



© 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



**Desain dan Pengujian Sistem Kendali Boost Converter
Berbasis *Cascaded Fuzzy Logic* Menggunakan Baterai
VRLA Sebagai Sumber Daya (Studi Skala Laboratorium
SPBKLU Mobile)**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Kahlil Gibran

NIM. 2202431017

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 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



**Desain dan Pengujian Sistem Kendali Boost Converter
Berbasis *Cascaded Fuzzy Logic* Menggunakan Baterai
VRLA Sebagai Sumber Daya (Studi Skala Laboratorium
SPBKLU Mobile)**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan
Teknik Mesin

Oleh:

Kahlil Gibran

NIM. 2202431017

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2026



“Skripsi ini kupersembahkan untuk ayah ibu, bangsa dan almamater”

© 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 :

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 PERSETUJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Desain dan Pengujian Sistem Kendali Boost Converter Berbasis *Cascaded Fuzzy Logic* Menggunakan Baterai VRLA Sebagai Sumber Daya (Studi Skala Laboratorium SPBKLU Mobile)

Oleh:

Kahlil Gibran

Nim. 2202431017

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh

Pembimbing 1

Dr., Sonki Prasetya , S.T., M.Sc.

NIP. 197512222008121003

Pembimbing 2

Dr., Isnanda Nuriskasari , S.Si., M.T.

NIP. 199306062019032030

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.

NIP.199107212018032001



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 PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

Desain dan Pengujian Sistem Kendali Boost Converter Berbasis *Cascaded Fuzzy Logic*
Menggunakan Baterai VRLA Sebagai Sumber Daya (Studi Skala Laboratorium SPBKLU
Mobile)

Oleh:

Kahlil Gibran

Nim. 2202431017

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 15 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr., Isnanda Nuriskasari , S.Si., M.T.	Ketua		21/7 2026
2	Muhammad Prasha Risfi Silitonga , M.T.	Anggota 1		21/7 2026
3	Rahmat Subarkah , S.T., M.T.	Anggota 2		21/7 2026

Depok, Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zahuri, S.T., M.Si.

NIP.197602252000121002



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 PERNYATAAN ORISINALITAS

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Kahlil Gibran

NIM : 2202431017

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 21 Juli 2026



Kahlil Gibran

NIM. 2202431017

**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

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Desain dan Pengujian Sistem Kendali Boost Converter Berbasis *Cascaded Fuzzy Logic* Menggunakan Baterai VRLA Sebagai Sumber Daya (Studi Skala Laboratorium SPBKLU *Mobile*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini
2. Ibu Dr., Isnanda Nuriskasari , S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini
3. Ibu Arifia Ekayuliana, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan skripsi ini
4. Kedua orang tua yang telah memberikan doa kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan
5. Rekan-rekan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi.

Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak terutama pada bidang energi.

Bogor, 5 Juli 2026

Kahlil Gibran



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

Desain dan Pengujian Sistem Kendali Boost Converter Berbasis *Cascaded Fuzzy Logic* Menggunakan Baterai VRLA Sebagai Sumber Daya (Studi Skala Laboratorium SPBKL *U Mobile*)

Kahlil Gibran¹⁾, Sonki Prasetya¹⁾, Isnanda Nuriskasari¹⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan pengujian sistem kendali *Cascaded Fuzzy Logic Controller (FLC)* pada boost converter untuk aplikasi Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKL *U Mobile*) bersumber Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid*. Permasalahan utama yang diangkat adalah terjadinya tegangan jatuh yang ekstrem pada baterai *Valve Regulated Lead Acid (VRLA)* hulu saat menyuplai beban pengisian dengan metode *Constant Current-Constant Voltage (CC-CV)* standar, yang berpotensi memicu proteksi undervoltage pada inverter dan mematikan sistem secara total. Sebagai solusi, diusulkan metode pengisian *Constant Power-Constant Voltage (CP-CV)* adaptif menggunakan *Cascaded FLC* pada mikrokontroler ESP32. FLC tahap pertama bertugas menentukan nilai referensi daya (*setpoint*) secara dinamis berdasarkan kondisi tegangan baterai VRLA, sedangkan FLC tahap kedua meregulasi tegangan *Dead-Time Control (DTC) boost converter* untuk melacak target daya tersebut. Hasil pengujian skala laboratorium menunjukkan bahwa sistem tanpa kendali berisiko menyebabkan tegangan jatuh hingga menyentuh 39,02 V (di bawah batas *cut-off* 42 V) saat disimulasikan untuk 7 *charger* simultan. Sebaliknya, penerapan *Cascaded FLC* terbukti mampu menekan laju tegangan jatuh menjadi hanya 0,752 V per *charger*, sehingga proyeksi tegangan sistem tetap aman di level 44,254 V. Sistem kendali ini juga menunjukkan performa pelacakan daya yang presisi dengan *steady-state error* sebesar 4,18% (RMSE 13,75 W) dan meningkatkan efisiensi sistem menjadi 94,3%. Dengan demikian, metode ini berhasil melindungi sumber energi hulu sekaligus mempertahankan kestabilan pengisian daya baterai kendaraan listrik.

Kata Kunci: SPBKL *U Mobile*, Boost Converter, *Cascaded Fuzzy Logic Controller*, CP-CV, Tegangan Jatuh, VRLA



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

This study discusses the design and testing of a Cascaded Fuzzy Logic Controller (FLC) system on a boost converter for an off-grid solar-powered mobile Battery Swapping Station (SPBKLU). The main problem addressed is the extreme voltage drop on the upstream Valve Regulated Lead Acid (VRLA) battery when supplying charging loads using the standard Constant Current-Constant Voltage (CC-CV) method, which potentially triggers the inverter's undervoltage protection and shuts down the entire system. As a solution, an adaptive Constant Power-Constant Voltage (CP-CV) charging method using Cascaded FLC on an ESP32 microcontroller is proposed. The first-stage FLC dynamically determines the power setpoint based on the VRLA battery voltage condition, while the second-stage FLC regulates the boost converter's Dead-Time Control (DTC) voltage to track the target power. Laboratory-scale test results indicate that the uncontrolled system risks a voltage drop down to 39.02 V (below the 42 V cut-off limit) when simulated for 7 simultaneous chargers. Conversely, the implementation of Cascaded FLC is proven to suppress the voltage drop rate to only 0.752 V per charger, ensuring the projected system voltage remains safe at 44.254 V. This control system also demonstrates precise power tracking performance with a steady-state error of 4.18% (RMSE 13.75 W) and improves system efficiency to 94.3%. Thus, this method successfully protects the upstream energy source while maintaining the stability of the electric vehicle battery charging.

