

## RANCANG BANGUN MAXIMUM POWER POINT TRACKER (MPPT) DENGAN METODE PERTURB AND OBSERVE BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16

Dedi Aming<sup>1)</sup>

Yudi Prana Hikmat<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung

E-mail: [deam2k@yahoo.com](mailto:deam2k@yahoo.com)<sup>1)</sup>, [yudipranahikmat@yahoo.com](mailto:yudipranahikmat@yahoo.com)<sup>2)</sup>

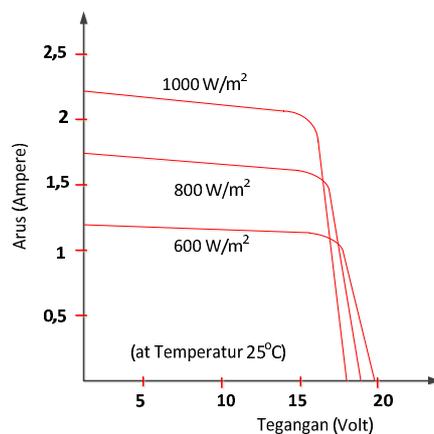
### Abstrak

*Solar Cell* merupakan suatu sel yang terdiri dari lapisan semikonduktor yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi daya listrik. Besarnya daya yang dihasilkan *solar cell* bergantung pada intensitas cahaya matahari dan temperatur yang mengenai permukaannya. Intensitas cahaya matahari dan temperatur selalu mengalami perubahan setiap waktu. Daya *output* yang dihasilkan tidak selalu berada di titik daya maksimum. Untuk menghasilkan *output* daya maksimum maka digunakan algoritma *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* yang dapat menjejak titik daya maksimum pada kurva P-V yang dihasilkan *solar cell*. grafik perubahan daya terhadap perubahan tegangan. MPPT yang dirancang adalah MPPT dengan metode *Perturb And Observe*. Metode ini telah tertulis dalam jurnal internasional dan merupakan metoda yang sederhana namun memiliki efektifitas yang tinggi dalam menjejak daya maksimum *solar cell*. Dengan MPPT ini maka *solar cell* terus menghasilkan daya *output* maksimum pada setiap perubahan intensitas dan temperatur. Berdasarkan hasil pengujian, MPPT dapat meningkatkan daya *ouput solar cell* sampai 25%, artinya daya yang dihasilkan *solar cell* ketika menggunakan MPPT lebih tinggi sampai 25% dibandingkan ketika tanpa MPPT.

**Kata kunci :** Solar cell, MPPT, Metoda Perturb and Observe, Daya Output

### Pendahuluan

Matahari merupakan energi yang tidak akan pernah habis selama bumi ini masih bergerak. Seluruh penjuru bumi disinari merata oleh matahari, sehingga pemanfaatan energi matahari sebagai penghasil energi listrik bisa dilakukan di tempat manapun yang memperoleh cahaya matahari. Dalam hal penghasil energi listrik menggunakan cahaya matahari yang akan dibahas dalam tulisan ini adalah penghasil listrik menggunakan Solar Cell. Solar Cell merupakan kumpulan semikonduktor yang akan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar Cell sudah banyak digunakan di Indonesia sebagai penghasil energi listrik, namun perlu diketahui bahwa intensitas cahaya matahari berbeda-beda setiap waktunya, sehingga arus dan tegangan yang dihasilkan solar cell pun berbeda-beda mengikuti karakteristik intensitas cahaya matahari.



