

## PERANCANGAN SOLAR TRACKER PHOTOVOLTAIC CELLS DENGAN METODE FUZZY LOGIC

Ana Nuril Achadiyah<sup>1</sup>, Moh. Suseno Aji Sari<sup>2</sup>

Politeknik Unisma Malang

nuril9ach@gmail.com; m.susenoajisari@gmail.com

### ABSTRAK

Energy matahari merupakan energy terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energy listrik. Sedangkan yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik adalah photovoltaic cell. Akan tetapi dalam proses pengkonversian energy cahaya ini ada kendala yang dipengaruhi beberapa faktor sehingga mengurangi optimalisasi system kerja photovoltaic cell. Salah satu factor utama yang mempengaruhi optimalisasi system photovoltaic adalah radiasi sinar matahari yang berubah – ubah sehingga tidak maksimalnya sinar cahaya yang didapat. Dengan melihat permasalahan tersebut maka diperlukan alat penjejak matahari agar solar cell selalu tegak lurus menghadap matahari. System ini menggunakan sensor cahaya (LDR) dan keluaran berupa arus DC. Dengan aturan yang disesuaikan dengan kondisi, maka motor DC akan menggerakkan solar cell supaya bergerak mengikuti posisi matahari secara otomatis. Paper ini menyajikan analisa dan desain untuk penjejak Maximum Power Point Tracker (MPPT) dengan menggunakan Metode Fuzzy Logic (MFL). Dalam penghitungan pengendali penjejak orientasi matahari ini digunakan sistem Metode Fuzzy Logic (MFL) karena metode ini merupakan kontrol pada proses tahapan himpunan, proses fuzzyfikasi, aturan fuzzy, dan proses defuzzyfikasi dan karena metode ini sangat cocok untuk pengembangan produk selanjutnya. Penelitian ini menggunakan ATmega8 yang mudah dipasang pada penggunaan solar cell mandiri maupun yang berskala besar.

**Kata kunci:** Photovoltaic, Fuzzy Logic, Solar trackers

### ABSTRACT

*Solar energy is a renewable energy that can be used to produce electricity. Where what can convert sunlight energy into electrical energy is photovoltaic cells. However, in the process of converting this light energy there are obstacles that are influenced by several factors, thereby reducing the optimization of the work system of photovoltaic cells. One of the main factors that influence the optimization of a photovoltaic system is the irradiation of sunlight that changes so that it does not get the maximum amount of light. By looking at these problems, a solar tracking device is needed so that the solar cell is always perpendicular to the sun. This system uses a light sensor (LDR) and the output is a DC current. With rules that are adjusted to the conditions, the DC motor will move the solar cell so that it moves automatically to follow the sun's position. This paper presents an analysis and design for tracking Maximum Power Point Tracker (MPPT) using the Fuzzy Logic (MFL) Method. In calculating the solar orientation tracking controller, the Fuzzy Logic Method (MFL) system is used because this method is a control in the process of set stages, fuzzyfication processes, fuzzy rules, and defuzzyfication processes and because this method is suitable for further product development. This research uses ATmega8 which is easily installed on the use of independent and large-scale solar cells.*

**Keywords:** Photovoltaic, Fuzzy Logic, Solar trackers

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan berbagai macam sumber alternative yang digunakan untuk mengembangkan sumber energy listrik mulai gencar dilakukan. Saat ini diseluruh dunia sedang mencari sumber energy yang terbarukan mulai dari air, angin, sinar matahari, air laut dsb. Salah satu sumber energy alternative yaitu radiasi sinar matahari. Sinar matahari merupakan sumber energy yang tak akan pernah habis. Apalagi dengan menipisnya sumber minyak bumi membuat kita harus berfikir tepat dan cepat untuk memanfaatkan energy matahari ini. Dengan adanya perancangan system photovoltaic akan diharapkan dapat membantu PLN untuk menyediakan listrik secara mandiri terutama didaerah yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. System ini juga diharapkan membantu meringankan beban PLN untuk menyediakan kebutuhan listrik bagi konsumen khususnya rumah tangga dan instansi.