Keywords: SPBKLU, Boost Converter, Cascaded Fuzzy Logic Controller, CP-CV, Voltage Drop, VRLA



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 PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Pertanyaan Penelitian.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.5.1 Tujuan Umum	4
1.5.2 Tujuan Khusus.....	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.6.1 Manfaat Teoritis	4
1.6.2 Manfaat Praktis	5
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kajian Teori.....	6
2.1.1 Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) .	6
2.1.2 Baterai Viar	10



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

2.1.3	Metode Pengisian Baterai	10
2.1.4	<i>Switched-Mode Power Supply (SMPS)</i>	12
2.1.5	<i>Logika Fuzzy</i>	19
2.1.6	<i>Cascaded FLC</i>	21
2.1.7	<i>Coulomb Counting</i>	21
2.1.8	Perangkat Lunak Pendukung.....	22
2.2	Kajian Literatur	23
2.3	Kajian Sistem	31
2.3.1	Mikrokontroler ESP32	31
2.3.2	PZEM-017 DC Wattmeter.....	32
2.3.3	MCP4725 <i>Digital-to-Analog</i> (DAC)	33
2.3.4	<i>Boost Converter SZ-BT07-1200W</i>	35
2.4	Kerangka Pemikiran dan Hipotesis.....	36
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1	Jenis Penelitian.....	38
3.2	Identifikasi Masalah	39
3.3	Studi Literatur	42
3.4	Objek Penelitian.....	45
3.4.1	Sisi Hulu.....	46
3.4.2	Sisi Konverter Daya Pengisian Baterai.....	48
3.4.3	Sisi Hilir	50
3.5	Metode Pengumpulan Sampel.....	51
3.6	Jenis dan Sumber Data Penelitian	52
3.6.1	Data Primer	53
3.6.2	Data Sekunder	53
3.7	Metode Pengumpulan Data	54
3.7.1	Rancang Bangun Perangkat Keras	54
3.7.2	Pengumpulan Data Awal dan Pengisian Baterai Tanpa FLC	62
3.7.3	Analisis Data Awal	63
3.7.4	Perancangan dan Pengujian FLC	64



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

3.7.5	Pengumpulan Data Pengisian Baterai dengan FLC	75
3.7.6	Analisis Data Keseluruhan.....	77
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	79
4.1	Analisis Tegangan Jatuh Baterai VRLA	79
4.1.1	Konfigurasi Proteksi <i>Undervoltage Fault</i> Inverter Zamdon.....	79
4.1.2	Analisis Matematis Tegangan Jatuh	81
4.1.3	Simulasi Tegangan Jatuh Pada MATLAB.....	83
4.2	Perancangan <i>Fuzzy Logic Controller</i> (FLC)	86
4.2.1	Hasil Perancangan FLC 1.....	86
4.2.2	Hasil Perancangan FLC 2.....	87
4.3	Analisis Perbandingan Kinerja <i>Boost Converter</i>	89
4.3.1	Perbandingan Karakteristik <i>Output</i>	89
4.3.2	Perbandingan Kemampuan Transfer Energi	92
4.3.3	Perbandingan Efisiensi.....	94
4.3.4	Perbandingan Tegangan Input.....	95
4.3.5	Perbandingan Kinerja Terhadap Tegangan Jatuh	96
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA		101
LAMPIRAN		107



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 Inverter Zamdon HP Pro-T 50248.....	7
Tabel 2.2 Sistem Proteksi Inverter Zamdon HP Pro-T 50248	8
Tabel 2.3 Sintesis kajian literatur.....	23
Tabel 3.1 Dokumentasi tegangan jatuh ketika pembebanan.....	40
Tabel 3.2 Tabel perbandingan literatur	43
Tabel 3.3 Sistem Proteksi Inverter Zamdon HP Pro-T 50248	48
Tabel 3.4 Aturan <i>Fuzzy</i> untuk FLC 1	68
Tabel 3.5 Aturan <i>Fuzzy</i> untuk FLC 2.....	74
Tabel 4.1 Pengujian tegangan jatuh baterai VRLA	81
Tabel 4.2 Perhitungan tegangan jatuh.....	81
Tabel 4.3 Hasil perancangan FLC 2	88
Tabel 4.4 Kemampuan transfer energi.....	93
Tabel 4.5 perbandingan daya dan arus pada kedua sistem	97

**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 GAMBAR

Gambar 2.1 SPBKLU <i>mobile</i> berbasis PLTS	6
Gambar 2.2 Inverter Zamdon HP Pro-T	7
Gambar 2.3 Rangkaian Ekvivalen Baterai secara Linier.....	9
Gambar 2.4 Kurva pengisian baterai CC-CV	11
Gambar 2.5 Kurva pengisian baterai CP-CV	12
Gambar 2.6 Hasil <i>output</i> gelombang PWM	13
Gambar 2.7 MOSFET dan simbol MOSFET	15
Gambar 2.8 Rangkaian dasar <i>boost converter</i>	15
Gambar 2.9 Kondisi rangkaian ketika ON dan OFF	16
Gambar 2.10 Gelombang timing pada boost converter.....	17
Gambar 2.11 Diagram Proses Sistem FLC.....	19
Gambar 2.12 Diagram proses Cascaded FLC.....	21
Gambar 2.13 Tampilan fisik ESP32	32
Gambar 2.14 Modul PZEM-017 DC Wattmeter.....	33
Gambar 2.15 Modul DAC MCP4725	34
Gambar 2.16 SZ-BT07-1200W Boost Converter.....	35
Gambar 2.17 Diagram kerangka pemikiran.....	36
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	39
Gambar 3.2 Skema pengambilan data tegangan jatuh.....	40
Gambar 3.3 Blok diagram sistem <i>BSS Mobile PV-Based</i>	45
Gambar 3.4 Baterai VRLA	46
Gambar 3.5 Spesifikasi Baterai Kijo JM12-200.....	47
Gambar 3.6 SZ-BT07-1200W Boost Converter	49
Gambar 3.7 Skema Diagram SZ-BT07-1200W Boost Converter	49
Gambar 3.8 Baterai Vlar	50
Gambar 3.9 Spesifikasi dan Dimensi Sel Baterai Vlar	51
Gambar 3.10 Umpan balik arus pada <i>boost converter</i>	55
Gambar 3.11 Diagram blok IC TL494.....	56
Gambar 3.12 Skematik Diagram Perangkat	58
Gambar 3.13 Diagram Sistem Secara Keseluruhan.....	59



