



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

RANCANG BANGUN *MAXIMUM POWER POINT TRACKING* (MPPT) DENGAN *CUK CONVERTER* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS ARDUINO PADA PLTS SKALA KECIL

Olivia Vandra Dewi

NIM 1812066

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE

Awan uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

September 2022



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

RANCANG BANGUN *MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT)* DENGAN *CUK CONVERTER* MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS ARDUINO PADA PLTS SKALA KECIL

**Olivia Vandra Dewi
NIM 1812066**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknik Elektro
Institut Teknologi Nasional Malang
September 2022**

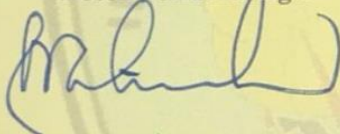
**RANCANG BANGUN MAXIMUM POWER POINT
TRACKING (MPPT) DENGAN CUK CONVERTER
MENGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC
BERBASIS ARDUINO PADA PLTS SKALA KECIL**

SKRIPSI

**Olivia Vandra Dewi
1812066**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
Diperiksa Dan Disetujui

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP. 19800301 200501 1 002

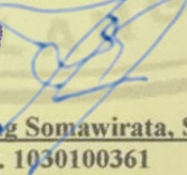
Dosen Pembimbing II



Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D
NIP. 19600301 200501 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT
NIP. P. 1030100361

MALANG
Juli, 2022

[HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN]

**RANCANG BANGUN *MAXIMUM POWER POINT TRACKING*
(MPPT) DENGAN *CUK CONVERTER* MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS ARDUINO PADA PLTS
SKALA KECIL**

Olivia Vandra Dewi, Abraham Lomi, Awan Uji Krismanto

oliviavandra@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil yang merupakan yang merupakan sumber energi tidak terbarukan dan akan habis jika digunakan secara terus menerus, dan juga menyumbangkan polusi udara dalam jumlah banyak. Negara Indonesia memiliki sumber energi matahari yang berlimpah sehingga cocok untuk membangun PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), akan tetapi *output* yang dihasilkan panel surya memiliki efisiensi yang rendah yang dipengaruhi iradiasi matahari dan suhu lingkungan. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dapat membantu dan berguna, karena dapat melacak nilai MPP dan *cuk converter* dapat menstabilkan dan mengontrol keluaran dari panel surya. Metode yang digunakan untuk MPPT yaitu *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* banyak digunakan karena memiliki parameter yang bervariasi sehingga dapat ditentukan tanpa akurasi dan cocok beroperasi pada sistem nonlinier. Penelitian ini merancang menggunakan *software* Matlab untuk melihat apakah MPPT menggunakan metode *fuzzy logic* dengan *cuk converter* dapat bekerja dengan baik. Efisiensi daya rata-rata yang dihasilkan MPPT pada simulasi mencapai 98.67%, tegangan dan arus yang dihasilkan mencapai 14V dan 3.5A. Pada implementasi alat efisiensi daya rata-rata sebesar 78.55% dan tegangan tertinggi yang dihasilkan 14.3V dan arus tertinggi yang dihasilkan sebesar 2A.

Kata kunci: MPPT, DC-DC *Converter*, *Cuk Converter*, *Fuzzy Logic*, PLTS.

DESIGN OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) WITH CUK CONVERTER USING FUZZY LOGIC METHOD BASED ON ARDUINO SMALL SCALE SOLAR POWER PLANT

Olivia Vandra Dewi, Abraham Lomi, Awan Uji Krismanto

oliviavandra@gmail.com

ABSTRACT

In Indonesia, they still use fossil fuels which are non-renewable energy sources and will run out if used continuously, and also contribute to air pollution in large quantities. The country of Indonesia has abundant sources of solar energy so it is suitable for building PLTS (Solar Power Plants), but *output* produced by solar panels has low efficiency which is influenced by solar irradiation and environmental temperature. Maximum Power Point Tracking (MPPT) can be helpful and useful, because it can track the MPP value and the choke converter can stabilize and control the output of the solar panel. The method used for MPPT is fuzzy logic. Fuzzy logic is widely used because it has various parameters so that it can be determined without accuracy and is suitable for operating on nonlinear systems. This study was designed using MATLAB software to see whether MPPT using the fuzzy logic method with a cuk converter can work well. The average power efficiency produced by MPPT in the simulation reaches 98.67%, the resulting voltage and current reach 14V and 3.5A. In the implementation of the tool, the average power efficiency is 78.55% and the highest voltage produced is 14.3V and the highest current is 2A.

Keyword: MPPT, DC-DC Converter, Cuk Converter, Fuzzy Logic, Solar Power Plants.

[HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN]

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Adapun judul skripsi yang saya ajukan yaitu “Rancang Bangun *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Dengan *Cuk Converter* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis Arduino Pada PLTS Skala Kecil”. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana Teknik Elektro di Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun ajaran 2021-2022.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyelesaian pembuatan skripsi banyak dukungan, bantuan baik secara langsung maupun tidak, dan juga dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kelancaran, kesabaran, dan kesehatan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE. dan Bapak Awan Uji Krismanto ST., MT., selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dengan penuh kesabaran.
3. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak dan Ibu Dosen Elektro S-1 ITN Malang yang senantiasa membantu setiap kesulitan yang penulis temui.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendukung, memberikan doa, dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman Elektro ITN Malang angkatan 2018 yang selalu mendukung satu sama lain.

Penulis menyadari tanpa bantuan dan dukungan dari pihak yang telah membantu, penyelesaian skripsi ini tidak dapat tercapai dengan baik. Dalam penyelesaian skripsi ini masih jauh dari sempurna, penulis mengharapkan kritik dan juga saran yang membangun untuk perkembangan skripsi ini serta dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Malang, Juli 2022

Penulis

[HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN]

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Maximum Power Point Tracking</i> (MPPT).....	5
2.2 Panel Surya.....	6
2.2.1 Karakteristik Panel Surya.....	7
2.2.2 Jenis Panel Surya.....	8
2.3 <i>Cuk Converter</i>	9
2.4 <i>Fuzzy Logic</i>	10
2.4.1 Himpunan Fuzzy	11
2.4.2 Operasi Himpunan Fuzzy	11
2.4.3 Fungsi Keanggotaan.....	12
2.4.4 Sistem Fuzzy	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Studi Kasus.....	21
3.2 Blok Diagram.....	22

3.3 <i>Flowchart</i>	23
3.3.1 <i>Flowchart</i> Alur dan Pembuatan Alat	23
3.3.2 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat.....	24
3.3.3 <i>Flowchart Fuzzy Logic</i>	25
3.5 Perancangan <i>Cuk Converter</i>	27
3.5.1 Perhitungan <i>Duty Cycle</i>	28
3.5.2 Perhitungan Induktor	28
3.6 Pemilihan MOSFET.....	31
3.7 Perancangan Driver MOSFET	32
3.8 Perancangan <i>Fuzzy Logic</i>	34
3.8.1 Proses Fuzzifikasi	35
3.8.2 Proses Inferensi atau Penalaran	38
3.8.3 Proses Defuzzifikasi	42
3.9 Simulasi Simulink Pada MATLAB	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Pengujian Sensor Arus	49
4.1.1 Hasil Pengujian Sensor Arus	49
4.1.2 Analisa Pengujian Sensor Arus.....	51
4.2 Pengujian Sensor Tegangan	51
4.2.1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....	52
4.2.2 Analisa Pengujian Sensor Tegangan.....	53
4.3 Pengujian Driver MOSFET	53
4.3.1 Hasil Pengujian Driver MOSFET	54
4.3.2 Analisa Pengujian Driver MOSFET	56
4.4 Pengujian <i>Cuk Converter</i>	56
4.4.1 Hasil Pengujian <i>Cuk Converter</i>	57
4.4.2 Analisa Pengujian <i>Cuk Converter</i>	57

4.5 Simulasi MPPT Menggunakan Fuzzy Logic	57
4.5.1 Hasil Simulasi menggunakan Simulink pada MATLAB	57
4.5.2 Analisa Hasil Simulasi menggunakan Simulink pada MATLAB	73
4.6.1 Hasil Implementasi <i>Hardware</i> MPPT	75
4.6.2 Analisa Hasil Implementasi <i>Hardware</i> MPPT	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

[HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Kurva karakteristik V-I dan P-V pada panel surya	5
Gambar 2. 2	Kurva karakteristik V-I dan P-V pada MPP	5
Gambar 2. 3	Rangkaian ekuivalen pada panel surya	7
Gambar 2. 4	Panel surya.....	8
Gambar 2. 5	Rangkaian topologi <i>cuk converter</i>	9
Gambar 2. 6	Rangkaian <i>cuk converter</i> switch keadaan on	10
Gambar 2. 7	Rangkaian <i>cuk converter</i> switch keadaan off	10
Gambar 2. 8	Kurva karakteristik linier naik	12
Gambar 2. 9	Kurva karakteristik linier naik	13
Gambar 2. 10	Kurva karakteristik segitiga	14
Gambar 2. 11	Kurva karakteristik trapesium.....	15
Gambar 2. 12	Blok diagram <i>fuzzy logic</i>	16
Gambar 2. 13	Arduino ATmega 2560.....	17
Gambar 2. 14	Sinyal PWM.....	18
Gambar 2. 15	Sensor arus ACS712	19
Gambar 2. 16	Rangkaian pembagi tegangan	19
Gambar 2. 17	Sensor tegangan	20
Gambar 2. 18	Potensio digital X9C103S.....	20
Gambar 3. 1	Blok diagram alat.....	22
Gambar 3. 2	<i>Flowchart</i> alur dan pembuatan alat.....	23
Gambar 3. 3	<i>Flowchart</i> cara kerja alat	24
Gambar 3. 4	<i>Flowchart fuzzy logic</i>	25
Gambar 3. 5	Kurva V-I pada panel surya yang digunakan.....	26
Gambar 3. 6	Kurva V-P pada panel surya yang digunakan	26
Gambar 3. 7	Induktor dengan inti toroid yang sudah dibuat	29
Gambar 3. 8	(a) Diameter luar toroid, (b) Diameter dalam toroid, (c) Tinggi toroid	30
Gambar 3. 9	Mosfet IRFP250N.....	32
Gambar 3. 10	IC TL494	32
Gambar 3. 11	Rangkaian driver dengan ic TL494.....	33
Gambar 3. 12	Rangkaian driver dengan <i>cuk converter</i>	33
Gambar 3. 13	Layout PCB driver mosfet	33
Gambar 3. 14	<i>Fuzzy logic controller</i> pada <i>cuk converter</i>	35
Gambar 3. 15	<i>Input</i> fungsi keanggotaan variabel eror.....	36
Gambar 3. 16	<i>Input</i> fungsi keanggotaan variabel delta eror.....	37
Gambar 3. 17	Grafik metode <i>center of gravity</i> atau <i>centroid</i>	43
Gambar 3. 18	<i>Output</i> variabel <i>duty cycle</i>	44

