

# Pemodelan dan Simulasi Panel Surya Dengan Teknik MPPT

**Mohammad Taufik**

Departemen Teknik Elektro FMIPA Universitas Padjadjaran

e-mail : m.taufik@unpad.ac.id

**Nendi Suhendi Syafei, Bernard Y Tumbelaka**

Departemen Teknik Elektro FMIPA Universitas Padjadjaran

## **Abstrak**

Makalah ini menyajikan pemodelan dan simulasi panel surya dengan teknik maximum power point tracker (MPPT). Panel surya dimodelkan dengan rangkaian yang terdiri atas sumber arus, dioda, dan resistansi seri. Dua algoritma MPPT yaitu *Perturb & Observe (P&O)* dan *Incremental Conductance (IncCond)* disimulasikan dengan menggunakan Matlab dan Simulink dengan data radiasi yang sebenarnya. Hasil simulasi menunjukkan efisiensi 99,3% untuk algoritma P&O dan 99,4% untuk algoritma IncCond. Hasil memvalidasi bahwa MPPT dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi panel surya dibandingkan dengan tanpa MPPT.

**Kata Kunci:** energi terbarukan, algoritma MPPT, efisiensi.

## **Abstract**

*This paper presents modeling and simulation of a solar panels with maximum power point tracker (MPPT) technique. The model consists of a current source, a diode, and a series resistance. Two MPPT algorithms are the Perturb & Observe (P & O) and Incremental Conductance (IncCond) simulated using Matlab and Simulink with actual irradiance data. The simulation results show the efficiency of 99.3% for the P&O algorithm and 99.4% for the IncCond algorithm. The results further validate that MPPT can significantly improve efficiency of solar panels compared to without MPPT.*

**Keywords:** renewable energy, MPPT algorithms, efficiency.

## **PENDAHULUAN**

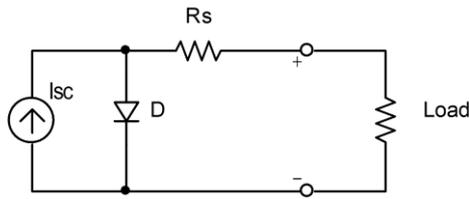
Beberapa permasalahan energi listrik di Indonesia, antara lain : (a) Konsumsi energi listrik terus meningkat yaitu sebesar 7% per tahun [1]. Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik ternyata tidak diimbangi dengan produksi listrik yang memadai. (b) Rasio elektrifikasi tahun 2015 baru mencapai 85,1% [1]. Pelayanan listrik baru menjangkau pemukiman di perkotaan, sementara wilayah pedesaan masih banyak yang belum terjangkau listrik.

Energi Baru Terbarukan (EBT) merupakan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan energi fosil yang jumlahnya semakin berkurang. Pemanfaatan EBT bertujuan sebagai upaya mitigasi dampak emisi karbon yang menyebabkan pemanasan global, upaya mitigasi resiko gejala kenaikan harga minyak dunia, dan upaya untuk sekuriti penyediaan listrik bagi generasi mendatang. EBT lebih *secure* dan lebih tinggi *environmental sustainability*nya.

Salah satu sumber EBT yang banyak dimiliki Indonesia adalah energi surya. Energi surya dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Penelitian ini telah memodelkan dan mensimulasikan efisiensi panel surya dengan menggunakan teknik MPPT (*Maximum Power Point Tracker*).

## **METODE**

Panel Surya yang dipilih adalah sel surya 72 multi-kristal silikon susunan seri yang memberikan daya maksimum 150 W [2]. Penelitian lain menunjukkan model listrik dari panel surya dengan kompleksitas moderat, yang ditunjukkan pada Gambar 1, memberikan hasil yang sangat akurat [3]. Model ini terdiri atas sumber arus ( $I_{SC}$ ), dioda (D), dan resistansi seri ( $R_S$ ). Pengaruh resistansi paralel ( $R_P$ ) sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Untuk membuat model yang lebih baik, harus menyertakan efek suhu pada saat arus hubung singkat ( $I_{SC}$ ) dan arus saturasi balik dioda ( $I_0$ ). Ini menggunakan dioda tunggal dengan faktor dioda ideal (n) yang mengatur untuk mencapai kurva I-V yang terbaik.