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 3.14 Dokumentasi perancangan kode <i>Arduino IDE</i>	60
Gambar 3.15 Tampilan Google Spreadsheet	61
Gambar 3.16 Dokumentasi perancangan kode pada <i>Google Apps Script</i> ...	61
Gambar 3.17 Pengumpulan data awal pengisian baterai	62
Gambar 3.18 Diagram Alir Sistem Kendali <i>Cascaded FLC</i>	65
Gambar 3.19 Sistem FLC 1	66
Gambar 3.20 Fungsi Keanggotaan Input <i>V_VRLA</i> pada FLC 1.....	66
Gambar 3.21 Fungsi Keanggotaan <i>Output P_Setpoint</i> pada FLC 1.....	67
Gambar 3.22 Kode untuk menghentikan daya	68
Gambar 3.23 Sistem FLC 2	69
Gambar 3.24 Fungsi Keanggotaan input Error pada FLC 2.....	70
Gambar 3.25 Fungsi Keanggotaan Input <i>Delta_Error</i> pada FLC 2.....	71
Gambar 3.26 Fungsi Keanggotaan <i>Output Delta_VDTC</i> pada FLC 2.....	73
Gambar 3.27 Pengumpulan data <i>Cascaded FLC</i>	76
Gambar 3.28 Pengumpulan variasi tegangan input FLC 1.....	77
Gambar 4.1 Display pada Inverter Zamdon HP Pro-T 50248	79
Gambar 4.2 Hasil <i>query parameter</i> konfigurasi proteksi <i>undervolt</i>	80
Gambar 4.3 Skema simulasi tegangan jatuh aktual (a) dan ideal (b)	84
Gambar 4.4 Hasil simulasi tegangan jatuh aktual (a) dan ideal (b).....	85
Gambar 4.5 <i>Control surface</i> FLC 1 hasil MATLAB (a), dan pengujian (b) 87	
Gambar 4.6 <i>Control surface</i> untuk FLC 2.....	88
Gambar 4.7 Karakteristik tegangan <i>output</i> terhadap waktu	90
Gambar 4.8 Karakteristik arus terhadap tegangan tanpa sistem kendali	91
Gambar 4.9 Karakteristik daya <i>output</i> terhadap waktu	92
Gambar 4.10 Karakteristik efisiensi terhadap waktu.....	94
Gambar 4.11 Karakteristik tegangan input terhadap waktu	95



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 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Keandalan operasi Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) *Mobile* berbasis PLTS sangat dipengaruhi oleh kemampuan sistem penyimpanan energinya dalam memasok daya ke seluruh kabinet pengisian. Berbeda dengan SPKLU konvensional yang mengandalkan jaringan listrik, sistem ini mengandalkan sumber daya dari PLTS yang disimpan baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA). SPBKLU ini menggunakan 4 unit baterai VRLA 48 V 200 Ah untuk menyuplai 8 kabinet pengisian dan inverter 5 kW (Permana et al., 2022). Permasalahan utama muncul pada skenario pembebanan maksimum ketika 7 kabinet melakukan pengisian secara simultan. Penarikan arus yang besar menyebabkan penurunan tegangan terminal baterai VRLA akibat resistansi internal (Wibawa et al., 2025). Apabila tegangan ini turun melewati ambang batas proteksi inverter, sistem akan memutuskan suplai dan menghentikan seluruh operasi SPBKLU.

Berdasarkan analisis awal, akar permasalahan lonjakan daya tersebut berasal dari karakteristik metode pengisian *Constant Current-Constant Voltage* (CC-CV) (Anshori et al., 2020; Chen & Chung, 2023). Selama fase *Constant Current*, daya pengisian terus bertambah seiring naiknya tegangan baterai, sehingga akumulasi penarikan daya dari baterai VRLA menjadi sangat membebani sistem. Untuk membatasi daya tersebut, penelitian ini mengusulkan metode *Constant Power-Constant Voltage* (CP-CV). Pada metode ini, daya dijaga tetap konstan dengan cara menurunkan arus secara proporsional terhadap kenaikan tegangan baterai, sehingga daya tidak terus meningkat (Chen & Chung, 2023; Zambrano-Prada et al., 2024).

Pengujian metode CP-CV ini dilakukan melalui sistem kendali eksternal pada *boost converter* sebagai konverter daya pengisian baterai eksisting pada kabinet. Karena kondisi sumber daya dan pengisian baterai memiliki karakteristik yang nonlinier, pengendali PID konvensional dinilai kurang optimal (Afandy et al., 2022; Arvianto et al., 2020; Vebbryadi, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan kendali berbasis *Fuzzy Logic Controller* (FLC) yang



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

lebih tangguh untuk sistem nonlinier (Kurniawan & Amarudin, 2025; Yuhendri et al., 2023). Secara spesifik, arsitektur *Cascaded* FLC dipilih karena lebih sederhana dibanding FLC tunggal dan efektif untuk mengimplementasikan dua tujuan pengendalian secara bertingkat (Rajendran et al., 2023).

Meskipun FLC telah banyak diaplikasikan pada *boost converter* (Anshori et al., 2020; Eka Saputra et al., 2025; Irianto et al., 2021; Kurniawan & Amarudin, 2025; Prasetya et al., 2025; Yuhendri et al., 2023) dan CP-CV umum dikaji untuk efisiensi pengisian (Chen & Chung, 2023; Zambrano-Prada et al., 2024), penelitian CP-CV berbasis *Cascaded* FLC sebagai strategi pembatasan daya untuk melindungi sumber daya terbatas seperti baterai VRLA masih jarang dilaporkan. Penelitian ini bertujuan mengisi celah tersebut.