Gambar 1 Pengaruh tempertur terhadap tegangan output solar cell

Gambar 1 menunjukkan bahwa arus output solar cell berubah-ubah sesuai intensitas cahaya matahari dan tegangan berubah sesuai temperatur matahari yang diserap. Hal inilah yang menyebabkan daya output solar cell berubah-ubah. Perubahan daya ini terjadi berdasarkan kurva P-V. Pada titik tertentu daya berada dititik maksimum dan pada titik berikutnya sesuai dengan perubahan intensitas dan temperatur daya berada diluar titik maksimum ( lebih kecil). Untuk mengatasi agar daya output selalu berada dititik maksimum maka diperlukan suatu algoritma penjejak titik daya maksimum. Algoritma inilah yang diaplikasikan pada perangkat *Maximum Power Point Tracker* (MPPT)

**Maximum Power Point Tracker**

*Maximum Power Point Tracker* atau yang disebut sebagai MPPT adalah suatu sistem elektronik yang berfungsi untuk melacak daya maksimum pada output *solar cell*, MPPT bukanlah sistem mekanik tetapi sistem pelacakan elektronik menggunakan kontrol digital yang memusatkan pada titik tertentu berdasarkan karakteristik arus dan tegangan pada *solar cell*.

MPPT umumnya terdiri dari *DC-DC Converter* dan kontrol digital. Ada beberapa jenis *DC converter*, diantaranya adalah *buck converter*. Converter yang akan digunakan dalam rancangan ini adalah *buck converter*.

Kontrol digital MPPT dirancang menggunakan perangkat mikrokontroler dengan memanfaatkan fasilitas ADC dan PWM. Tegangan dan arus dihasilkan solar cell akan masuk pada input ADC dan dikeluarkan dalam bentuk PWM. PWM ini memiliki satuan *duty cycle* dalam persen. Besar kecilnya *duty cycle* inilah yang akan menentukan besar kecilnya daya output.

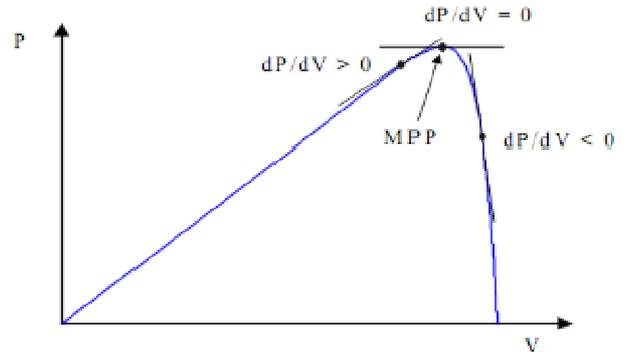
**Algoritma MPPT**

Dalam perancangan ini metoda yang digunakan adalah *perturb And Observe* (P&O). Metoda ini merupakan metoda yang paling simpel dan sederhana namun memiliki efektifitas yang tinggi.

Metoda ini mengacu pada karakteristik P-V dari sel surya seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Terdapat tiga jenis titik yang berada pada tiga posisi, disebelah kiri puncak  $dP/dV > 0$ , dipuncak  $dP/dV = 0$  dan disebelah kanan puncak  $dP/dV < 0$ .

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa disebelh kiri MPP perubahan daya terhadap perubahan tegangan  $dP/dV > 0$ , sementara disebelh kanan  $dP/dV < 0$ . Jika tegangan kerja sel surya diganggu (*perturbed*) dan berada pada  $dP/dV > 0$ , hal

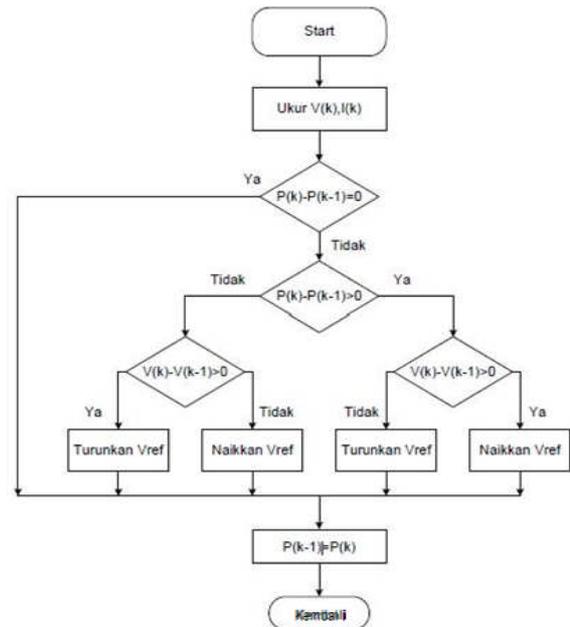
tersebut diketahui bahwa gangguan (*perturbation*) dilakukan untuk memindahkan tegangan kerja sel surya maju kearah MPP. Jika  $dP/dV < 0$ , kemudian perubahan titik kerja mengarahkan sel surya jauh dari MPP, maka algoritma P&O membalik arah gangguan.