Energy matahari sendiri bila dimanfaatkan untuk kebutuhan listrik, merupakan sumber energy terbarukan yang paling penting serta memiliki banyak keuntungan diantaranya pemanfaatannya tidak memerlukan bahan bakar yang lain (termasuk BBM), tidak memerlukan polusi, tidak menghasilkan noise, dan biaya perawatannya yang rendah. Namun energy matahari bila dimanfaatkan untuk sumber energy listrik harus terlebih dahulu mengalami proses konversi. Dengan menggunakan Photovoltaic cell (solar cell) yaitu sebuah piranti yang dapat mengkonversi energy cahaya matahari menjadi energy listrik. Namun dalam proses pengkonversianya, terdapat beberapa permasalahan yang menyebabkan konversi ini tidak berjalan secara maksimum. Hal ini disebabkan karena pembangkitan tenaga listrik dengan solar cell yang rendah terutama pada kondisi radiasi yang rendah.

Pada saat ini yang mampu diterima oleh solar cell tidak lebih 20% saja dan jumlah daya listrik yang dibangkitkan berubah secara berkala seiring dengan besarnya perubahan cuaca. Salah satu factor yang lain yaitu karakteristik V-I solar cell adalah non linier dan berubah terhadap perubahan suhu serta radiasi pada permukaan solar cell.

Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan pengaturan pergerakan photovoltaic cell agar selalu tegak lurus terhadap matahari. Hal ini dilakukan karena energy matahari akan lebih banyak diserap oleh panel surya jika posisinya tegak lurus terhadap sinar matahari.

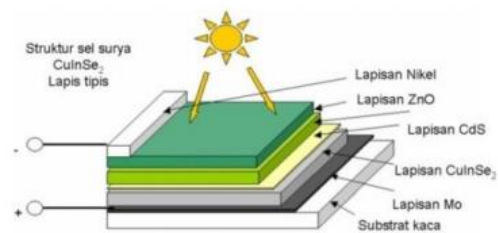
Oleh karena itu diperlukan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengendalikan panel surya agar tetap tegak lurus terhadap sinar matahari yang disebut dengan penjejak orientasi matahari atau solar trackers (MPPT). *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) secara umum memiliki titik unik pada kurva V-I atau V-P. Akan tetapi letak MPPT tidak dapat diketahui namun dapat dicari dengan menggunakan perhitungan atau algoritma.

Dalam pengendalian system penjejak ini diperlukan suatu metode yang dapat mempermudah kita untuk pengontrolan alat. Yaitu dengan Metode *Fuzzy Logic* (MFL) yang prinsip kerjanya menyerupai system kendali pada manusia, maka diharapkan dapat mengendalikan penjejak matahari agar dapat beroperasi dengan maksimal.

## METODE PENELITIAN

### Photovoltaic Cell

Proses konversi dipengaruhi oleh factor orientasi matahari yang berubah-ubah.



Gambar 1. Stuktur Solar Cell

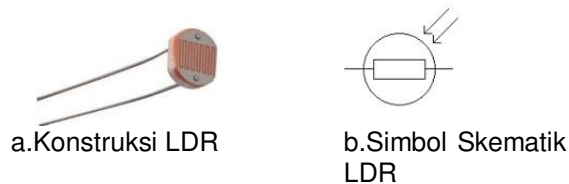
Solar cell merupakan pengkonversi energy matahari menjadi energy listrik dan tiap cell-nya akan menghasilkan daya (watt). Cell dihubungkan secara seri dan parallel pada modul. Modul sendiri didesain dengan berbagai bentuk untuk menyesuaikan tempat serta intensitas penerimaan cahaya matahari pada suatu tempat.

Energy matahari sendiri akan diserap lebih banyak jika solar cell menghadap langsung ke pancaran sinar matahari atau solar cell harus tegak lurus terhadap cahaya yang datang, sehingga daya yang dihasilkan akan lebih besar.

### LDR (Light Dependent Resistor)

*Light Dependent Resistor* (LDR) merupakan salah satu transduser yang sangat peka terhadap cahaya. Komponen ini dapat mendeteksi cahaya yang dipancarkan dan akan menyebabkan mengecilnya tahanan LDR.