Penelitian ini tidak melakukan implementasi langsung pada SPBKLU Mobile yang sedang beroperasi. Pengujian dilakukan pada skala laboratorium menggunakan satu unit *boost converter* dengan baterai kendaraan listrik sebagai beban. Meskipun demikian, sumber daya pengujian tetap menggunakan baterai VRLA yang merupakan bagian dari sistem SPBKLU *Mobile* sehingga karakteristik sumber energi yang digunakan sesuai dengan kondisi sistem sebenarnya. Pendekatan ini dipilih sebagai tahap validasi awal agar rancangan sistem kendali dapat dievaluasi secara aman sebelum diterapkan pada keseluruhan sistem SPBKLU.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengujian sistem kendali *Cascaded* FLC untuk menerapkan metode CP-CV pada *boost converter*. Kinerja sistem dibandingkan dengan metode CC-CV berdasarkan kemampuan menjaga daya pengisian, mengurangi tegangan jatuh baterai VRLA, mempertahankan efisiensi dan transfer energi, serta menjaga tegangan baterai tetap berada di atas batas proteksi inverter.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat beberapa pembahasan masalah yang mencakup:

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. Potensi beban berlebih pada input baterai VRLA dapat memicu *low voltage cut-off* pada inverter yang menyebabkan sistem SPBKLU mati total.
2. Karakteristik pengisian metode CC-CV menyebabkan daya pengisian pada fase CC melonjak naik dan tidak terkendali.
3. Konverter daya terpasang belum memiliki sistem kendali adaptif untuk meregulasi pembatasan daya secara dinamis.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah sangat penting agar penelitian ini tetap terstruktur. Beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian berupa pengujian skala laboratorium yang berfokus pada sistem konversi daya (*boost converter*) dan sistem kendali, tidak mencakup BMS serta ekosistem fisik PLTS (hanya menggunakan baterai VRLA sebagai sumber daya).
2. Nilai input sensor dibatasi pada parameter tegangan dan arus (sisi input dan *output*).
3. Perancangan algoritma FLC dilakukan menggunakan *Fuzzy Logic Designer* pada MATLAB.
4. Pengujian berfokus pada algoritma FLC yang diuji pada 1 charger.
5. Pustaka *embedded Fuzzy Logic Library* pada Arduino IDE dibatasi pada fungsi keanggotaan trapesium dan segitiga, defuzzifikasi *center of area*, serta metode inferensi Mamdani.

1.4 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, maka ditetapkan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana konfigurasi proteksi *undervoltage fault* baterai pada inverter di SPBKLU *Mobile* Politeknik Negeri Jakarta?
2. Bagaimana karakteristik perubahan daya terhadap waktu pada *boost converter* selama fase CC pada pengisian baterai Viar?



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. Bagaimana performa *Cascaded FLC* dalam menyeimbangkan daya output agar menghasilkan pengisian yang terkendali?

1.5 Tujuan Penelitian

1.5.1 Tujuan Umum

Tujuan umum yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah Menganalisis sistem kendali daya pada *charger* baterai kendaraan listrik berbasis *boost converter* melalui implementasi *Cascaded Fuzzy Logic Controller* secara adaptif pada skala laboratorium.

1.5.2 Tujuan Khusus

Terdapat beberapa tujuan khusus yang ingin dicapai oleh peneliti, sebagai berikut:

1. Mengevaluasi proteksi *undervoltage* dan profil tegangan jatuh baterai VRLA SPBKLK saat dibebani 7 *charger* simultan melalui pendekatan matematis dan simulasi.
2. Merancang *Cascaded Fuzzy Logic Controller* (FLC) sebagai pengendali daya pengisian baterai adaptif terhadap tegangan baterai VRLA selama fase *Constant Power* (CP) untuk mencegah penarikan daya berlebih.
3. Menganalisis peningkatan kinerja *boost converter* sebelum dan sesudah penerapan FLC dengan parameter keberhasilan berupa kemampuan menekan tegangan jatuh baterai di atas ambang batas 42 V.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan di bidang elektronika daya, khususnya pada teknik pengendalian daya menggunakan algoritma kontrol cerdas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi akademik bagi mahasiswa, pengajar, maupun peneliti lainnya di bidang serupa.



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

1.6.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai referensi dalam mengembangkan strategi pengendalian daya konstan (*constant power*) pada konverter DC-DC untuk aplikasi pengisian baterai kendaraan listrik. Penerapan *Fuzzy Logic Controller* diharapkan dapat menjaga daya keluaran tetap terkendali.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk menjaga penulisan agar tetap terstruktur, berikut ini adalah sistematika penulisan pada penelitian ini:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah pada penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian, serta sistematika penulisan skripsi secara keseluruhan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat landasan teori penelitian, kajian hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai referensi dan pembanding, serta kerangka pemikiran penelitian ini ditulis.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi tahapan perancangan, pengumpulan data, serta metode analisis yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh dari proses penelitian serta analisis pembahasan yang dilakukan berdasarkan data dan teori yang relevan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.

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 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis data yang telah dilakukan pada sistem kendali daya *boost converter* dengan menggunakan baterai VRLA sebagai sumber daya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Evaluasi nilai resistansi internal menunjukkan baterai VRLA telah mengalami degradasi. Tanpa sistem kendali, pembebanan 7 unit *charger* secara serentak melalui ekstrapolasi matematis dengan total arus 87,269 A memicu tegangan jatuh hingga 10,498 V. Hal ini menyebabkan tegangan sumber anjlok menjadi 39,02 V, melewati batas aman *low-voltage disconnect* inverter (42 V), yang berakibat pada pemadaman total sistem SPBKLU.
2. Penggunaan metode *Constant Current-Constant Voltage* (CC-CV) tanpa kendali menghasilkan daya pengisian yang terus meningkat seiring kenaikan tegangan. Kondisi yang tidak konstan ini sangat berisiko memicu *overload*, dengan rata-rata efisiensi sistem tercatat sebesar 93,73%.
3. Penerapan *Cascaded FLC* berhasil mengintervensi sistem ke metode *Constant Power-Constant Voltage* (CP-CV) secara adaptif. *FLC pertama* dinamis meregulasi *setpoint* daya berdasarkan tegangan VRLA, dan *FLC kedua* menyeimbangkan daya keluaran dengan *steady-state error* yang sangat rendah (4,13%). Kinerja *Cascaded FLC* terbukti mampu meningkatkan efisiensi rata-rata menjadi 94,3% dan menekan tegangan jatuh menjadi hanya 0,752 V per *charger*. Pada ekstrapolasi pembebanan 7 *charger*, tegangan jatuh total dapat direduksi menjadi 5,383 V, sehingga proyeksi tegangan VRLA bertahan di angka aman 44,254 V dan sistem terhindar dari pemadaman. Sebagai konsekuensi *trade-off*, metode adaptif ini membuat durasi pengisian menjadi lebih lambat dengan muatan terserap 2,1% lebih besar dibanding metode CC-CV.