Gambar 2 posisi  $dP/dV$  yang berbeda pada kurva daya sel surya

Titik daya maksimum yang dihaikkan *solar cell* berada pada titik MPP, dimana jika tanpa algoritma MPPT maka daya output tidak terkontrol sehingga daya berada diluar titik MPP. Dengan adanya algoritma MPP maka daya output terus diamati dan dijejak sehingga titik daya maksimum.

Gambar 3 berikut ini adalah diagram alir MPPT *perturb and Observed*.



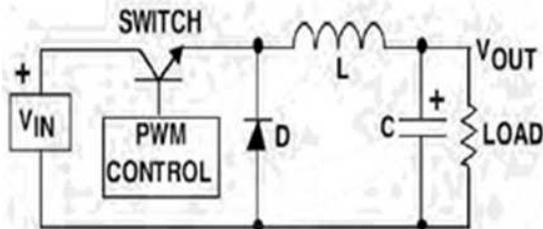
Gambar 3 diagram alir MPPT *Perturb And Observed*

Diskripsi kerja:

1. Mendeteksi arus dan tegangan> Jika daya sekat\rang  $\{P(k)\}$  sama dengan daya sebelumnya  $\{P(k-1)\}$  maka PWM dikeluarkan.
2. Jika daya sekarang lebih besar dari daya sebelumnya, maka lihat nilai tegangan. Jika nilai tegangan saat ini  $\{V(k)\}$  lebih besar dari tegangan sebelumnya  $\{P(k-1)\}$ , maka *duty cycle* dinaikkan, demikian juga jika daya saat ini lebh kecil, maka *duty cycle* diturunkan.
3. Jika daya saat ini lebih kecil dari daya sebelumnya, maka lihat nilai tegangan, jika tegangan saat ini lebih besar dari tegangan sebelumnya, maka *duty cycle* diturunkan, demikian juga jika tegangan saat ini lebh kecil, maka *duty cycle* dinaikkan.

**Buck Converter**

Salah satu bagian dari MPPT adalah DC-DC Converter. Dalam percobaan ini converter yang digunakan adalah DC-DC Converter *jenis buck converter*. *Buck converter* adalah suatu converter yang berfungsi untuk meregulasi tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah levelnya. Rangkaian *buck converter* ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian *Buck Converter*

Ada 4 komponen utama dari *buck converter*, yakni mosfet sebagai saklar, induktor, dioda, kapasitor sebagai filter dan resistor yang diasumsikan sebagai beban. Selain komponen tersebut ada komponen lain berupa *optocoupler* yang terpisah dari rangkaian *buck* ini. Mosfet digunakan sebagai *power* komponen dan kontrol *switching* yang menggunakan PWM, dimana *Switching* diaplikasikan dengan perbandingan waktu  $T_{ON}$  (saat saklar ON) dan  $T$  (Waktu dalam satu perioda =  $T_{ON} + T_{OFF}$ ) atau yang lebih dikenal dengan nama *duty cycle* (D). Perbedaan nilai *duty cycle* ini akan menyebabkan perubahan *duty ratio* pada komponen lain sehingga menyebabkan perubahan tegangan output dan tentunya tegangan output menjadi lebh kecil.

