

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI MAXIMUM POWER POINT TRACKING PADA PHOTOVOLTAIC DENGAN KONTROLLER LOGIKA FUZZY

### DESIGN AND IMPLEMENTATION MAXIMUM POWER POINT TRACKING ON PHOTOVOLTAIC WITH FUZZY LOGI CONTROLLER

Rizka Fadhilla Idham<sup>1</sup>, Ekki Kurniawan<sup>2</sup>, Kharisma Bani Adam<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

<sup>1</sup>[rizkafadhilla@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:rizkafadhilla@students.telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[ekkykurniawan@telkomuniversity.ac.id](mailto:ekkykurniawan@telkomuniversity.ac.id),

<sup>3</sup>[kharismaadam@telkomuniversity.ac.id](mailto:kharismaadam@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Krisis energi dunia dan semakin tingginya harga sumber energi menyebabkan semakin berkembangnya inovasi dalam pemanfaatan energi alternatif yang tidak menimbulkan polusi udara maupun radioaktif. Salah satu alternatif pemanfaatan energi adalah pemanfaatan matahari sebagai sumber energi. Ada beberapa cara dalam pemanfaatan matahari, salah satunya dengan menggunakan teknologi photovoltaic, yaitu sebuah teknologi tenaga matahari yang menggunakan solar cell untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Namun, dalam kenyataannya secara konvensional solar cell masih memiliki efisiensi yang relatif rendah dan biaya investasi solar cell juga masih sangat mahal.

Pada Penelitian ini dilakukan “Perancangan dan Implementasi Maximum Power Point Tracking pada photovoltaic dengan Fuzzy Logic Controller”. Yaitu sebuah perancangan sistem elektronik yang berfungsi untuk melakukan tracking dan mencari titik daya keluaran maksimum photovoltaic. Sistem MPPT tidak berwujud fisik namun merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk menemukan daya terbesar dan digunakan untuk meningkatkan efisiensi sebuah sistem. Sistem MPPT membutuhkan sumber, konverter, kontroler, dan beban sebagai output.

Metode kerja sistem MPPT salah satunya dengan metode Fuzzy Logic Controller yaitu dengan mengatur tegangan referensi, suhu, dan iradiasi yang akan menghasilkan duty cycle. Tegangan referensi photovoltaic diteruskan ke buck converter untuk di konversi menjadi tegangan DC yang lebih rendah. Tahap ini terus dilakukan dengan nilai duty cycle yang berbeda hingga ditemukan titik kerja yang dapat menghasilkan daya maksimum oleh photovoltaic. Dari penelitian diharapkan dapat memaksimalkan kerja sel surya menjadi lebih efisien dan efektif.

**Kata Kunci :** Photovoltaic, MPPT, Fuzzy Logic, Buck Converter **Kata kunci:** Photovoltaic, MPPT, Fuzzy Logic, Buck Converter

#### Abstract

*The world energy crisis and the rising cost of energy sources resulted in the development of innovation in the utilization of alternative energy that does not cause air pollution or radioactive. One alternative is the use of solar energy utilization as an energy source. There are several ways to use the sun, one using photovoltaic technology, which is a solar power technology that uses solar cells to convert sunlight into electricity. However, in reality the conventional solar cell still has a relatively low efficiency and cost of solar cell investment is still very expensive.*

*In the preparation of this final project is Design and Implementation Maximum Power Point Tracking On Photovoltaic With Fuzzy Logic Controller. MPPT is electronic system design that serves to track and find the point of maximum output power of photovoltaic. MPPT system is not a physical shape but it is a system designed to find the greatest power and is used to improve the efficiency of a system. MPPT system requires resources, converters, controllers and load as an output.*

*One method of MPPT system is the fuzzy logic controller is to set the reference voltage, temperature, and irradiation which will produce the duty cycle. The reference voltage photovoltaic forwarded to buck converter to be converted into DC voltage is lower. This phase continues with a different duty cycle values to be found working points which can generate maximum power for photovoltaic. The goal of this research is to maximize the solar cell to be more efficient and effective.*

