



© 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



Rancang Bangun dan Simulasi Sistem Bidirectional Baterai Sepeda Listrik dan Baterai PLTS Berbasis PLTS Off-Grid

TUGAS AKHIR

Hammad Abdurrohman

2303311045

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



Rancang Bangun dan Simulasi Sistem Bidirectional Baterai Sepeda Listrik dan Baterai PLTS Berbasis PLTS Off-Grid

TUGAS AKHIR

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Hammad Abdurrohim
2303311045**

**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 : Hammad Abdurrohlim

Nim : 2303311045

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 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 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 : Hammad Abdurrohman
NIM : 2303311045
Program Studi : D3 Teknik Listrik
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun dan Simulasi Sistem Bidirectional Baterai Sepeda Listrik dan Baterai PLTS Berbasis PLTS Off-Grid

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

Pembimbing I: Ajeng Bening Kusumaningtyas, S.S.T., M.Tr.T
NIP. 199405202020122017

Pembimbing II: Hatib Setiana, S.T., M.T.
NIP. 199204212022031007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 8 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyanti, 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 PENGHANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun dan Simulasi Sistem Bidirectional Baterai Sepeda Listrik Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid” dengan baik.

Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma Tiga (D3) pada Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Hatib Setiana, S.T., M.T. dan Ibu Ajeng Bening Kusumaningtyas, S.S.T.,M.Tr.T.. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
3. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

Jakarta, 11 Juli 2026

Penulis

Hammad Abdurrohlim



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

Peningkatan penggunaan kendaraan listrik mendorong kebutuhan sistem pengelolaan energi yang efisien dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang, mensimulasikan, dan merealisasikan sistem *bidirectional* baterai sepeda listrik berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama. Sistem terdiri atas panel surya 50 Wp, *solar charge controller* (SCC), baterai PLTS 12 V, baterai sepeda listrik 48 V, sensor INA219, sensor PZEM-017, converter boost, converter buck, relay, serta sistem monitoring berbasis *MQTT Broker* (Mosquitto), Node-RED Dashboard, dan Google Spreadsheet. Sistem mendukung mode *Grid to Vehicle* (G2V) untuk pengisian baterai sepeda listrik dari baterai PLTS dan *Vehicle to Grid* (V2G) untuk penyaluran energi dari baterai sepeda listrik ke baterai PLTS. Pengoperasian dapat dilakukan secara manual maupun otomatis berdasarkan nilai *State of Charge* (SOC) baterai. Hasil simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa transfer energi dua arah dapat berjalan sesuai konsep G2V dan V2G. Seluruh komponen berfungsi dengan baik serta mampu melakukan monitoring data secara *real-time*. Sistem yang dikembangkan berhasil direalisasikan dan berpotensi menjadi media pembelajaran serta pengembangan sistem manajemen energi kendaraan listrik berbasis energi terbarukan.

Kata kunci: Bidirectional, G2V, V2G, PLTS Off-Grid, ESP32, Kendaraan Listrik.



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

The increasing adoption of electric vehicles has created a growing demand for efficient and sustainable energy management systems. This study aims to design, simulate, and implement a bidirectional battery system for an electric bicycle based on an off-grid Photovoltaic (PV) system using the ESP32 as the main controller. The proposed system consists of a 50 Wp solar panel, a solar charge controller (SCC), a 12 V PV battery, a 48 V electric bicycle battery, INA219 and PZEM-017 sensors, boost and buck converters, relays, and a monitoring system based on the MQTT Broker (Mosquitto), Node-RED Dashboard, and Google Sheets. The system supports both Grid-to-Vehicle (G2V) mode for charging the electric bicycle battery from the PV battery and Vehicle-to-Grid (V2G) mode for transferring energy from the electric bicycle battery back to the PV battery. The system can operate in both manual and automatic modes based on the battery's State of Charge (SOC). Simulation and experimental results demonstrate that the bidirectional energy transfer operates successfully according to the G2V and V2G concepts. All system components function properly and enable real-time data monitoring. The developed system can serve as a learning platform and as a foundation for future renewable energy-based electric vehicle energy management systems.

Keywords: Bidirectional, G2V, V2G, Off-Grid Photovoltaic (PV) System, ESP32, Electric Vehicle.