**Perancangan**

**Spesifikasi MPPT**

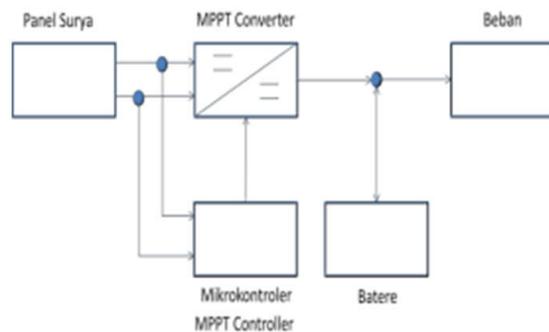
Spesifikasi MPPT yang dirancang adalah seperti tabel\_1 dibawah ini:

Tabel\_1  
Spesifikasi MPPT

Spesifikasi	Nilai
Tegangan input Maksimum	20 Vdc
Arus input maksimum	3A
Tegangan output	14-17 Vdc
Arus output maksimum	5 A
Daya output maksimum	50 W
Output beban	Pengisian batere 12 V Kapasitas minimum 20AH
Supply Ekternal	12 Ddc

**Spesifikasi MPPT**

Perancangan umum dari rangkaian MPPT terdiri dari panerl surya, DC-DC *Converter*, MPPT *controller* dan Output yang disimulasikan untuk mengisi batere. Rangkaian secara umum dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5 Diagram blok MPPT

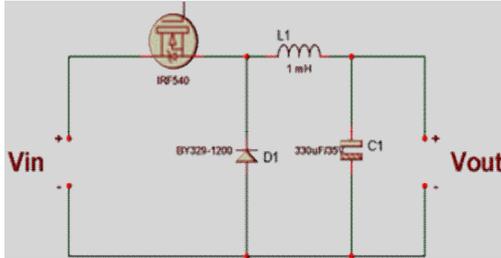
Panel surya yang digunakan memiliki spesifikasi seperti pada tabel 2 dibawah ini,

Tabel\_2  
Spesifikasi Panel surya

Model	WN 50
Max power	50 W
Max power voltage	17,5 V
Max power current	2,86 A
Open circuit voltage	21,5 V
Short circuit current	3,31 A
Dimension	835 x 518 x 30 mm
Berat	53 kg
Standart condition rest	AMJ 5,23° C,

**Perancangan *buck converter***

*Buck converter* terdiri dari komponen mosfet, optocoupler, induktor, dioda dan kapasitor. Rangkaian *Buck converter* yang dirancang adalah seperti gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Rangkaian *buck converter*

Spesifikasi *buck converter* dapat dilihat pada tabel\_3 dibawah ini.

Tabel\_3  
Spesifikasi *buck converter*

Spesifikasi	Nilai
Tegangan input Maksimum	20 Vdc
Arus input maksimum	3A
Arus output maksimum	5 A
Frekuensi Switching	31 khz
Tegangan output	12 – 16 Volt

Parameter-parameter yang ditetapkan adalah:

1. Duty cycle yang diperlukan:

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} \Rightarrow \frac{14}{20} = 0.7$$

2. Waktu perioda

$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{31000} = 32,25 \mu s$$

3. Waktu ON dan OFF untuk mosfet

$$t_{on} = DT \Rightarrow 0.7 \times 32,25 \times 10^{-6} = 22,5 \mu s$$

$$t_{off} = (1-D)T \Rightarrow (1-0.7)(32,25 \times 10^{-6})$$

$$= 9,7 \mu s$$

4. Resistansi ekuivalen

$$R = \frac{V_o^2}{P} \Rightarrow \frac{14^2}{50} = 3.92 \Omega$$

$$L_{min} = \frac{1-D}{2f} R \Rightarrow \left( \frac{1-0.7}{2 \times 31000} \right) (3.92)$$

$$= 18,96 \mu H$$

5. Nilai induktor yang digunakan pada perancangan ini adalah 19  $\mu H$  dengan arus 5A

6. Nilai kapasitor dengan asumsi ripple tegangan sebesar 4%

$$C = \frac{1-D}{8L \frac{dV_o}{V_o} f^2} \Rightarrow \frac{1-0.7}{8 \times 18,96 \times 10^{-6} \times 0.04 \times 31000^2} = 51,45 \mu F$$

