabilitas tegangan, variasi pembebanan, voltage drop, 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

An Off-Grid Solar Power System is an independent power generation system that utilizes solar energy without being connected to the utility grid. This study aims to analyze the stability of a 12V DC voltage in an Off-Grid Solar Power System under various loading conditions based on voltage, current, power, voltage drop, and percentage voltage reduction parameters. The system consists of a 50 Wp monocrystalline solar panel, an EPEVER Tracer 1210AN MPPT Solar Charge Controller, a 12V 30 Ah LiFePO4 battery, and DC loads including a lamp, a stepper motor, and a fan. Data were collected using an Internet of Things (IoT)-based monitoring system with a one-minute sampling interval. The results showed that the battery voltage ranged from 12.45 V to 14.18 V. The voltage drops obtained for Load 1, Load 2, Load 3, and combined loads were 0.77 V, 0.45 V, 0.58 V, and 0.27 V, respectively. The corresponding voltage reduction percentages were 5.62%, 3.28%, 4.23%, and 1.97%. These results indicate that the system was able to maintain its operating voltage under all testing conditions, demonstrating good voltage stability against load variations.

Keywords: Off-Grid Solar Power System, voltage stability, load variation, voltage drop, LiFePO4 battery.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR 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	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Luaran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 PLTS Off-Grid.....	5
2.2 Panel Surya.....	5
2.3 Solar Charge Controller.....	7
2.4 Baterai LiFePO4.....	8
2.5 State of Charge (SOC).....	9
2.6 Karakteristik Beban.....	9
2.7 Pengaruh Pembebanan Terhadap Tegangan	10
2.8 Voltage Drop.....	10
2.9 Persentase Penurunan Tegangan.....	11
2.10 Standar Batas Penurunan Tegangan dan Stabilitas Tegangan	11
2.11 Analisis Stabilitas Tegangan	12
2.12 Sistem Monitoring IoT	12
2.13 ESP32-S3.....	13
2.14 INA219.....	14



© 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

2.15 BH1750	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Deskripsi Sistem.....	18
3.2 Diagram Blok Sistem	20
3.2.1 Sistem Pembangkit dan Penyimpanan Energi	21
3.2.2 Sistem Monitoring dan Akuisisi Data.....	22
3.3 Prinsip Kerja Sistem	22
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	23
3.5 Variabel Penelitian.....	24
3.5.1 Variabel Bebas	25
3.5.2 Variabel Terikat.....	25
3.6 Prosedur Penelitian.....	26
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.8 Skenario Pengujian.....	28
3.8.1 Kondisi Awal Pengujian.....	29
3.8.2 Pengujian Tanpa Beban.....	31
3.8.3 Pengujian Variasi Pembebanan	31
3.8.4 Pengujian Baterai dengan Kombinasi Beban	31
3.9 Metode Pengambilan Data	32
3.10 Metode Analisis Data	33
3.10.1 Analisis Parameter Kelistrikan.....	34
3.10.2 Analisis Stabilitas Sistem.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Pengujian Tanpa Beban	35
4.1.1 Deskripsi Pengujian	35
4.1.2 Prosedur Pengujian	35
4.1.3 Data Hasil Pengujian	36
4.1.4 Analisa Data dan Evaluasi	38
4.2 Pengujian Load 1 (Lampu) Menggunakan Sistem PLTS Off-Grid.....	42
4.2.1 Deskripsi Pengujian	42
4.2.2 Prosedur Pengujian	42
4.2.3 Data Hasil Pengujian	43
4.2.4 Analisis Data dan Evaluasi	44
4.3 Pengujian Load 2 (Motor Stepper) Menggunakan Sistem PLTS Off-Grid .	47