**Keyword :** Photovoltaic, MPPT, Fuzzy Logic, Buck Pendahuluan

#### 1. Pendahuluan

Krisis energi dunia dan semakin tingginya harga sumber energi menyebabkan semakin berkembangnya inovasi dalam pemanfaatan energi. Dengan menggunakan alternatif yang tidak menimbulkan polusi udara maupun radioaktif. Salah satu alternatif pemanfaatan energi adalah pemanfaatan matahari sebagai sumber energi. Ada beberapa cara dalam

pemanfaatan matahari, salah satunya dengan menggunakan teknologi *photovoltaic*, yaitu sebuah teknologi tenaga matahari yang menggunakan panel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Namun dalam kenyataannya secara konvensional panel surya masih memiliki efisiensi keluaran yang relatif rendah, hal tersebut dikarenakan perbedaan karakteristik antara panel surya dengan beban. Oleh karena itu diperlukan sebuah teknologi yang dapat memaksimalkan daya keluaran dari panel surya tersebut.

Untuk mengatasi masalah tersebut penulis menggunakan metode *Maximum Power Point Tracking*. *Maximum power point tracking* (MPPT) adalah suatu sistem elektrolitik untuk mencari titik maksimum dari kurva karakteristik daya dan tegangan input pada aplikasi panel surya. Salah satu metode kerja *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah *Fuzzy Logic Controller* yang terdiri dari *photovoltaic* sebagai sumber, konverter (*buck converter*), Arduino Uno sebagai controller. Metode ini bekerja dengan mengontrol tegangan referensi. Tegangan DC yang dihasilkan *photovoltaic* akan diteruskan ke *buck converter* untuk dikonversi menjadi tegangan yang lebih rendah. Nilai *duty cycle* terlebih dahulu dikontrol oleh Arduino Uno sebagai mikrocontroller. Keluaran dari *buck converter* akan menjadi tegangan masukan untuk sistem. Tahap ini terus dilakukan dengan nilai *duty cycle* yang berbeda hingga ditemukan titik kerja yang dapat menghasilkan daya maksimum oleh *photovoltaic*.

Penelitian ini diharapkan dapat memaksimalkan kinerja *photovoltaic* menjadi lebih efisien dan efektif..

## 2. Dasar Teori dan Perancangan

### 2.1 Blok Diagram Sistem

Secara umum blok diagram dari Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Diagram Blok Sistem

1. Fotovoltaik akan mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik DC. Keluaran dari fotovoltaik yaitu Tegangan Referensi ( $V_{reff}$ ) dan Arus yang akan di kontrol oleh MPPT untuk mendapatkan titik maksimum dari fotovoltaik.
2. Hasil dari fotovoltaik akan diatur oleh MPPT menggunakan *fuzzy logic* dengan cara mengubah-ubah nilai *duty cycle* hingga didapatkan titik maksimum dari fotovoltaik.
3. Rangkaian dc-dc konverter berfungsi untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan fotovoltaik sebelum di *load* ke baterai.
4. Baterai yang digunakan pada sistem adalah baterai 12V.

### 2.2 Perancangan Buck Converter

Parameter untuk mendesai *buck converter* diantaranya sebagai berikut :

Parameter	Nilai
P	100 W
Vin	22V
Vout	12V
F	40 Khz
R	4Ω
ripple	0.005

Menentukan *Duty Cycle* :

$$D = 1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$= 1 - \frac{12}{22}$$

$$= 1 - 0.54$$

$$= 0.46$$

Menentukan nilai inductor untuk *continuous current* :

$$L_{min} = \frac{(1 - D) \times V_o}{2f}$$

$$= \frac{(1 - 0,4) \times 4}{2 \times 40k}$$

$$= 30\mu$$

Untuk membuat desain *buck converter* ini nilai konduktor dibuat 25% lebih besar dari  $L_{min}$  :

$$l = 1,25 \times L_{min}$$

$$= 1,25 \times 30\mu$$

$$= 37,5 \mu$$

Besar arus yang lewat inductor :