Nilai kapasitor yang digunakan adalah 330  $\mu F/35V$

Berdasarkan rumus yang sama dengan perhitungan nilai kapasitor diatas, jika digunakan induktor dengan nilai 1 mH dan kapasitor dengan 330  $\mu F/35V$ , maka besar ripple tegangan adalah:

$$C = \frac{1-D}{8L \frac{dV_o}{V_o} f^2} \Rightarrow \frac{1-0.7}{8 \times 10^{-3} \times \frac{dV_o}{V_o} \times 31000^2} = 330 \mu F$$

$$= 0,00011 \%$$

7.  $\frac{dV_o}{V_o}$  tentukan mosfet

$$\text{switching} = V_{in} \text{ maks} = 20 \text{ Volt}$$

Mosfet yang digunakan adalah tipe IRF540 dengan spesifikasi berdasarkan datasheet adalah:

$$V_{DSS} = 100 \text{ Volt}$$

$$I_D = 22 \text{ A}$$

$$R_{DS(ON)} = 0,077 \Omega$$

8. Menentukan Dioda

$$I_D = I_o \text{ maks} = 2,8 \text{ A}$$

Dioda yang digunakan adalah dioda dengan rating 6A

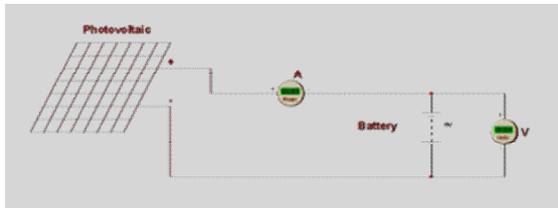
Berdasarkan semua perhitungan maka komponen-komponen yang digunakan pada perancangan *buck converter* adalah sesuai dengan tabel\_4 dibawah ini.

No	Nama Komponen	Spesifikasi
1	Mosfet	IRF540
2	Optocoupler	IC TLP 250
3	Dioda	BY329-1200
4	Induktor	1 mH / 5A
5	kapasitor	330 $\mu F$ / 35V

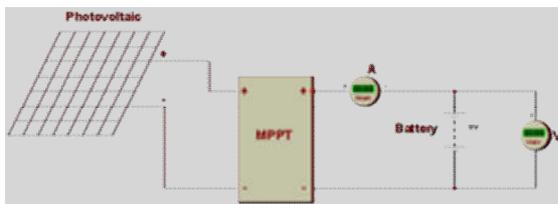
### Pengujian MPPT

Pengujian ini dilakukan dengan dua tahap, yakni pengujian tanpa MPPT dan pengujian dengan menggunakan MPPT. Pengujian melibatkan panel surya sebagai sumber input, ampermeter, voltmeter

digital, osiloskop dan batere sebagai beban pada output.



Gambar 7 Rangkaian pengujian tanpa MPPT



Gambar 8 Pengujian dengan MPPT

Pengujian pertama dilakukan pada pukul 14.00 dalam keadaan matahari yang tertutup awan tipis, didapat data-data sebagai berikut:

Tanpa MPPT:

$$V_o = 12,67 \text{ Volt}$$

$$I_o = 0,8 \text{ A}$$

$$P = V_o \times I_o = 12,67 \times 0,8 \text{ A} = 10,13 \text{ Watt}$$

Dengan MPPT:

$$V_o = 12,67 \text{ Volt}$$

$$I_o = 1 \text{ A}$$

$$P = V_o \times I_o = 12,67 \times 1 \text{ A} = 12,67 \text{ Watt}$$

Selisih daya antara percobaan tanpa MPPT dengan percobaan menggunakan MPPT adalah sekitar 2,54 Watt. Artinya MPPT dapat menaikkan daya atau efisiensi *solar cell* sebesar 25%.