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

4.3.1 Deskripsi Pengujian	47
4.3.2 Prosedur Pengujian	48
4.3.3 Data Hasil Pengujian	48
4.3.4 Analisa Data dan Evaluasi	49
4.4 Pengujian Load 3 (Fan DC 12V) Menggunakan Sistem PLTS Off-Grid....	52
4.4.1 Deskripsi Pengujian	52
4.4.2 Prosedur Pengujian	52
4.4.3 Data Hasil Pengujian	53
4.4.4 Analisis Data dan Evaluasi	54
4.5 Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Sistem PLTS Off-Grid	58
4.5.1 Deskripsi Pengujian	58
4.5.2 Prosedur Pengujian	58
4.5.3 Data Hasil Pengujian	59
4.5.4 Analisis Data dan Hasil Pengujian.....	62
4.6 Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai.....	65
4.6.1 Deskripsi Pengujian	65
4.6.2 Prosedur Pengujian	66
4.6.3 Data Hasil Pengujian	67
4.6.4 Analisis Data dan Evaluasi	69
4.7 Analisis Stabilitas Sistem PLTS Off-Grid	75
4.7.1 Analisis Perubahan Tegangan	75
4.7.2 Analisis Perubahan Daya dan Tegangan	78
4.7.3 Analisis Voltage Drop	80
4.7.4 Analisis Persentase Penurunan Tegangan	83
4.7.5 Evaluasi Stabilitas Sistem.....	85
BAB V PENUTUP.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN.....	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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya.....	6
Gambar 2. 2 Solar Charge Controller	7
Gambar 2. 3 Baterai LifePo4	8
Gambar 2. 4 ESP32-S3	13
Gambar 2. 5 INA219.....	14
Gambar 2. 6 Sensor BH1750	15
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengambilan Data	19
Gambar 3. 2 Blok Diagram	20
Gambar 3. 3 Diagram Alur Penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Perubahan Tegangan Baterai Terhadap Waktu pada Kondisi Tanpa Beban	38
Gambar 4. 2 Perubahan Arus Charging Baterai terhadap Waktu pada Kondisi Tanpa Beban.....	39
Gambar 4. 3 Perubahan Daya Panel Surya terhadap Waktu pada Kondisi Tanpa Beban	39
Gambar 4. 4 Perubahan Iradiasi Matahari terhadap Waktu pada Kondisi Tanpa Beban	40
Gambar 4. 5 Perubahan Tegangan Load 1 terhadap Waktu pada Pengujian Lampu DC 12V	45
Gambar 4. 6 Perubahan Arus Load 1 terhadap Waktu pada Pengujian Lampu DC 12V.....	45
Gambar 4. 7 Perubahan Daya Load 1 terhadap Waktu pada Pengujian Lampu DC 12V	46
Gambar 4. 8 Perubahan Tegangan Load 2 terhadap Waktu pada Pengujian Motor Stepper	50
Gambar 4. 9 Perubahan Arus Load 2 terhadap Waktu pada Pengujian Motor Stepper	50
Gambar 4. 10 Perubahan Daya Load 2 terhadap Waktu pada Pengujian Motor Stepper	51
Gambar 4. 11 Perubahan Tegangan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Fan DC 12V	55



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

Gambar 4. 12 Perubahan Arus Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Fan DC 12V	56
Gambar 4. 13 Perubahan Daya Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Fan DC 12V	56
Gambar 4. 14 Perbandingan Tegangan Load 1, Load 2, dan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan PLTS	62
Gambar 4. 15 Perbandingan Arus Load 1, Load 2, dan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Beban Kombinasi Menggunakan PLTS.....	63
Gambar 4. 16 Perbandingan Daya Load 1, Load 2, dan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Beban Kombinasi Menggunakan PLTS.....	64
Gambar 4. 17 Perbandingan Tegangan Load 1, Load 2, dan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai.....	69
Gambar 4. 18 Perbandingan Arus Load 1, Load 2, dan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai	70
Gambar 4. 19 Perbandingan Daya Load 1, Load 2, dan Load 3 terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai	71
Gambar 4. 20 Perubahan Tegangan Baterai terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai.....	72
Gambar 4. 21 Perubahan Arus Baterai terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai	72
Gambar 4. 22 Perubahan Daya Baterai terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai	73
Gambar 4. 23 Perubahan State of Charge (SOC) Baterai terhadap Waktu pada Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai.....	73
Gambar 4. 24 Grafik Tegangan Rata-rata pada Setiap Kondisi Pengujian	76
Gambar 4. 25 Grafik Voltage Drop pada Setiap Kondisi Pengujian	81
Gambar 4. 26 Grafik Persentase Penurunan Tegangan pada Setiap Kondisi Pengujian.....	84