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

Berdasarkan keterbatasan yang ditemui selama penelitian ini berlangsung, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya:

1. Melakukan pengujian operasional secara aktual menggunakan 7 unit charger dan 7 unit baterai secara serentak untuk memvalidasi reliabilitas dan fisis sistem.
2. Melakukan analisis terhadap baterai Viar akibat perubahan metode pengisian baterai.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan efek pengisian daya dinamis (charging) dari PV Array terhadap baterai VRLA secara real-time, untuk menganalisis respons algoritma kendali boost converter ketika sumber daya mengalami proses pengisian dan pengosongan secara bersamaan (intermitensi energi surya).

**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 PUSTAKA

- Afandy, M., Haris Mubarak, A., Razy Rahman, F., & Latifah Prodi Informatika Sekolah Tinggi Teknologi Garut, A. (2022). Pemodelan dan Analisa Kendali PI Static dan PI Adaptive DC-DC Boost Converter. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*.
<https://doi.org/10.37905/jjee.v4i2.13531>
- Ahmad, F., Alam, M. S., Alsaidan, I. S., & Shariff, S. M. (2020). Battery swapping station for electric vehicles: Opportunities and challenges. In *IET Smart Grid* (Vol. 3, Number 3, pp. 280–286). Institution of Engineering and Technology.
<https://doi.org/10.1049/iet-stg.2019.0059>
- Akbar, M. R. M., & Astutik, R. P. (2025). Fuzzy Logic-Arduino Based Smart Incubator Untuk Perawatan Kucing Pasca Operasi. *Jurnal Ampere*.
<https://doi.org/10.31851/dk86mz94>
- Anshori, A., Siswojo, B., & Hasanah, R. N. (2020). TEKNIK FAST CHARGING BATERAI LITHIUM-ION MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 7(1), 26–37. <https://doi.org/10.33019/ecotipe.v7i1.1384>
- Apriyanto, R. A. N., Echsony, M. E., Satriatama, I., Widyadharma, A. P., Junaedi, I., Ciptaningrum, A., Yudha, R. G. P., Hapsari, R. D., & Pratama, H. P. (2026). Battery Management System Design Using Buck–Boost Converter with PID Control. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 8(1).
<https://doi.org/10.32528/elkom.v8i1.4213>
- Arduino. (n.d.). *Arduino IDE 2.0 Documentations*. Retrieved January 17, 2026, from <https://docs.arduino.cc>
- Arvianto, T. T., Wahjono, E., & Irianto, I. (2020). Perancangan boost converter menggunakan kontrol proporsional integral (PI) sebagai suplai tegangan input inverter satu fasa untuk sistem uninterruptible power supply. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 136. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.8511>



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

- Chen, G. J., & Chung, W. H. (2023). Evaluation of Charging Methods for Lithium-Ion Batteries. *MDPI Electronics (Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/electronics12194095>
- Dewi, A. K., Dyah Lestari, & Muhammad Afnan Habibi. (2024). Desain dan Analisis PID Controller Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Boost Converter Tipe CCM. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 50–56. <https://doi.org/10.23917/emitor.v24i1.2817>
- Dwitya Nugraha, S., Choironi Ersha, N., Sunarno, E., Qudsi, O. A., Frediansyah, I., & Prabowo, G. (2021). Desain Baterai Charger Kendaraan Listrik dengan Metode Constan Current dan Constan Voltage. *JURNAL TEKNOLOGI TERPADU*, 9(2).
- Eka Saputra, N., Firmansyah, R., & Brilian Wicaksono, H. (2025). Pengaturan Tegangan Pada Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy-PI. *Jurnal Teknik Elektro UNESA*. <https://doi.org/10.26740/jte.v14n3.p245-249>
- Espressif System. (2025). *ESP32-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U Datasheet V2.6*.
- EVE, E. (2016). *EVE-ICR18650/26V Technical Report*.
- Green, P. B. (2022). *Designing with power MOSFETs How to avoid common issues and failure modes*. www.infineon.com/powermosfet
- Hamdani, H., Asri, A., & Kausalam, D. A. (2023). RANCANG BANGUN ALAT MONITORING PERANGKAT HUBUNG BAGI TEGANGAN RENDAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *Journal of Power Energy System*, 01(01). <https://doi.org/xxx>
- Hariyanto, H., Nuralam, N., Mustaghfir, A., & Santoso, F. R. (2025). Analisis Tuning PID untuk Sistem Shaking Table Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan LabVIEW. *ELECTRICES -Jurnal Otomasi Kelistrikan Dan Energi Terbarukan*, 7. <https://doi.org/10.32722/ees.v7i2.7731>



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

- Iancu, I. (2012). A Mamdani Type Fuzzy Logic Controller. In *Fuzzy Logic - Controls, Concepts, Theories and Applications* (pp. 325–350). Intech Open. <https://doi.org/10.5772/36321>
- Irianto, I., Septi Yanaratri, D., & Rahmatullah, F. (2021). Desain dan Simulasi Battery Charger Metode CC-CV (Constant Current-Constant Voltage) dengan Kontrol Logika Fuzzy Menggunakan MATLAB. *CYCLOTRON*, 4. <https://doi.org/10.30651/cl.v4i2.8621>
- Kijo. (n.d.). *JM Series lead-acid battery JM12-200 Datasheet*. Retrieved June 25, 2026, from <https://ar.kijo-battery.com/uploads/file/jm12-200-57-kg-agm-deep-cycle-battery.pdf>
- Kurniawan, I. H., & Amarudin, R. B. (2025). Pengendalian Pengisian Baterai Menggunakan Boost Converter Berbasis Logika Fuzzy. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 73–80. <https://doi.org/10.30595/jrst.v9i1.24718>
- Kwiecien, M., Badeda, J., Huck, M., Komut, K., Duman, D., & Sauer, D. U. (2018). Determination of SoH of lead-acid batteries by electrochemical impedance spectroscopy. *MDPI Applied Sciences (Switzerland)*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/app8060873>
- Laadissi, E. M., Filali, A. El, Zazi, M., & Ballouti, A. El. (2018). *COMPARATIVE STUDY OF LEAD ACID BATTERY MODELLING*. 13(15). www.arpnjournals.com
- Łebkowski, A. (2017). Temperature, Overcharge and Short-Circuit Studies of Batteries used in Electric Vehicles. *Przegląd Elektrotechniczny*, 93(5), 67–73. <https://doi.org/10.15199/48.2017.05.13>
- Microchip Technology. (2020). *Using PWM to Generate an Analog Output*.
- Movassagh, K., Raihan, A., Balasingam, B., & Pattipati, K. (2021). A critical look at coulomb counting approach for state of charge estimation in batteries. *Energies MDPI*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/en14144074>