Bila cahaya yang mengenai LDR meredup maka nilai tahanan LDR menjadi standart atau semakin membesar. Kondisi inilah yang dapat diaplikasikan pada PV Tracker agar dapat beroperasi secara maksimal.



Gambar 2. Bentuk LDR

Sensitivitas LDR berhubungan dengan cahaya yang mengenai dan hasil output sinyalnya. Menurut Sipel (1989), Resistansi LDR pada intensitas tertentu ditentukan dengan persamaan (1) :

$$R_H = \rho_H \frac{w}{l} \quad (1)$$

**Dimana :**

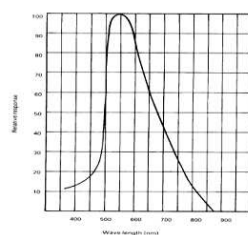
$R_H$  = Resistansi LDR pada intensitas cahaya di tingkat H

$\rho_H$  = Daya sensitivitas bahan LDR pada intensitas cahaya di tingkat H

$w$  = lebar celah elektroda

$l$  = panjang celah elektroda

Kecepatan respon pada LDR adalah pengukuran kecepatan saat LDR merespon perubahan cahaya dari terang ke gelap atau dari gelap ke terang. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik respon LDR terhadap panjang gelombang cahaya [2]

Seipel (1989) menjelaskan, waktu naik (*rise time*) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan konduktansi cahaya (*light conductance*) pada (sekitar 63%) dari nilai akhirnya. Waktu turun (*decay time*) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan

koonduktansi cahaya pada LDR (sekitar 37%) dari keadaan teriluminasi, dimana ! adalah bilangan Euler yang besarnya 2,718. Pada 1 fc (*fotocandela*) iluminasi, waktu respon sekitar 5ms sampai 100ms.

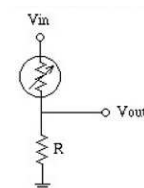
Kecepatan respon juga dipengaruhi oleh terang redupnya cahaya, sehingga pentimpanan LDR di ruang yang gelap akan menyebabkan respon lebih lambat daripada penyimpanan di ruang yang terang.

Dengan berubah-ubahnya nilai resistansi ada LDR yang disebabkan karena intensitas yang diterimanya, maka menyusun posisi sensor menghadap kepenjuru mata angin maka diharapkan dapat menentukan kondisi disekitar alat yang menentukan alat terhadap posisi matahari.



Gambar 4. Letak Sensor LDR

Pada setiap LDR akan menangkap cahaya matahari yang kemudian akan diubah besarnya menjadi nilai resistansi terbalik dengan kuat cahaya yang diterima. Nilai resistansi LDR ketika menerima cahaya matahari dengan intensitas yang terang adalah sekitar  $\pm 150\Omega$ . Sedangkan nilai resistansi ketika kondisi gelap sekitar  $\pm 4M\Omega$ .



Gambar 5. Konfigurasi rangkaian LDR

Dari gambar 5 LDR dan resistor  $200\Omega$  dikonfigurasi sebagai rangkaian pembagi tegangan dengan posisi LDR diatas, maka ketika ada cahaya, rangkaian akan menghasilkan tegangan keluaran dengan kisaran antara 0- 5 V. Perhitungan tegangan keluarannya adalah :

- Pada saat kondisi gelap dengan tahanan LDR  $4M\Omega$  serta diasumsikan menggunakan resistor  $200\Omega$ , maka :

$$V_{out} = \frac{200 \Omega}{200 \Omega + 4 M\Omega} \times 5 V = 0,0002499875 \approx 0V \quad (2)$$

- b. Pada saat kondisi terang dengan tahanan LDR  $150\Omega$  serta diasumsikan menggunakan resistor  $200\Omega$ , maka :

$$V_{out} = \frac{200\Omega}{200\Omega + 150\Omega} \times 5V = 2,857143V \quad (3)$$

Tegangan keluaran yang dihasilkan mempunyai *range* antara 0 – 5 volt, sehingga keluaran ini tidak memerlukan pengkondisi sinyal dan dapat langsung dipakai sebagai masukan pada ADC mikrokontroler ATmega8535.