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	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGHANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
1.1 Latar Belakang	1
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	4
2.2 Panel Surya	4
2.3 Solar Charge Controller (SCC)	5
2.4 Baterai.....	6
2.4.1 Baterai PLTS 12V.....	7
2.4.2 Baterai Sepeda Listrik 48V	8



© 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

2.4.3	State of Charge (SOC).....	9
2.5	Sistem Bidirectional Charging.....	9
2.5.1	Grid to Vehicle (G2V)	10
2.5.2	Vehicle to Grid (V2G)	11
2.6	Konverter DC-DC.....	11
2.6.1	Boost Converter.....	12
2.6.2	Buck Converter.....	13
2.7	Mikrokontroler ESP32	14
2.8	Sensor Monitoring	15
2.8.1	Sensor INA219	15
2.8.2	Sensor PZEM-017.....	16
2.9	Relay	18
2.11	Node-RED.....	19
2.12	LCD (Liquid Crystal Display).....	20
2.13	Battery Capacity Meter.....	21
2.14	MATLAB Simulink.....	21
BAB III		23
PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM		23
3.1	Rancang Alat.....	23
3.2.1	Deskripsi Alat	25
3.2.2	Cara Kerja Alat.....	26
3.2.3	Spesifikasi Alat	27
3.2.4	Diagram Blok Sistem.....	30
3.2.5	Diagram Arsitektur	31



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

3.2.6	Flowchart Mode Manual	33
3.2.7	Flowchart Mode Otomatis.....	34
3.3	Perancangan Simulasi MATLAB Simulink	36
3.4	Realisasi Alat.....	39
3.4.1	Proses Konstruksi Panel	39
3.4.2	Proses Pemasangan Komponen.....	40
3.4.3	Wiring Sistem Kelistrikan Panel.....	40
3.4.4	Hasil Realisasi Alat.....	43
BAB IV PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Simulasi Sistem G2V	45
4.1.1	Deskripsi Simulasi	45
4.1.2	Parameter Simulasi	46
4.1.3	Hasil Simulasi G2V.....	48
4.1.4	Pembahasan Hasil Simulasi.....	50
4.2	Hasil Simulasi Sistem V2G	51
4.2.1	Deskripsi Simulasi	52
4.2.2	Parameter Simulasi	53
4.2.3	Hasil Simulasi V2G.....	55
4.2.4	Pembahasan Hasil Simulasi.....	57
4.3	Pengujian Kontinuitas	58
4.3.1	Deskripsi Pengujian.....	59
4.3.2	Prosedur Pengujian	59
4.3.3	Hasil Pengujian.....	60
4.3.4	Analisis Pengujian	62



© 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

4.4	Pengujian Komponen.....	62
4.4.1	Pengujian Panel Surya	63
4.4.1.1	Deskripsi Kerja.....	63
4.4.1.2	Prosedur Pengujian	64
4.4.1.3	Data Hasil Pengujian	64
4.4.1.4	Analisis Hasil Pengujian.....	65
4.4.2	Pengujian Solar Charge Controller (SCC).....	65
4.4.2.1	Deskripsi Kerja.....	65
4.4.2.2	Prosedur Pengujian	66
4.4.2.3	Data Hasil Pengujian.....	67
4.4.2.4	Analisis Hasil Pengujian.....	67
4.4.3	Pengujian Sensor INA219.....	68
4.4.3.1	Deskripsi Kerja.....	68
4.4.3.2	Prosedur Pengujian	68
4.4.3.3	Data Hasil Pengujian.....	69
4.4.3.4	Analisis Hasil Pengujian.....	69
4.4.4	Pengujian Sensor PZEM-017	70
4.4.4.1	Deskripsi Kerja.....	70
4.4.4.2	Prosedur Pengujian	71
4.4.4.3	Data Hasil Pengujian.....	71
4.4.4.4	Analisis Hasil Pengujian.....	72
4.4.5	Pengujian Relay	72
4.4.5.1	Deskripsi Kerja.....	72
4.4.5.2	Prosedur Pengujian	73



© 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

4.4.5.3	Data Hasil Pengujian	73
4.4.5.4	Analisis Hasil Pengujian	74
4.4.6	Pengujian ESP32	74
4.4.6.1	Deskripsi Kerja	75
4.4.6.2	Prosedur Pengujian	75
4.4.6.3	Data Hasil Pengujian	76
4.4.6.4	Analisis Hasil Pengujian	77
4.4.7	Pengujian Converter Boost	77
4.4.7.1	Deskripsi Kerja	77
4.4.7.2	Prosedur Pengujian	78
4.4.7.3	Data Hasil Pengujian	78
4.4.7.4	Analisis Hasil Pengujian	79
4.4.8	Pengujian Converter Buck	79
4.4.8.1	Deskripsi Kerja	80
4.4.8.2	Prosedur Pengujian	80
4.4.8.3	Data Hasil Pengujian	81
4.4.8.4	Analisis Hasil Pengujian	81
4.5	Pengujian Pengisian Baterai PLTS dari Panel Surya	82
4.5.1	Deskripsi Pengujian	82
4.5.2	Prosedur Pengujian	82
4.5.3	Data Hasil Pengujian	83
4.5.3	Analisis Hasil Pengujian	84
BAB V PENUTUP		86
5.1	Kesimpulan	86