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

- Pambudi, W. S., Firmansyah, R. A., Suheta, T., & Wicaksono, N. K. (2023). Analisis Penggunaan Baterai Lead Acid dan Lithium Ion dengan Sumber Solar Panel. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(2), 392. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i2.392>
- Permana, A. F., Prasetya, S., & Mafendro Dedet, Y. E. (2022). Studi Pendahuluan Sistem PLTS Off Grid Sebagai Sumber Mobile SPBKLU. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*. <http://prosiding.pnj.ac.id>
- Prasetya, S., Prasetyono, E., Nugroho, M. A. B., Sunarno, E., Rizki, M. F., Rahman, H., Tullah, M. H., Fadil, J., Suprianto, T., & Hayusman, L. M. (2025). IMPLEMENTATION OF INTERLEAVED BI-DIRECTIONAL DC-DC CONVERTER WITH MULTI STAGE CONSTANT CURRENT CHARGING BASED ON FUZZY CONTROL FOR DISTURBANCE-RESISTANT ELECTRIC VEHICLE BATTERY SWAPPING STATIONS. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(5), 6–18. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.342160>
- Pratama, G., Ananta, M., Budi, R., Dewantara, B., & Iradiatu. (2020). Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Double Boost Converter Berbasis PI. *CYCLOTRON*. <https://doi.org/10.30651/cl.v3i1.4303>
- Rahayu, N., Irianto, I., & Prasetyono, E. (2020). Desain dan Implementasi Bidirectional DC-DC Converter Untuk Penerangan Darurat. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 7(2), 108–116. <https://ecotipe.ubb.ac.id/index.php/ecotipe/article/view/1883>
- Rajendran, S., Thangavel, V., Krishnan, N., & Prabakaran, N. (2023). DC Link Voltage Enhancement in DC Microgrid Using PV Based High Gain Converter with Cascaded Fuzzy Logic Controller. *Energies MDPI*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/en16093928>



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

Rashid, M. H. . (2014). *Power Electronics : Devices, Circuits, and Applications (4th Edition)*. Pearson.

Rogers, E., & Texas Instruments. (1999). *Understanding Boost Power Stages in Switchmode Power Supplies SLVA061 IMPORTANT NOTICE*.

Ross, T. J. . (2010). *Fuzzy Logic with Engineering Applications Third Edition*. John Wiley.

Saputro, A. K., Ibadillah, A. F., Aisy, A. R., Purnamasari, D. N., Laksono, D. T., & Hardiwansyah, M. (2025). Rancang Bangun Stabilisasi Pengisian Baterai Sepeda Listrik Menggunakan Buck-Boost Converter. *Zetroem*. <https://doi.org/10.36526/ztr.v7i2.5797>

Sholihah, F. H., Trisma, K., Palguna, C., Fauzril, M., & Athalla, J. (2021). Analisis Pemilihan Konverter Daya DC-DC pada Pembangkit Listrik EBT. *Jurnal Suara Teknik 6 Jurnal*, 12(2), 2579–4698.

Siti Zaenab, S. Z., Isa Rachman, Muhammad Khoirul Hasin, Edy Prasetyo Hidayat, Imam Sutrisno, & Dimas Pristovani Riananda. (2024). Sistem Smart Sterilization dan Kenyamanan Termal pada Equipment Room Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 11(2), 521–530. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v11i2.5219>

Sun, J. (2012). Chapter 2: Pulse-Width Modulation. In *Dynamics and Control of Switched Electronic Systems: Advances in Industrial Control* (Number 9781447128847, pp. 25–61). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2885-4_2

Texas Instruments. (2022). *TL494 Pulse-Width-Modulation Control Circuits Datasheet*. www.ti.com

Vebbryadi. (2022). ANALISIS TEGANGAN KELUARAN DC-DC BOSST CONVERTER BERBASIS MIKROKONTROLER. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*. <https://doi.org/10.55606/juprit.v1i2.469>



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

- Wibawa, Y. P., Yogiswara, I. P. A., Suwandi, B., Kurnianto, A., Sulistya, B., Ar-Rasyiid, A., Taufik, N., Rufiyanto, A., & Astawa, I. M. (2025). CHALLENGES AND STRATEGIES FOR IMPLEMENTATION OF LEAD-ACID BATTERY HEALTH MONITORING AND PREDICTION IN OFF-GRID SOLAR PANEL SYSTEMS. *IIUM Engineering Journal*, 26(3), 171–184. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v26i3.3612>
- Wicaksono, H. B., Firmansyah, R., & Saputra, N. E. (2025). Optimal PI untuk Kontrol Bidirectional DC-DC Converter charge-discharge Baterai. *Jurnal Teknik Elektro UNESA*. <https://doi.org/10.26740/jte.v14n3.p238-244>
- Williams, B. W., & Eng, B. (2006). *Principles and Elements of POWER ELECTRONICS Devices, Drivers, Applications, and Passive Components*.
- Yuhendri, M., Candra, I. Z., Asnil, A., & Dewi, C. (2023). Kendali Boost converter Berbasis Fuzzy sugeno. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 50–59. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.351>
- Zambrano-Prada, D., El Aroudi, A., López-Santos, O., Vázquez-Seisdedos, L., & Martínez-Salamero, L. (2024). Constant Power-Constant Voltage Battery Charging Based on a Loss-free Resistor Approach. *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, 71(10), 4778–4791. <https://doi.org/10.1109/TCSI.2024.3441508>
- Zamdon. (n.d.). *Zamdon HP Pro-T Inverter User Manual*. Retrieved June 25, 2026, from <https://www.zamdon.com/pages/download>
- Zine, B., Bia, H., Benmouna, A., Becherif, M., & Iqbal, M. (2022). Experimentally Validated Coulomb Counting Method for Battery State-of-Charge Estimation under Variable Current Profiles. *Energies MDPI*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/en15218172>