Pengujian kedua dilakukan pada pukul 13.00 pada hari berikutnya dalam keadaan matahari cerah dan tidak tertutup awan, didapat data-data sebagai berikut:

Tanpa MPPT:

$$V_o = 12,22 \text{ Volt}$$

$$I_o = 2 \text{ A}$$

$$P = V_o \times I_o = 12,22 \times 2 \text{ A} = 24,44 \text{ Watt}$$

Dengan MPPT:

$$V_o = 13,26 \text{ Volt}$$

$$I_o = 2 \text{ A}$$

$$P = V_o \times I_o = 13,26 \times 2 \text{ A} = 26,52 \text{ Watt}$$

Selisih daya antara percobaan tanpa MPPT dengan percobaan menggunakan MPPT adalah 2,08 Watt. Dalam pengujian ini MPPT menaikkan daya 8%.

Tabel\_5  
Hasil pengujian efisiensi MPPT

Waktu Pengujian	Tanpa MPPT			Dengan MPPT		
	$V_o$ (V)	$I_o$ (A)	$P_o$ (W)	$V_o$ (V)	$I_o$ (A)	$P_o$ (W)
Pengujian 1	12,7	0,8	10,16	12,7	1	12,7
Pengujian 2	12,22	2	24,44	13,26	2	26,52

Dua pengujian ini menunjukkan bahwa MPPT menaikkan efisiensi *solar cell* antara 8% sampai 25% dikarenakan pada saat pengujian, MPPT terus menjejak titik daya maksimum yang dihasilkan *solar cell*. Data yang didapat ini adalah penjejukan rata-rata oleh MPPT.

MPPT dapat terusmenjejak lebih tinggi jika diamati lebih lama. Hal ini membuktikan bahwa kinerja MPPT sudah cukup berhasil dalam meningkatkan daya output *solar cell*.

### Kesimpulan

Berdasarkan semua hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Arus yang dihasilkan *solar cell* berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari maka arus yang dihasilkan akan semakin besar.
2. Besarnya intensitas cahaya matahari berubah-ubah tiap waktu. Intensitas terbesar berada pada siang hari saat matahari tegak lurus dengan permukaan bumi di tempat pengukuran
3. Semakin besar arus yang dihasilkan *solar cell* akan memenuhi kebutuhan beban, maka nilai tegangan akan semakin turun. Hal ini dikarenakan adanya hambatan dalam yang didefinisikan sebagai tahanan seri dalam *solar cell*.
4. Maximum Power Point Tracker yang dirancang telah berhasil bekerja sesuai fungsinya, yakni sebagai penjejak titik daya maksimal pada *solar cell* walaupun belum dapat menjejak daya maksimal dengan sempurna. MPPT yang dirancang hanya dapat meningkatkan daya output *solar cell* sebesar 25%.

### Daftar Pustaka

- Sugiharto, Danie Novin. Implementasi Algoritma *Maximum Power Point Tracking* pada panel Photovoltaik menggunakan metoda Perturb & Observe, Jakarta : Universitas Indonesia, 2010.
- Faishal, Muhamad. Rancang bangun *Maximum Power Point Tracker (MPPT)* menggunakan metoda

*incremental Conductance.* Bandung:  
POLBAN, 2012

<http://www.solarpanel.co.id> (2011)

<http://www.panelsurya.blogspot.com>

Widodo, Rugianto, Asmuniv dan Purnomo Sejati.  
*Maximum Power Point Tracking* Sel Surya  
menggunakan algoritma *Perturb And*  
*Observe*. Surabaya: PENS-ITS.

<http://www.linksukses.com/2011/06/regulator-tegangan-dengan-OP-AMP>

Hadi, Mokh. Sholihul. Mengenal mikrokontroler  
AVR ATmega16. Malang: Universitas  
Brawijaya, 2003

[www.datasheet.com](http://www.datasheet.com)