Gambar 3. 19 Rangkaian simulasi <i>cuk converter</i> Simulink pada MATLAB	46
Gambar 3. 20 Rangkaian simulasi metode <i>fuzzy logic</i> Simulink pada MATLAB	47
Gambar 4. 1 Pengujian sensor arus	49
Gambar 4. 2 Pengujian sensor tegangan	51
Gambar 4. 3 Pengujian driver mosfet.....	53
Gambar 4. 4 Pengujian driver mosfet dengan arduino	54
Gambar 4. 5 Pengujian gelombang keluaran driver <i>duty cycle</i> 25%	54
Gambar 4. 6 Pengujian gelombang keluaran driver <i>duty cycle</i> 50%	55
Gambar 4. 7 Pengujian gelombang keluaran driver <i>duty cycle</i> 75%	55
Gambar 4. 8 Pengujian <i>cuk converter</i>	56
Gambar 4. 9 Pengujian <i>cuk converter</i> dengan osiloskop.....	56
Gambar 4. 10 Grafik pengaruh iradiasi terhadap daya menggunakan MPPT.....	58
Gambar 4. 11 Grafik pengaruh iradiasi terhadap daya tanpa menggunakan MPPT	59
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan daya <i>output</i> menggunakan MPPT dan tanpa MPPT	60
Gambar 4. 13 Perubahan iradiasi dan suhu pada panel surya.....	61
Gambar 4. 14 Daya <i>input</i> dan daya <i>output</i> menggunakan metode fuzzy logic	62
Gambar 4. 15 Tegangan <i>input</i> dan tegangan <i>output</i> menggunakan metode fuzzy logic.....	64
Gambar 4. 16 Arus <i>input</i> dan arus <i>output</i> menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	66
Gambar 4. 17 Daya <i>input</i> dan daya <i>output</i> tanpa menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	68
Gambar 4. 18 Tegangan <i>input</i> dan tegangan <i>output</i> tanpa menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	70
Gambar 4. 19 Arus <i>input</i> dan arus <i>output</i> tanpa menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	72
Gambar 4. 20 Implementasi <i>hardware</i> MPPT	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel pinout modul potensio digital X9C103S	20
Tabel 3. 1 Data spesifikasi dari panel surya	26
Tabel 3. 2 Desain awal <i>cuk converter</i>	27
Tabel 3. 3 Spesifikasi rangkaian <i>cuk converter</i>	28
Tabel 3. 4 Himpunan fuzzy	34
Tabel 3. 5 <i>Rule base</i>	39
Tabel 4. 1 Hasil pengujian sensor arus	50
Tabel 4. 2 Hasil pengujian sensor tegangan	52
Tabel 4. 3 Hasil pengujian driver MOSFET	55
Tabel 4. 4 Hasil pengujian <i>cuk converter</i>	57
Tabel 4. 5 Hasil simulasi menggunakan MPPT.....	58
Tabel 4. 6 Hasil simulasi tanpa menggunakan MPPT	59
Tabel 4. 8 Daya <i>input</i> dan daya <i>output</i> menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	63
Tabel 4. 9 Tegangan <i>input</i> dan tegangan <i>output</i> menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	65
Tabel 4. 10 Arus <i>input</i> dan arus <i>output</i> menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	67
Tabel 4. 11 Daya <i>input</i> dan daya <i>output</i> tanpa menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	69
Tabel 4. 12 Tegangan <i>input</i> dan tegangan <i>output</i> tanpa menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	71
Tabel 4. 13 Arus <i>input</i> dan arus <i>output</i> tanpa menggunakan metode <i>fuzzy logic</i>	73
Tabel 4. 14 Hasil implementasi <i>hardware</i> MPPT	75