© 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

5.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		88
LAMPIRAN		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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya	5
Gambar 2. 2 Solar Charge Controller.....	6
Gambar 2. 3 Baterai Lead Acid	8
Gambar 2. 4 Baterai LiFePO4	9
Gambar 2. 5 Boost Converter	13
Gambar 2. 6 Buck Converter.....	13
Gambar 2. 7 ESP32.....	15
Gambar 2. 8 INA219.....	16
Gambar 2. 9 PZEM-017	17
Gambar 2. 10 Relay.....	18
Gambar 2. 11 RS-485.....	19
Gambar 2. 12 LCD Display Module	21
Gambar 2. 13 Battery Capacity Meter.....	21
Gambar 3. 1 Tampak Depan, dan Samping Sistem Bidirectional Charging	23
Gambar 3. 2 Layout Komponen Panel Kontrol	24
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem Bidirectional Baterai Sepeda Listrik Berbasis PLTS Off-Grid	30
Gambar 3. 4 Diagram Arsitektur Sistem Bidirectional Baterai Sepeda Listrik Berbasis PLTS Off-Grid	32
Gambar 3. 5 Flow Chart Mode Manual	33
Gambar 3. 6 Flowchart Mode Otomatis	35
Gambar 3. 7 Model Simulasi Sistem V2G dan G2V	37



© 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

Gambar 3. 8 Wiring Sistem Kelistrikan Panel.....	42
Gambar 3. 9 Perbandingan Desain dan Hasil Realisasi Alat.....	44
Gambar 4. 1 Model Simulasi Sistem G2V	47
Gambar 4. 2 Tegangan Jaringan (Vgrid) dan Arus Jaringan (Igrid) pada Mode G2V	49
Gambar 4. 3 Tegangan Baterai (Vbat) dan Arus Baterai (Ibat) pada Mode.....	50
Gambar 4. 4 Tegangan DC Bus (Vdc) pada Mode G2V.....	51
Gambar 4. 5 Model Simulasi Sistem V2G	54
Gambar 4. 6 Tegangan Jaringan (Vgrid) dan Arus Jaringan (Igrid) pada Mode V2G	56
Gambar 4. 7 Tegangan Baterai (Vbat) dan Arus Baterai (Ibat) pada Mode.....	57
Gambar 4. 8 Tegangan DC Bus (Vdc) pada Mode V2G.....	57



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

Table 3. 1 Spesifikasi Komponen	28
Table 3. 2 Parameter Rangkaian Simulasi.....	38
Table 4. 1 Parameter Simulasi Mode G2V	48
Table 4. 2 Parameter Simulasi Mode V2G.....	55
Table 4. 3 Hasil Pengujian Kontinuitas Sistem	62
Table 4. 4 Hasil Pengujian Panel Surya	65
Table 4. 5 Hasil Pengujian Solar Charge Controller (SCC)	68
Table 4. 6 Hasil Pengujian Sensor INA219.....	70
Table 4. 7 Hasil Pengujian Sensor PZEM-017	72
Table 4. 8 Hasil Pengujian Kerja Relay	75
Table 4. 9 Hasil Pengujian ESP32	77
Table 4. 10 Hasil Pengujian Converter Boost.....	80
Table 4. 11 Hasil Pengujian Converter Buck	82
Table 4. 12 Tabel Pengujian Pengisian PLTS	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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan aktivitas masyarakat. Di sisi lain, penggunaan energi fosil yang masih menjadi sumber energi utama menimbulkan berbagai permasalahan, seperti keterbatasan sumber daya dan dampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan energi baru terbarukan menjadi salah satu solusi yang terus dikembangkan untuk mendukung kebutuhan energi yang berkelanjutan. Salah satu sumber energi terbarukan yang banyak digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) karena memiliki sumber energi yang melimpah, ramah lingkungan, dan dapat diterapkan pada berbagai skala kebutuhan energi listrik (Kusuma et al., 2022).

Pada sistem PLTS off-grid, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya disimpan ke dalam baterai sebelum digunakan oleh beban. Penggunaan baterai pada sistem ini sangat penting karena produksi energi dari panel surya bergantung pada intensitas cahaya matahari. Ketika intensitas cahaya matahari menurun atau pada malam hari, energi yang telah tersimpan di dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber energi cadangan sehingga kontinuitas suplai daya tetap terjaga (Energi et al., 2022).