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32-S3	13
Tabel 2. 2 Spesifikasi INA219	15
Tabel 2. 3 Spesifikasi BH1750	17
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat	23
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian	26
Tabel 3. 3 Skenario Pengujian	28
Tabel 3. 4 Kondisi Awal Pengujian	30
Tabel 3. 5 Parameter Pengambilan Data	33
Tabel 4. 1 Ringkasan Hasil Pengujian Tanpa Beban	37
Tabel 4. 2 Ringkasan Hasil Pengujian Load 1 (Lampu DC 12V)	44
Tabel 4. 3 Ringkasan Hasil Pengujian Load 2 (Motor Stepper)	49
Tabel 4. 4 Ringkasan Hasil Pengujian Load 3 (Fan DC 12V)	54
Tabel 4. 5 Ringkasan Hasil Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan PLTS ...	60
Tabel 4. 6 Ringkasan Hasil Pengujian Kombinasi Beban Menggunakan Baterai	67
Tabel 4. 7 Perbandingan Tegangan Rata-rata pada Setiap Kondisi Pengujian	76
Tabel 4. 8 Perbandingan Daya Rata-rata pada Setiap Kondisi Pengujian	78
Tabel 4. 9 Analisis Voltage Drop	80
Tabel 4. 10 Grafik Voltage Drop pada Setiap Kondisi Pengujian	83
Tabel 4. 11 Ringkasan Evaluasi Stabilitas Sistem PLTS Off-Grid	85

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

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam berbagai aktivitas masyarakat, baik pada sektor rumah tangga, pendidikan, maupun industri. Seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik dan semakin berkurangnya cadangan energi fosil, pemanfaatan energi terbarukan menjadi salah satu solusi yang terus dikembangkan. Salah satu sumber energi terbarukan yang banyak digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena memanfaatkan energi matahari yang melimpah, ramah lingkungan, serta dapat diterapkan pada berbagai skala kebutuhan energi.

PLTS Off-Grid merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang bekerja secara mandiri tanpa terhubung dengan jaringan listrik PLN. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya disimpan pada baterai dan digunakan untuk menyuplai beban sesuai kebutuhan. Sistem ini banyak digunakan pada daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik maupun sebagai media pembelajaran dan penelitian mengenai energi terbarukan.

Pada sistem PLTS Off-Grid, kualitas penyaluran energi sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem dalam mempertahankan tegangan keluaran ketika terjadi perubahan pembebanan. Perubahan jumlah maupun jenis beban dapat menyebabkan perubahan arus dan daya yang disuplai oleh sistem. Peningkatan arus akibat penambahan beban berpotensi menimbulkan penurunan tegangan (voltage drop) pada sisi keluaran sehingga dapat memengaruhi kinerja peralatan yang terhubung.

Penurunan tegangan yang terjadi pada sistem DC dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mempertahankan kondisi operasi yang baik. Semakin kecil perubahan tegangan yang terjadi ketika beban berubah, maka semakin baik kemampuan sistem dalam menjaga kestabilan tegangan. Oleh karena itu, pengamatan terhadap parameter tegangan, arus, daya, voltage drop, dan persentase penurunan tegangan menjadi penting untuk mengevaluasi performa sistem PLTS Off-Grid.



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

Penelitian ini menggunakan sistem PLTS Off-Grid yang terdiri dari panel surya monocrystalline 50 Wp, Solar Charge Controller (SCC) MPPT EPEVER Tracer 1210AN, baterai LiFePO4 12V 30 Ah, serta tiga jenis beban DC berupa lampu DC 12V, motor stepper, dan fan DC 12V. Seluruh beban bekerja pada sistem tegangan 12V DC sehingga karakteristik perubahan tegangan dapat diamati secara langsung pada sisi keluaran sistem.

Pada penelitian ini, istilah stabilitas yang dimaksud bukanlah stabilitas sistem tenaga listrik skala jaringan yang berkaitan dengan sinkronisasi generator, frekuensi, maupun kestabilan transien. Stabilitas yang dianalisis difokuskan pada kemampuan sistem PLTS Off-Grid dalam mempertahankan tegangan kerja DC 12V ketika terjadi variasi pembebanan. Analisis dilakukan berdasarkan perubahan tegangan, arus, daya, nilai voltage drop, serta persentase penurunan tegangan pada setiap kondisi pengujian.

Meskipun penelitian mengenai PLTS Off-Grid telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian berfokus pada performa panel surya, efisiensi SCC, dan sistem monitoring IoT. Penelitian yang secara khusus menganalisis pengaruh variasi pembebanan terhadap kestabilan tegangan DC 12V pada sistem PLTS Off-Grid skala kecil masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan sistem dalam mempertahankan tegangan kerja ketika terjadi perubahan kondisi pembebanan.

Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Stabilitas Sistem PLTS Off-Grid terhadap Variasi Pembebanan” untuk mengetahui pengaruh variasi pembebanan terhadap kestabilan tegangan DC 12V pada sistem PLTS Off-Grid serta mengevaluasi kemampuan sistem dalam mempertahankan kualitas tegangan selama beroperasi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh variasi pembebanan terhadap tegangan DC 12V pada sistem PLTS Off-Grid?
2. Berapa nilai voltage drop dan persentase penurunan tegangan yang terjadi pada setiap kondisi pembebanan?



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. Bagaimana kemampuan sistem PLTS Off-Grid dalam mempertahankan kestabilan tegangan DC 12V pada berbagai variasi pembebanan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan sistem PLTS Off-Grid terhadap variasi pembebanan. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perubahan tegangan DC 12V akibat variasi pembebanan pada sistem PLTS Off-Grid.
2. Menganalisis perubahan arus dan daya pada setiap kondisi pembebanan.
3. Menghitung nilai voltage drop dan persentase penurunan tegangan pada setiap kondisi pengujian.
4. Mengevaluasi kemampuan sistem PLTS Off-Grid dalam mempertahankan kestabilan tegangan DC 12V berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan yang diperoleh.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka penelitian dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Sistem yang digunakan merupakan PLTS Off-Grid dengan panel surya monocrystalline 50 Wp.
2. Media penyimpanan energi menggunakan baterai LiFePO₄ 12V 30 Ah.
3. Solar Charge Controller yang digunakan adalah SCC MPPT EPEVER Tracer 1210AN.
4. Beban yang digunakan terdiri dari lampu DC 12V, motor stepper, dan fan DC 12V.
5. Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa beban, beban tunggal, dan kombinasi seluruh beban.
6. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan, arus, daya, voltage drop, dan persentase penurunan tegangan.
7. Stabilitas yang dimaksud dalam penelitian ini adalah stabilitas tegangan DC 12V pada sistem PLTS Off-Grid dan tidak mencakup analisis stabilitas sistem tenaga listrik skala jaringan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini berupa data dan hasil analisis yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kestabilan sistem PLTS Off-Grid. Adapun luaran yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Data hasil pengujian sistem PLTS Off-Grid pada berbagai kondisi pembebanan.
2. Data tegangan, arus, daya, voltage drop, dan persentase penurunan tegangan pada setiap kondisi pengujian.
3. Grafik karakteristik perubahan parameter kelistrikan akibat variasi pembebanan.
4. Hasil evaluasi kestabilan tegangan DC 12V pada sistem PLTS Off-Grid.
5. Laporan Tugas Akhir sebagai dokumentasi 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



Hak Cipta :

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

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis stabilitas sistem PLTS Off-Grid terhadap variasi pembebanan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi pembebanan mempengaruhi tegangan keluaran sistem PLTS Off-Grid. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan sistem berada pada rentang 12,46–12,63 V pada berbagai kondisi pembebanan. Meskipun terjadi penurunan tegangan saat beban dioperasikan, nilai tegangan masih berada di sekitar tegangan nominal 12V sehingga sistem tetap mampu mempertahankan tegangan kerja selama pengujian berlangsung.
2. Variasi pembebanan mempengaruhi nilai arus dan daya yang disuplai oleh sistem. Semakin besar jumlah beban yang dihubungkan, semakin besar arus dan daya yang dibutuhkan. Pada pengujian kombinasi beban, daya total sistem berada pada rentang 8,87–10,28 W, lebih besar dibandingkan kondisi beban tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan pembebanan memberikan pengaruh langsung terhadap kebutuhan daya sistem.
3. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa setiap kondisi pembebanan menghasilkan nilai voltage drop dan persentase penurunan tegangan yang berbeda. Nilai voltage drop yang terjadi relatif kecil dibandingkan tegangan nominal sistem dan persentase penurunan tegangan masih berada pada kategori stabil berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian. Dengan demikian, perubahan pembebanan yang diberikan belum menyebabkan penurunan tegangan yang signifikan terhadap performa sistem.
4. Berdasarkan analisis tegangan, arus, daya, voltage drop, dan persentase penurunan tegangan, sistem PLTS Off-Grid yang terdiri dari panel surya monocrystalline 50 Wp, SCC MPPT EPEVER Tracer 1210AN, dan baterai LiFePO₄ 12V 30 Ah menunjukkan kestabilan tegangan yang baik pada variasi beban dan kondisi pengujian yang dilakukan. Selama pengujian, tegangan baterai berada pada rentang 12,68–12,85 V dengan nilai State of



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

Charge (SOC) berkisar antara 69–77%, sehingga sistem masih mampu menyuplai beban lampu DC 12V, motor stepper, fan DC 12V, maupun kombinasi ketiga beban tersebut.