$$I = \frac{V_o}{R}$$

$$= \frac{12}{4}$$

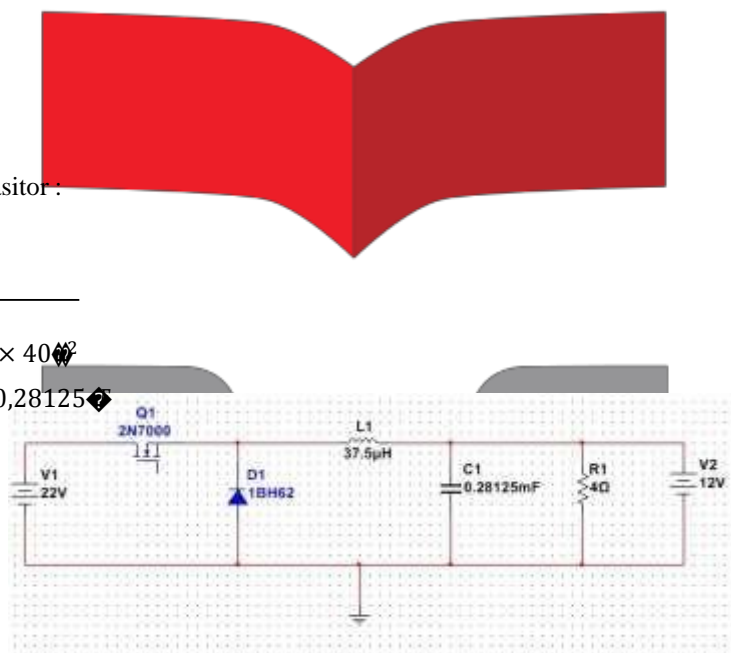
$$= 3 A$$

Menentukan nilai kapasitor :

$$C = \frac{1 - D}{8 \times \Delta V_o \times I_o \times f^2}$$

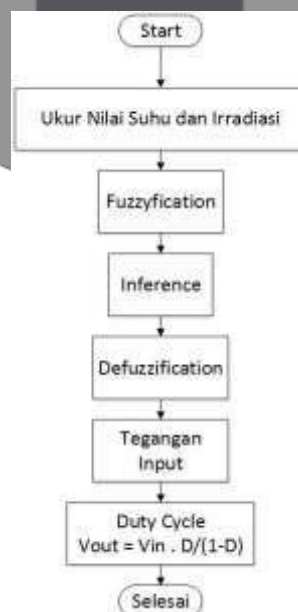
$$= \frac{1 - 0,46}{8 \times 30\mu \times 0,005 \times 40k^2}$$

$$= 2,8125 \times 10^{-4} F = 0,28125 \mu$$



Gambar 2.4 Rangkaian *Buck Converter*

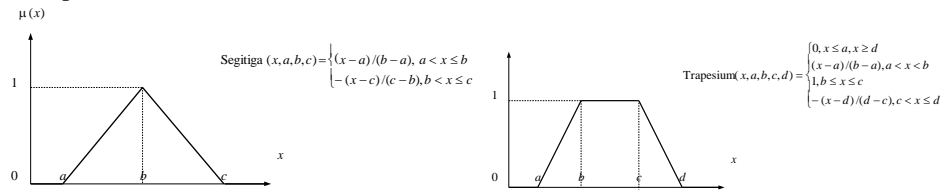
### 2.3 Diagram Alir Sistem



Gambar 2.4 Diagram Alir Sistem Logika Fuzzy

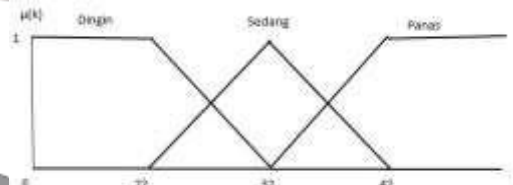
Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinu. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran[4].

- 2.3.1 Himpunan Fuzzy : Pada himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ . Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut yaitu Linguistik dan Numeris.
- 2.3.2 Fungsi Keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Pada penelitian ini digunakan representasi kurva segitiga dan trapesium. Dibawah ini adalah grafik fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium.