Selain perkembangan teknologi PLTS, penggunaan kendaraan listrik khususnya sepeda listrik juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Sepeda listrik menjadi salah satu alternatif transportasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil. Baterai pada sepeda listrik berfungsi sebagai penyimpan energi utama yang digunakan untuk menggerakkan motor listrik. Namun, pada umumnya energi yang tersimpan pada baterai sepeda listrik hanya dimanfaatkan untuk kebutuhan kendaraan dan belum dimanfaatkan sebagai sumber energi cadangan yang dapat berinteraksi dengan sistem penyimpanan energi lainnya (Tang et al., 2022).



Hak Cipta :

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

Perkembangan teknologi penyimpanan energi mendorong munculnya konsep bidirectional charging yang memungkinkan terjadinya aliran energi listrik dua arah antara sistem penyimpanan energi dan baterai kendaraan listrik. Pada mode Grid to Vehicle (G2V), energi listrik yang tersimpan pada sistem PLTS digunakan untuk mengisi baterai sepeda listrik. Sebaliknya, pada mode Vehicle to Grid (V2G), energi yang tersimpan pada baterai sepeda listrik dapat disalurkan kembali ke sistem penyimpanan energi ketika diperlukan. Konsep ini memungkinkan pemanfaatan energi menjadi lebih optimal serta meningkatkan fleksibilitas sistem penyimpanan energi (Schwenk et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dan simulasi sistem bidirectional charging antara baterai sepeda listrik dan sistem PLTS off-grid. Sistem yang dirancang diharapkan mampu mendukung proses pengisian energi dari baterai PLTS ke baterai sepeda listrik maupun penyaluran energi dari baterai sepeda listrik ke baterai PLTS melalui dua mode operasi, yaitu Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem bidirectional charging antara baterai PLTS dan baterai sepeda listrik pada sistem PLTS off-grid?
2. Bagaimana membuat model simulasi sistem bidirectional charging menggunakan MATLAB Simulink untuk mode Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G)?
3. Bagaimana merealisasikan sistem bidirectional charging menggunakan panel surya, baterai, konverter DC-DC, relay, sensor, dan mikrokontroler ESP32?
4. Bagaimana hasil pengujian perpindahan energi pada mode Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G) berdasarkan simulasi dan realisasi sistem?



Hak Cipta :

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

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem bidirectional charging antara baterai PLTS dan baterai sepeda listrik pada sistem PLTS off-grid.
2. Membuat model simulasi sistem bidirectional charging menggunakan MATLAB Simulink pada mode Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G).
3. Merealisasikan sistem bidirectional charging menggunakan panel surya, Solar Charge Controller (SCC), baterai PLTS, baterai sepeda listrik, konverter DC-DC, relay, sensor, dan mikrokontroler ESP32.
4. Menguji proses perpindahan energi pada mode Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G) berdasarkan hasil simulasi dan realisasi sistem

1.4 Luaran

1. Terwujudnya sistem bidirectional charging antara baterai PLTS dan baterai sepeda listrik pada sistem PLTS off-grid.
2. Tersusunnya model simulasi sistem bidirectional charging menggunakan MATLAB Simulink yang dapat menggambarkan proses Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G).
3. Terwujudnya prototipe sistem yang terdiri dari panel surya, Solar Charge Controller (SCC), baterai PLTS, baterai sepeda listrik, konverter DC-DC, relay, sensor, dan mikrokontroler ESP32.
4. Diperolehnya hasil pengujian sistem pada mode Grid to Vehicle (G2V) dan Vehicle to Grid (V2G) sebagai dasar evaluasi kinerja sistem.
5. Tersusunnya laporan tugas akhir sebagai dokumentasi hasil perancangan, simulasi, realisasi, dan pengujian sistem.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang 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 perancangan, simulasi, realisasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem bidirectional baterai sepeda listrik berbasis PLTS off-grid berhasil dirancang dan direalisasikan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.
2. Sistem mampu melakukan transfer energi dua arah, yaitu mode Grid to Vehicle (G2V) untuk proses pengisian baterai sepeda listrik dari baterai PLTS dan mode Vehicle to Grid (V2G) untuk proses penyaluran energi dari baterai sepeda listrik ke baterai PLTS.
3. Sistem monitoring yang terdiri dari ESP32, sensor INA219, sensor PZEM-017, MQTT Broker (Mosquitto), Node-RED Dashboard, dan Google Spreadsheet dapat berfungsi dengan baik dalam memantau dan merekam data operasi sistem secara real-time.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen utama seperti panel surya, solar charge controller (SCC), sensor, relay, serta converter dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang dirancang.
5. Hasil simulasi dan realisasi menunjukkan bahwa konsep bidirectional energy transfer dapat diterapkan pada sistem baterai sepeda listrik berbasis PLTS off-grid sehingga memungkinkan terjadinya proses pengisian maupun penyaluran energi sesuai dengan kondisi sistem.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:



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. Mengembangkan sistem dengan kapasitas baterai dan daya panel surya yang lebih besar sehingga dapat mendukung proses transfer energi yang lebih optimal.
2. Menambahkan metode kontrol yang lebih cerdas, seperti logika fuzzy atau algoritma optimasi lainnya, untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan energi pada mode G2V dan V2G.
3. Mengembangkan sistem monitoring dengan fitur notifikasi dan akses jarak jauh sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara lebih mudah dan fleksibel.
4. Mengintegrasikan sistem dengan sumber energi terbarukan maupun sistem penyimpanan energi lainnya untuk meningkatkan fleksibilitas dan keandalan sistem.
5. Melakukan pengujian dengan waktu operasi yang lebih panjang dan kondisi beban yang lebih bervariasi untuk memperoleh data performa sistem yang lebih komprehensif.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhamid, M., Morad, M., & El-Saadany, E. F. (2022). Vehicle-to-Grid Technology: State of the Art and Future Trends. *IEEE Access*, 10, 14520–14538.
- Arifin, Z., & Prasetyo, A. (2021). Perancangan Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(2), 85–92.
- Azzam, M., & Hidayat, R. (2023). Implementasi Node-RED pada Sistem Monitoring Energi Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 8(1), 15–22.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011). Jakarta: BSN.
- Farhani, A., & Nugroho, D. (2022). Monitoring Tegangan dan Arus Menggunakan Sensor INA219 Berbasis ESP32. *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi*, 6(2), 97–104.
- García-Villalobos, J., Zamora, I., San Martín, J. I., Asensio, F. J., & Aperribay, V. (2014). Plug-in Electric Vehicles in Electric Distribution Networks: A Review of Smart Charging Approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 717–731.
- Haryanto, E., & Putra, M. A. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Energi Listrik Menggunakan PZEM-017 dan ESP32. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(3), 155–162.
- Khalid, M., Savkin, A. V., & Agelidis, V. G. (2020). Minimization of Power Losses in Smart Grids with Electric Vehicles. *Energies*, 13(5), 1024.
- Mohan, N. (2018). *Power Electronics: Converters, Applications, and Design* (4th ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Nugraha, A., & Kurniawan, F. (2022). Sistem Monitoring Data Baterai Berbasis MQTT dan Node-RED. *Jurnal Teknologi Elektro*, 21(1), 45–52.
- Pratama, N., & Cahyono, B. D. (2022). Analisis Pemanfaatan Energi Surya pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Kecil. *Jurnal Energi Terbarukan Indonesia*, 5(2), 65–72.



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

- Purnomo, H., & Setiawan, D. (2023). Implementasi MQTT Broker Mosquitto pada Sistem Monitoring Internet of Things. *Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 30–38.
- Rashid, M. H. (2017). *Power Electronics Handbook* (4th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Siregar, M., & Rahman, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP32. *Jurnal Teknologi Energi*, 11(2), 88–95.
- Suhendar, A., & Wijaya, R. (2021). Karakteristik Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) pada Kendaraan Listrik. *Jurnal Teknik Mesin dan Energi*, 9(3), 120–127.
- Widodo, S., & Saputra, H. (2023). Implementasi Vehicle to Grid pada Sistem Penyimpanan Energi Kendaraan Listrik. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 15(1), 1–10.
- Yilmaz, M., & Krein, P. T. (2013). Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28(5), 2151–2169.
- Zhang, Y., Wang, J., & Hu, X. (2021). Energy Management Strategies for Vehicle-to-Grid Systems: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111058.

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



Nama saya Hammad. Saya memulai pendidikan dasar di SD Negeri Kelapa Dua Wetan 03 Pagi pada tahun 2010 hingga 2016. Setelah menyelesaikan pendidikan dasar, saya melanjutkan pendidikan menengah pertama di MTs Negeri 22 Jakarta pada tahun 2016 hingga 2019. Selanjutnya, saya menempuh pendidikan menengah atas di SMA Negeri 105 Jakarta dari tahun 2019 sampai 2022. Saat ini, saya sedang menempuh pendidikan tinggi di Program Studi Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta sejak tahun 2023 dan direncanakan akan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2026.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

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



Lampiran 3. Dokumentasi Proses Membuat Modul Panel

Hak Cipta :

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