5. Hasil penelitian ini berlaku pada kondisi pengujian yang dilakukan, yaitu menggunakan panel surya 50 Wp, baterai LiFePO₄ 12V 30 Ah, variasi beban yang digunakan, serta kondisi irradiance dan State of Charge (SOC) baterai selama pengambilan data. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh tidak secara langsung mewakili seluruh kondisi operasi sistem PLTS Off-Grid dengan kapasitas dan karakteristik yang berbeda.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan trainer kit PLTS Off-Grid pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas panel surya dan baterai dapat ditingkatkan agar sistem mampu melayani beban dengan daya yang lebih besar dan waktu operasi yang lebih lama.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan variasi jenis beban DC maupun beban AC melalui inverter sehingga fungsi trainer kit menjadi lebih lengkap sebagai media pembelajaran sistem PLTS Off-Grid.
3. Pengujian sistem dapat dilakukan pada kondisi pembebanan yang lebih beragam serta menggunakan beban dengan daya yang lebih besar untuk mengetahui batas kemampuan sistem dalam mempertahankan kestabilan tegangan.
4. Pengujian sebaiknya dilakukan dengan kondisi State of Charge (SOC) awal baterai yang sama pada setiap skenario pengujian agar hasil perbandingan antar kondisi pembebanan menjadi lebih objektif.
5. Pengujian sebaiknya dilakukan pada kondisi irradiance yang lebih terkendali atau menggunakan alat ukur irradiance yang lebih akurat sehingga pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap performa sistem dapat dianalisis dengan lebih baik.



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

- Ashton, K. (2021). *That 'Internet of Things' Thing: In the Real World Things Matter More Than Ideas*. RFID Journal.
- Espressif Systems. (2023). *ESP32-S3 Series Datasheet Version 2.0*. Shanghai: Espressif Systems.
- Gonen, T. (2021). *Electric Power Distribution Engineering* (4th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- IEC. (2018). *IEC 60364-5-52: Low-Voltage Electrical Installations – Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment – Wiring Systems*. Geneva: International Electrotechnical Commission.
- IEEE. (2019). *IEEE Std 141-2019: IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (Red Book)*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Kalogirou, S. A. (2022). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems* (3rd ed.). London: Academic Press.
- Messenger, R. A., & Ventre, J. (2021). *Photovoltaic Systems Engineering* (4th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Padiyar, K. R. (2021). *Power System Dynamics, Stability and Control* (3rd ed.). New Delhi: BS Publications.
- Rezk, H., Fathy, A., & Abdelkareem, M. A. (2023). Recent advances in off-grid photovoltaic systems: A review of system configurations, control strategies, and energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 174, 113113.
- Stevenson, W. D. (2021). *Elements of Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill Education.
- Texas Instruments. (2022). *INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I²C Interface Datasheet*. Dallas, TX: Texas Instruments.
- Wang, Y., Liu, J., Zhang, X., & Chen, Z. (2023). Performance analysis and application of LiFePO₄ batteries in renewable energy storage systems. *Journal of Energy Storage*, 68, 107654.

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. Daftar Riwayat Hidup

Deffan Fairuz Nasywaan

Lahir di Jakarta, 03 Juni 2005

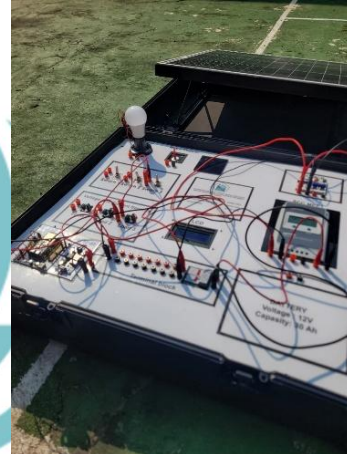


Lulus dari SD Negeri 01 Serdang Jakarta pada tahun 2017, SMP Negeri 228 Jakarta pada tahun 2020, dan MA Al-Muddatsiriyah Jakarta pada tahun 2023. Melanjutkan pendidikan Diploma Tiga (D3) pada tahun 2023 di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Foto Dokumentasi dan Alat



Link Hasil Pengujian;

<https://drive.google.com/drive/folders/17CMw2urXcEEsF0hD3pr0J8YHEaZA31H?usp=sharing>