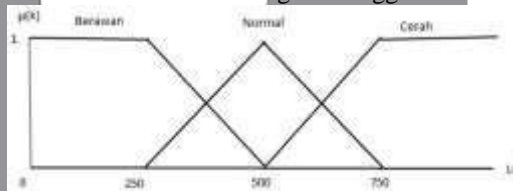


Gambar 2.5 Fungsi Keanggotaan Kurva Segitiga dan Trapesium

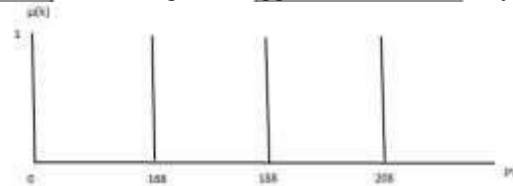
- 2.3.3 Sistem Inferensi Fuzzy  
 Metode Sugeno output sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Untuk mendapatkan output diperlukan 4 tahapan :  
 1. Pembentukan himpunan fuzzy : variabel input maupun output dibagi menjadi satu atau lebih fungsi keanggotaan. Pada penelitian ini *input* untuk *fuzzy logic* adalah suhu dan irradiasi cahaya matahari, dan *output* pada *fuzzy logic* adalah *pulse width modulation (PWM)*



Gambar 2.6 Grafik Fungsi Keanggotaan Suhu



Gambar 2.7 Grafik Fungsi Keanggotaan Irradiasi Cahaya Matahari



Gambar 2.8 Grafik Fungsi Keanggotaan Output

- 2. Komposisi aturan : ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy yaitu Metode Max, Metode Additive, Metode Probabilistik.

Tabel 2.1 Rule Base

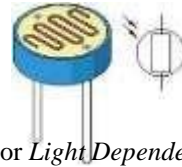
AND		Suhu		
		Dingin	Sedang	Panas
Irradiasi	Berawan	128	158	168
	Normal	158	158	158
	Cerah	158	168	168

- 3. Penegasan (defuzzifikasi) : input dari defuzzifikasi adalah suatu fungsi keanggotaan yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan konstan.

2.4 Sensor Light Dependent Resistor (LDR)

Light Dependent Resistor atau yang biasa disebut LDR adalah jenis resistor yang nilainya berubah seiring intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut. Biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. Prinsip kerja LDR yaitu pada sisi bagian atas LDR terdapat suatu garis atau jalur melengkung yang menyerupai

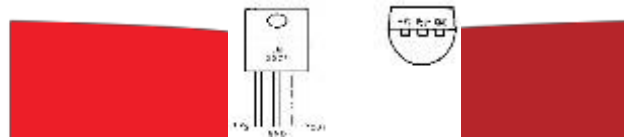
bentuk kurva. Jalur tersebut terbuat dari bahan cadmium sulphida yang sangat sensitiv terhadap pengaruh dari cahaya. Jalur cadmium sulphida yang terdapat pada LDR. Jalur cadmium sulphida dibuat melengkung menyerupai kurva agar jalur tersebut dapat dibuat panjang dalam ruang (area) yang sempit. Cadmium sulphida (CdS) merupakan bahan semi-konduktor yang memiliki gap energi antara elektron konduksi dan elektron valensi. Ketika cahaya mengenai cadmium sulphida, maka energi proton dari cahaya akan diserap sehingga terjadi perpindahan dari band valensi ke band konduksi. Akibat perpindahan elektron tersebut mengakibatkan hambatan dari cadmium sulphida berkurang dengan hubungan kebalikan dari intensitas cahaya yang mengenai LDR.



Gambar 2.9 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

### 2.5 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan.



Gambar 2.10 Sensor Suhu LM35

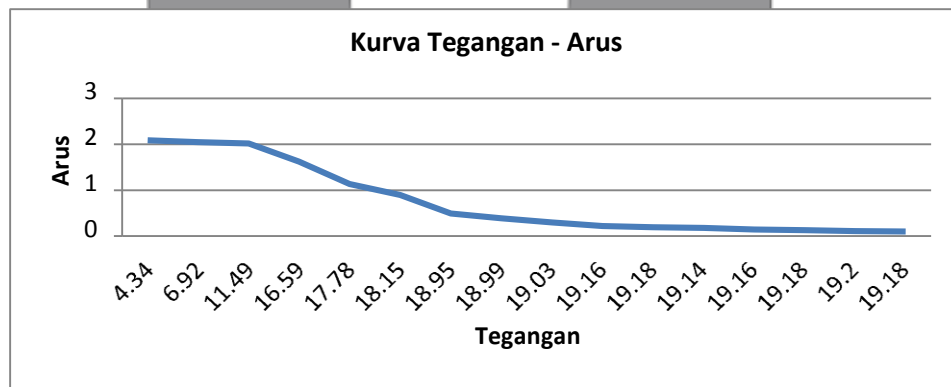
Gambar diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah. 3 pin LM35 menunjukkan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau  $V_{out}$  dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat celcius sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{out} = 10 \times T$$