### Metoda Fuzzy Logic (MFL)

Fuzzy Logic pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh seorang kebangsaan Iran yang menjadi guru besar di *University of California at Berkeley* pada tahun 1965. Jantzen (1998) menjelaskan *Metode Fuzzy Logic* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelegent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin.

*Metode Fuzzy Logic* digunakan karena dianggap memiliki ketelitian yang lebih tinggi dibanding dengan metode – metode yang lain. Fuzzy logic digunakan untuk meperhitungkan besar kecilnya radiasi matahari yang nantinya dapat diterima oleh solar cell.

### Fuzzyfikasi

Jantzen (1998) menjelaskan Proses fuzzyfikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variable linguistic (fuzzy).

### Aturan Dasar (Rule Base)

Dengan menggunakan *crisp* input dari sensor dan *crisp* output dari masing-masing keluaran, maka dapat dibuat aturan atau rules.

### Defuzzifikasi

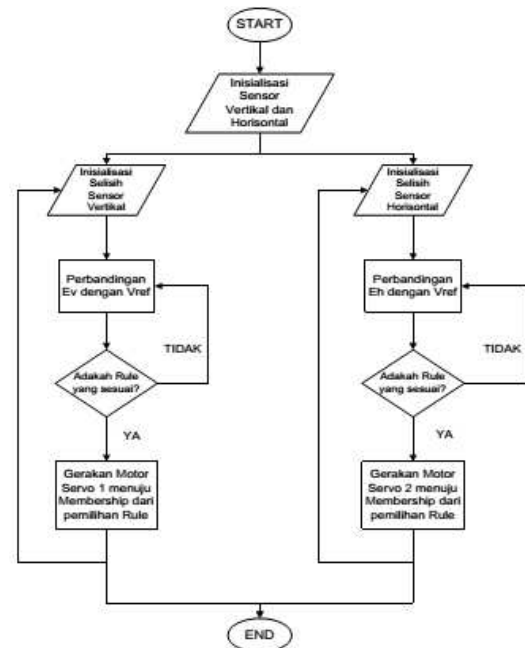
Defuzzifikasi yang digunakan dalam proyek akhir ini menggunakan penalaran fuzzy logic metode mamdani (*Centre of Area*). Metode ini dipilih karena dalam sistem dibutuhkan proses yang cepat dan berlangsung secara terus menerus. Penalaran fuzzy logic metode mamdani dapat ditunjukkan dengan persamaan dibawah ini (4).

$$v_0 = \frac{\sum_{k=1}^m vk \mu_k(vk)}{\sum_{k=1}^m \mu_k(vk)} \quad (4)$$

Dimana :

.vk = nilai dari proses AND antara input error  $d_H/d_V$

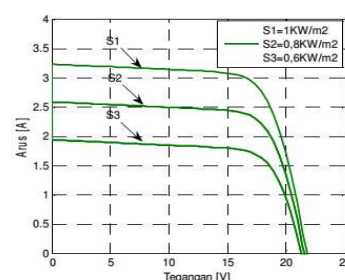
. $\mu_k(vk)$  = nilai single tone output



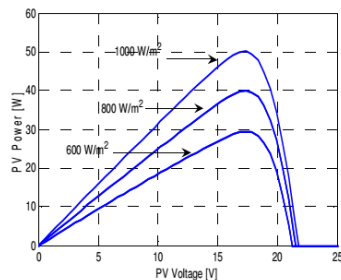
Gambar 6. Proses diagram alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

System terdiri dari solar cell dan menggunakan MPPT. Modul solar cell mempunyai tegangan nominal 17,25 V dan daya keluaran maksimumnya 50,17 W. Pengujian akan dilakukan tanpa MPPT dan dengan MPPT. Pengujian pada arus hubung singkat memberikan nilai resistansi yang besar dan pengujian dengan rangkaian terbuka akan memberikan nilai resistansi yang sangat kecil. Pengujian dengan MPPT dilakukan untuk mendapatkan kurva arus terhadap tegangan (I-V) dan kurva daya terhadap tegangan solar cell (P-V). Dan juga digunakan timer sederhana untuk membantu kerja LDR.