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

Tabel 1 Data pengisian CC-CV

Durasi	Tegangan Input	Arus Input	Daya Input	Tegangan Output	Arus Output	Daya Output	Efisiensi
02:45:00	51,46	0,61	31,14	71,36	0,38	27,41	88,01
02:40:00	51,22	0,68	34,55	71,35	0,43	30,59	88,52
02:35:00	51,06	0,77	39,42	71,35	0,49	35,01	88,83
02:30:00	51,05	0,98	49,8	71,35	0,63	44,66	89,67
02:25:00	50,55	1,15	58,25	71,34	0,73	52,39	89,94
02:20:00	50,05	1,48	74,18	71,33	0,94	66,97	90,26
02:15:00	49,82	1,87	92,98	71,32	1,18	84,27	90,62
02:10:00	49,9	2,36	117,88	71,29	1,5	107,11	90,87
02:05:00	50,58	2,98	150,84	71,27	1,93	137,51	91,16
02:00:00	50,58	3,94	199,28	71,24	2,56	182,31	91,47
01:55:00	50,12	5,22	261,23	71,17	3,36	239,36	91,63
01:50:00	48,87	7,34	358,55	71,1	4,63	329,17	91,8
01:45:00	48,2	10,14	488,79	70,99	6,33	449,52	91,96
01:40:00	47,98	14,78	708,67	70,81	9,15	647,93	91,45
01:35:00	47,99	15,46	741,76	70,13	9,68	678,85	91,52
01:30:00	47,52	15,42	732,73	69,35	9,68	671,26	91,61
01:25:00	47,63	15,18	722,72	68,61	9,68	664,16	91,9
01:20:00	47,75	14,91	711,58	67,9	9,66	656,04	92,19
01:15:00	48,09	14,59	701,69	67,21	9,66	649,57	92,57
01:10:00	47,98	14,44	692,83	66,51	9,66	642,78	92,78
01:05:00	47,92	14,3	685,21	65,9	9,65	636,24	92,85
01:00:00	48,18	14,06	677,58	65,33	9,65	630,51	93,05
00:55:00	48,13	13,93	670,2	64,83	9,65	625,37	93,31
00:50:00	48,21	13,75	663,08	64,37	9,65	621,06	93,66
00:45:00	48,27	13,61	656,77	63,96	9,65	617,2	93,98
00:40:00	48,24	13,47	649,57	63,59	9,64	613,27	94,41
00:35:00	48,23	13,38	645,04	63,27	9,64	609,9	94,55
00:30:00	48,17	13,28	639,82	62,97	9,63	606,54	94,8
00:25:00	48,15	13,16	633,36	62,59	9,61	601,67	95
00:20:00	48,02	12,99	623,92	62,08	9,59	595,63	95,47
00:15:00	47,88	12,82	613,63	61,56	9,56	588,44	95,9
00:10:00	47,88	12,57	601,76	61,06	9,52	581,19	96,59
00:05:00	48,29	12,17	587,5	60,69	9,36	568,34	96,75
00:00:00	48,51	12,03	583,11	58,48	9,51	559,73	96



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

Tabel 2 Data pengisian CP-CV

Waktu	Tegangan Input	Arus Input	Daya Input	Tegangan Output	Arus Output	Daya Output	Daya Setpoint	Efisiensi	Error	Error %
00:00:00	52,57	9,20	483,08	60,05	7,86	472,22	507,89	97,78	35,68	7,02
00:05:00	51,73	8,46	437,17	61,30	6,89	422,32	425,78	96,39	3,46	0,15
00:10:00	51,71	6,12	316,31	61,35	4,93	302,52	317,24	95,66	14,73	4,65
00:15:00	51,82	5,95	308,13	61,64	4,78	294,43	311,46	95,57	17,03	5,47
00:20:00	51,59	5,92	305,20	61,69	4,73	291,67	309,29	95,60	17,62	5,70
00:25:00	51,81	5,95	308,26	61,96	4,75	293,98	310,43	95,38	16,46	5,30
00:30:00	51,80	5,98	309,69	62,25	4,77	296,98	311,57	95,91	14,60	4,69
00:35:00	51,65	6,09	314,42	62,67	4,81	301,41	315,97	95,89	14,56	4,61
00:40:00	51,61	6,19	319,20	63,01	4,87	306,94	320,87	96,17	13,93	4,34
00:45:00	51,54	6,05	311,83	63,22	4,74	299,69	315,32	96,13	15,63	4,96
00:50:00	51,63	5,95	306,90	63,37	4,66	295,32	311,66	96,25	16,35	5,24
00:55:00	51,40	6,10	313,27	63,58	4,73	300,66	319,81	96,00	19,15	5,98
01:00:00	51,21	6,23	319,22	63,77	4,79	305,23	322,96	95,63	17,74	5,51
01:05:00	51,25	6,07	311,17	63,84	4,65	296,81	315,69	95,40	18,88	5,98
01:10:00	51,19	6,05	309,81	64,00	4,62	295,48	312,36	95,40	16,88	5,41
01:15:00	51,20	6,24	319,31	64,05	4,66	298,51	317,44	93,50	18,94	5,97
01:20:00	51,06	6,23	317,91	64,23	4,66	299,20	316,04	94,15	16,84	5,34
01:25:00	51,10	6,11	311,94	64,59	4,54	293,39	311,02	94,08	17,63	5,67
01:30:00	51,06	6,23	318,06	64,59	4,64	299,63	313,70	94,23	14,08	4,48
01:35:00	50,97	6,37	324,36	64,80	4,72	305,85	319,17	94,31	13,33	4,16
01:40:00	51,10	6,50	331,85	65,10	4,77	310,19	320,50	93,49	10,32	3,18
01:45:00	51,10	6,27	320,54	65,32	4,56	298,08	315,32	93,02	17,24	5,44
01:50:00	50,88	6,34	322,51	65,63	4,59	301,32	313,43	93,44	12,12	3,77
01:55:00	50,74	6,40	324,69	65,73	4,61	302,63	301,47	93,22	-1,16	-0,39
02:00:00	50,80	6,44	327,03	66,09	4,60	303,86	301,12	92,94	-2,74	-0,91
02:05:00	50,75	6,10	309,65	66,36	4,35	288,54	301,26	93,21	12,73	4,22
02:10:00	50,86	6,15	312,71	66,70	4,34	289,23	304,22	92,51	14,99	4,91
02:15:00	50,71	6,17	312,86	66,99	4,35	291,38	304,60	93,15	13,22	4,33
02:20:00	50,55	6,19	312,74	67,31	4,35	292,99	301,27	93,70	8,28	2,75
02:25:00	50,54	6,23	314,81	67,51	4,33	292,56	304,04	92,95	11,48	3,78
02:30:00	50,53	6,24	315,08	67,86	4,32	293,29	303,06	93,11	9,77	3,22
02:35:00	50,21	6,12	307,10	68,21	4,24	288,83	300,00	94,08	11,18	3,73
02:40:00	50,32	6,17	310,49	68,39	4,22	288,50	301,04	92,94	12,55	4,17
02:45:00	50,27	6,19	310,87	68,63	4,24	290,58	301,09	93,50	10,51	3,49