## 3 Pembahasan Hasil Simulasi

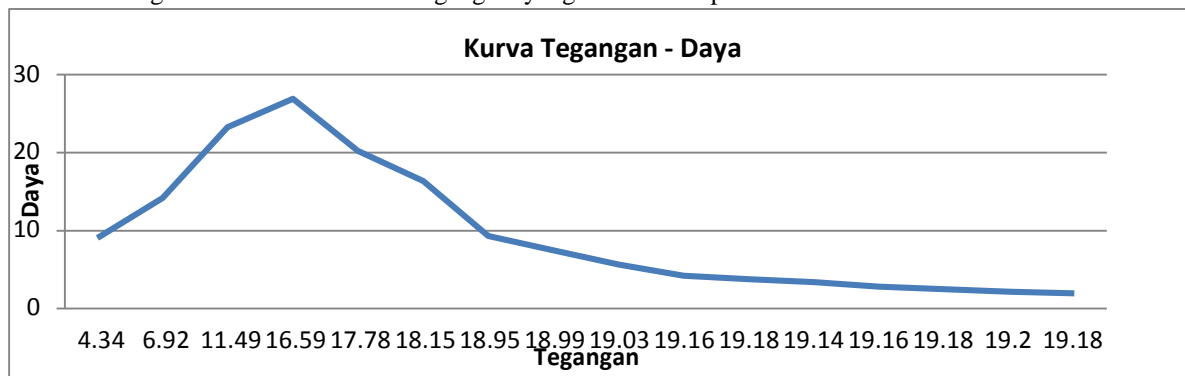
### 3.1 Karakteristik Photovoltaic

Karakteristik *photovoltaic* ditunjukkan pada grafik *voltage-current* dan *voltage-power*. Dari pengujian yang telah dilakukan. Kurva karakteristik photovoltaic tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar 3.1. berdasarkan gambar semakin besar tegangan yang dihasilkan photovoltaic maka arus akan semakin kecil.



Gambar 3.1 Kurva *Voltage-Current*

Dari pengujian yang telah dilakukan. Kurva karakteristik photovoltaic tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar 3.1. berdasarkan gambar semakin besar tegangan yang dihasilkan photovoltaic maka arus akan mendekati nol (Iosc).



Gambar 3.2 Kurva Voltage-Power Curve

Berdasarkan gambar 4.2. karakteristik daya tertinggi yang dapat dicapai dari photovoltaic adalah 26,908 Watt.

### 3.2 Pengujian sinyal PWM dari mikrokontroler ke driver mosfet TLP250

Dilakukan pengujian terhadap kemampuan driver agar dapat mengetahui driver berfungsi dengan baik menyampaikan perintah dari mikrokontroler ke rangkaian buck converter. Pengujian driver dilakukan dengan mengukur kondisi tegangan pada keluaran kaki driver. Masukkan driver berasal dari PWM mikrokontroler. Berikut adalah gambar 3.3 keluaran sinyal dari driver mosfet :



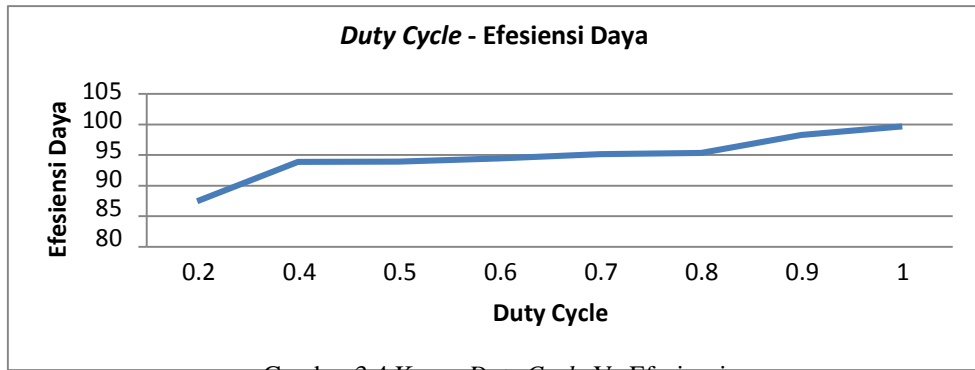
Gambar 3.3 Sinyal PWM driver mosfet TLP250

### 3.3 Pengujian rangkaian buck converter menggunakan photovoltaic dan beban resistor dengan nilai duty cycle yang diubah-ubah

Untuk membuktikan bahwa rangkaian buck converter ini berfungsi dengan baik dilakukan pengujian rangkaian buck converter dengan beban resistor = 56Ω. Pengujian dilakukan dengan nilai duty cycle diubah dari 0,4 berubah secara bertahap dengan skala perubahan 0,1 sampai duty cycle bernilai 1.