Gambar 7. Karakteristik I-V pada modul



Gambar 8. Karakteristik P-V pada modul

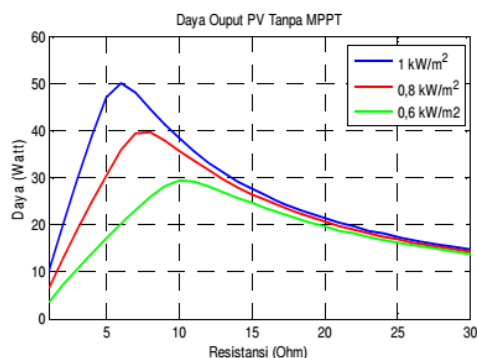
Pada gambar 8 terlihat titik puncak pada kurva yang menyatakan adanya daya yang maksimum dari solar cell. Daya maksimumnya sebesar 50,1 W sehingga solar cell mampu menghasilkan daya keluaran sebesar 50,1 W pada kondisi radiasi yang sangat besar. Daya ini berada pada tegangan 17,15 V sampai 17,25 V.

Pengujian dilakukan pada suhu 25°C dengan kondisi radiasi cell 0,6 kW/m<sup>2</sup>, 0,8 kW/m<sup>2</sup>, dan 1 kW/m<sup>2</sup> dan tahanan sebesar 30 Ω.

Berikut kurva perbedaan PV dengan dan tanpa MPPT.

Tabel 1. Besar Daya PV tanpa MPPT

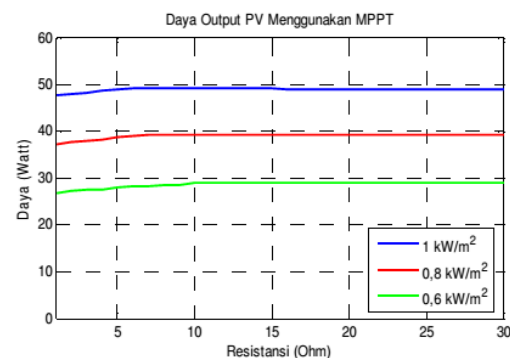
No	Tahanan (Ohm)	Radiasi cell (kW/m <sup>2</sup> )			Daya (Watt)
		1	0.8	0.6	
1	0	10	8	5	
2	5	47	30	18	
3	10	39	35	29	
4	15	28	27	25	
5	20	22	21	20	
6	25	18	17	16	
7	30	15	14	13	



Gambar 9. Karakteristik P-R tanpa MPPT

Tabel 2. Besar Daya PV dengan MPPT

No	Tahanan (Ohm)	Radiasi cell (kW/m <sup>2</sup> )			Daya (Watt)
		1	0.8	0.6	
1	0	27	37.5	48	
2	5	28	38	48.5	
3	10	28.5	38	48.6	
4	15	28.9	38	49	
5	20	29	38.5	49	
6	25	29	39	49	
7	30	29	39.5	49	



Gambar 10. Karakteristik P-R menggunakan MPPT

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dengan mengacu pada hasil pengujian dan analisa dapat disimpulkan bahwa solar cell yang menggunakan MPPT dengan Metoda Fuzzy Logic (MFL) dapat menghasilkan daya yang maksimum dan berkerja lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan MPPT. Keuntungan yang didapat dengan menggunakan MPPT pada solar cell ini mencapai hamper 99,3%.

## REFERENSI

- Jantzen, Jan. 1998. *Tutorial On Fuzzy Logic*. Technical University of Denmark, Department of Automation. Denmark.
- Mukund R. Patel. 1999. *Wind And Solar Power System..* Merchant Marine Academy Kings Point, New York
- Paul A. Lynn. 2010. *Electricity from Sunlight An Introduction to Photovoltaics* formerly Imperial College London.
- Rashid, Muhammad H. 2001. *Power Electroic Hnadbook*. Academic Press. New York.
- Seipel, Robert G. 1989. *Optoelectronics for Technicians and Engineering*. Prentice Hall College Div. New Jersey, USA.