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

Waktu	Tegangan Input	Arus Input	Daya Input	Tegangan Output	Arus Output	Daya Output	Daya Setpoint	Efisiensi	Error	Error %
02:50:00	50,34	6,23	313,43	69,00	4,24	292,46	300,00	93,33	7,54	2,51
02:55:00	50,01	6,25	312,40	69,33	4,23	293,36	300,00	93,92	6,64	2,21
03:00:00	49,99	6,27	313,16	69,57	4,22	293,47	300,00	93,74	6,53	2,18
03:05:00	49,96	6,16	307,59	69,90	4,12	287,83	300,00	93,59	12,18	4,06
03:10:00	50,11	6,14	307,59	70,38	4,08	287,11	302,24	93,35	15,13	5,00
03:15:00	50,11	6,17	309,20	70,75	4,08	288,92	303,12	93,46	14,20	4,68
03:20:00	49,93	6,20	309,42	70,94	4,09	289,86	300,54	93,70	10,68	3,55
03:25:00	50,11	6,22	311,56	71,40	4,08	291,55	300,00	93,60	8,45	2,82
03:30:00	50,10	6,17	309,00	71,64	4,01	287,15	300,00	92,96	12,85	4,28
03:35:00	49,98	5,03	251,58	71,39	3,31	236,22	300,00	94,00	63,78	21,26
03:40:00	50,23	3,61	181,38	71,27	2,37	168,86	300,00	93,13	131,14	43,71
03:45:00	50,09	2,67	133,55	71,29	1,73	123,20	300,00	92,25	176,80	58,93
03:50:00	50,07	2,00	100,23	71,32	1,31	93,09	300,00	92,81	206,91	68,97
03:55:00	50,52	1,54	77,62	71,34	1,00	71,09	300,00	91,64	228,91	76,30
04:00:00	50,44	1,19	60,08	71,35	0,77	54,74	300,00	91,14	245,26	81,75
04:05:00	50,53	0,90	45,34	71,35	0,58	41,21	300,00	90,86	258,79	86,26

Tabel 3 Data pengujian FLC 1

Waktu	V_VRLA	P_Setpoint
16:35:00	43,03	83,49
16:30:00	43,84	85,05
16:25:00	44,4	130,74
16:20:00	44,9	176,57
16:15:00	45,39	213,01
16:10:00	45,89	236,5
16:05:00	46,24	240,88
16:00:00	46,67	266,17
15:55:00	47,15	280,43
15:50:00	47,61	291,89
15:45:00	48,01	295,91
15:40:00	48,49	300
15:35:00	48,92	300
15:30:00	49,48	300
15:25:00	49,99	300
15:20:00	50,45	300
15:15:00	50,74	302,27
15:10:00	51,18	310,49

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

Waktu	V_VRLA	P_Setpoint
15:05:00	51,63	319,45
15:00:00	52,11	328,91
14:55:00	52,6	346,43
14:50:00	53,07	364,49
14:45:00	53,49	395,72
14:40:00	54,09	421,07
14:35:00	54,37	450,38
14:30:00	54,79	510,32
14:25:00	55,3	515,81



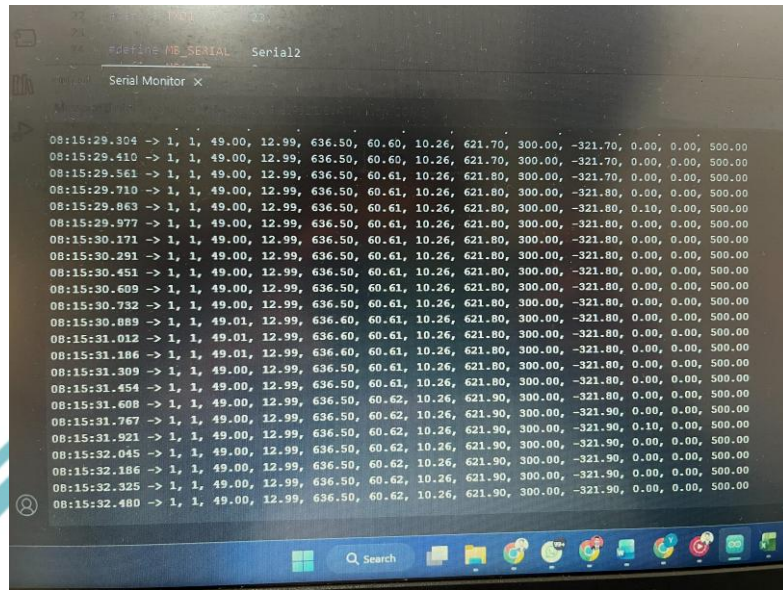
Gambar 1. QR Code data skripsi



Gambar 2. QR Code source code ESP32

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



Gambar 3. Sampling Serial Monitor Arduino IDE