Tabel 3.1 Pengujian Buck Converter

PWM	Duty Cycle (%)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efesiensi Daya (%)
51	0,2	18,97	0,01	3,138571	0,052857	0,1897	0,165895918	87,45172291
102	0,4	18,92	0,047	6,874286	0,121429	0,88924	0,834734694	93,87057418
127	0,5	18,86	0,074	8,74	0,15	1,39564	1,311	93,93539881
153	0,6	18,81	0,108	10,66	0,18	2,03148	1,9188	94,45330498
178	0,7	18,78	0,156	12,50429	0,222857	2,92968	2,786669388	95,11855861
204	0,8	18,66	0,181	13,41667	0,24	3,37746	3,22	95,33791666
229	0,9	18,62	0,265	17,24625	0,28125	4,9343	4,850507813	98,30184246
255	1	18,57	0,295	18,1325	0,30125	5,47815	5,462415625	99,71277941
Rata - Rata						96,71228325		

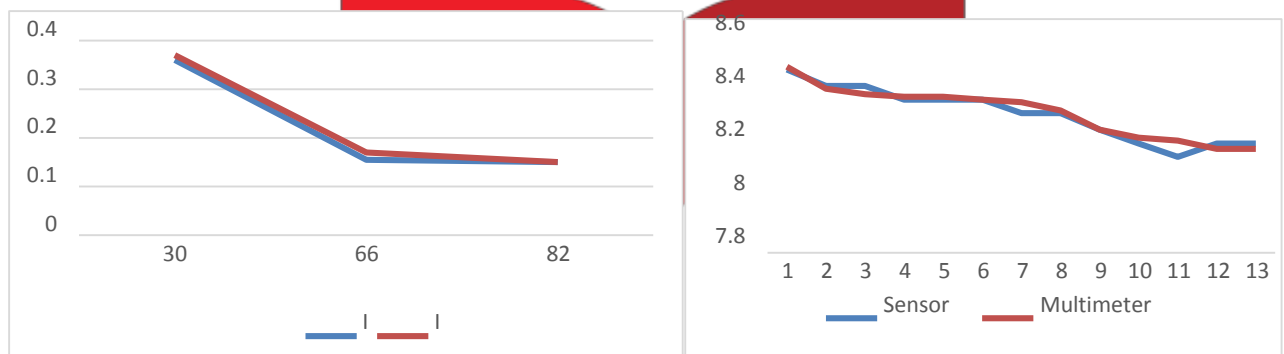


Gambar 3.4 Kurva *Duty Cycle* Vs Efisiensi

Dapat dilihat dari kurva diatas pada saat pengujian buck converter dengan mengubah nilai duty cycle secara bertahap. Efisiensi tertinggi yang dapat dicapai adalah 99,72% dengan duty cycle yang diberikan sebesar 1.

### 3.4 Pengujian Sensor arus dan Sensor Tegangan

Pengujian sensor arus dilakukan untuk melihat performansi sensor dibandingkan dengan pembacaan di multimeter ketika beban resistor diubah. Tegangan yang diberikan dibuat *fixed* 17V.



(a)

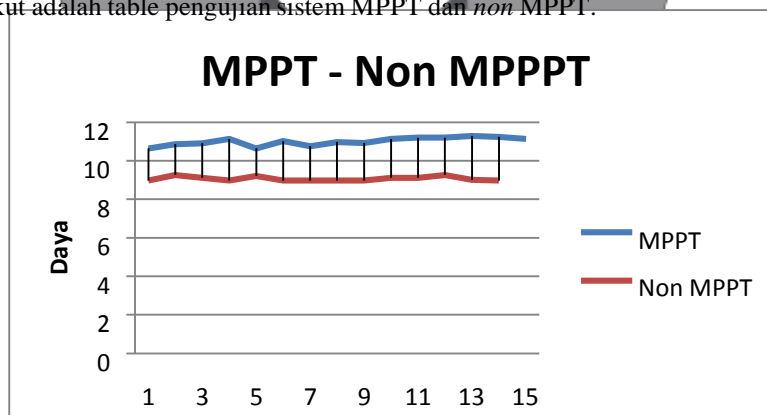
(b)

Gambar 3.5 (a) Pengujian Sensor Arus dan (b) Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan untuk melihat performansi pembacaan sensor tegangan dibandingkan dengan pembacaan pada multimeter. Pengujian ini dengan menggunakan beban *fixed* 30Ω.

### 3.5 Pengujian Sistem MPPT dengan non MPPT

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi R Load sebagai beban. R Load yang digunakan sebesar 86Ω. Pengujian MPPT dan non MPPT dilakukan dengan rentang waktu 15menit. Pengujian sistem MPPT dengan pengaruh irradiasi cahaya matahari dan suhu, sedangkan pengujian sistem non MPPT tidak dipengaruhi oleh irradiasi cahaya matahari dan suhu. Berikut adalah table pengujian sistem MPPT dan non MPPT.



Gambar 3.6 Grafik Daya keluaran Sebelum dan Setelah Pemasangan MPPT

Dapat dilihat dari gambar 3.6 bahwa daya *output* yang dihasilkan *photovoltaic* dengan sistem MPPT lebih besar dari sistem yang tidak menggunakan MPPT. Perhitungan *performance* daya *output* dengan MPPT dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{MPPT} - P_{non\ MPPT}}{P_{MPPT}} \times 100\% \tag{4.1}$$

$$\eta = \frac{11.03 - 9.07}{9.07} \times 100\% \tag{4.2}$$

$$\eta = 21,61\%$$

(4.3)

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi daya *output* dari *photovoltaic* menggunakan sistem MPPT meningkat 21,61% dibandingkan dengan sistem *non* MPPT dengan *R Load* sebesar 10 $\Omega$ .

## 4 Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis *Maximum power point tracking* pada *photovoltaic* dengan controller logika fuzzy yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Titik maksimum *photovoltaic* dipengaruhi oleh radiasi, suhu, dan nilai resistansi yang terpasang di bagian keluaran sistem.
2. Dari hasil pengujian rata-rata Efisiensi daya buck converter terhadap duty cycle sebesar 96,71%.
3. Sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan *buck converter* menggunakan logika fuzzy dapat digunakan untuk mencari titik maksimum *photovoltaic* sehingga dapat meningkatkan daya keluaran *photovoltaic*. Dengan nilai daya keluaran sebesar 11,1969 watt.
4. Efisiensi sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan controller logika fuzzy sebesar 21,61%.

### 4.2 Saran

1. Perlu dikembangkan lebih lanjut sistem MPPT menggunakan metode yang lain seperti metode *hybrid*.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] Eric Anderson, Chris Dohan, Aaron Sikora, *SolarPanel Peak Power Tracking System*, Worcester Polytechnic Institute, 2003.
- [2] Jacob Milman and christos C Halkias, *Integrated Electronics* (Terjemahan), Erlangga, Jakarta, 1997.
- [3] T. Shimizu, O. Hashimoto, and G. Kimura, "A novel high-performance utility-interactive photovoltaic inverter system," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 18, no. 2, pp. 704–711, Mar. 2003.
- [4] Kurniawan Singgih, "Maximum Power Point Tracking (MPPT) Dengan Konverter DC-DC Tipe Cuk Menggunakan Metode Logika Fuzzy Pada Fotovoltaik, Makalah Seminar Tugas Akhir, September. 2012.
- [5] Susanto Erwin, L. J. Arton, Sunarya Unang, "Implementation Of Maximum Power Point Tracking on Photovoltaic Using Fuzzy Logic Algorithm", Mar. 2015.
- [6] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*, Bandung: Penerbit ITB, 1991.
- [7] Gunawan, "Rancang Bangun DC-DC Buck Converter dengan PID Diskrit Sebagai Pengendali Tegangan Keluaran", Juli. 2009.
- [8] Kusumadewi S, "Pengantar Kecerdasan Buatan".