**Gambar 1.** Rangkaian Ekuivalen digunakan dalam simulasi Matlab

Persamaan berikut ini menjelaskan hubungan arus-tegangan dari sel surya [3] :

$$I = I_{sc} - I_o \left[ e^{q \left( \frac{V + I R_s}{nkT} \right)} - 1 \right] \quad (1)$$

dengan: I adalah arus sel = arus modul, V adalah tegangan sel = {modul tegangan} ÷ {# sel dalam seri}, T adalah suhu sel dalam Kelvin. Arus hubung singkat ini ( $I_{sc}$ ) pertama kali dihitung pada suhu sel yang diberikan (T) :

$$I_{sc} |_T = I_{sc} |_{T_{ref}} \cdot [1 + a(T - T_{ref})] \quad (2)$$

dengan:  $I_{sc}$  di  $T_{ref}$  diberikan dalam *datasheet* (diukur dalam radiasi  $1000 \text{ W/m}^2$ ),  $T_{ref}$  merupakan suhu referensi sel surya dalam Kelvin, biasanya  $298\text{K}$  ( $25^\circ\text{C}$ ), dan koefisien suhu  $I_{sc}$  dalam perubahan persen per derajat suhu juga diberikan dalam *datasheet*. Arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) sebanding dengan jumlah radiasi.  $I_{sc}$  pada radiasi yang diberikan (G) adalah :

$$I_{sc} |_G = \left( \frac{G}{G_o} \right) I_{sc} |_{G_o} \quad (3)$$

dengan:  $G_o$  adalah nilai nominal radiasi, yang biasanya  $1 \text{ KW/m}^2$ . Arus balik saturasi dioda ( $I_o$ ) pada suhu acuan ( $T_{ref}$ ) diberikan di bawah ini dengan menambahkan faktor dioda ideal :

$$I_o = \frac{I_{sc}}{(e^{qV_{oc}/nkT} - 1)} \quad (4)$$

Arus balik saturasi ( $I_o$ ) tergantung suhu dan  $I_o$  pada temperatur tertentu (T) dihitung dengan persamaan :

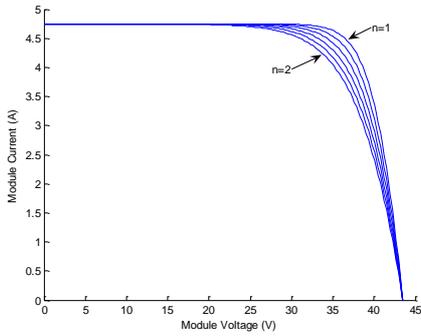
$$I_o |_T = I_o |_{T_{ref}} \cdot \left( \frac{T}{T_{ref}} \right)^3 \cdot e^{-\frac{q \cdot E_g}{nk} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)} \quad (5)$$

Faktor dioda ideal (n) tidak diketahui dan harus diestimasi. Dibutuhkan nilai antara satu dan dua. Namun, nilai  $n = 1$  (untuk dioda ideal) digunakan sampai nilai lebih akurat diperkirakan oleh kurva *fitting*. Efek dari berbagai faktor ideal disimulasikan di Matlab seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Resistansi seri ( $R_s$ ) dari modul surya memiliki dampak besar pada kemiringan kurva I-V mendekati tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Oleh karena itu, nilai  $R_s$  dihitung dengan mengevaluasi kemiringan kurva I-V di  $V_{oc}$ . Persamaan untuk  $R_s$  berasal :

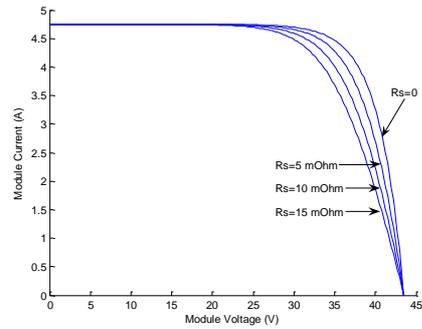
$$R_s = -\frac{dI}{dV} - \frac{nkT/q}{I_o \cdot e^{q \left( \frac{V + I R_s}{nkT} \right)}} \quad (6)$$

Untuk tegangan rangkaian terbuka,  $V = V_{oc}$  (juga = 0) :

$$R_s = -\frac{dV}{dI} \Big|_{V_{oc}} - \frac{nkT/q}{I_o \cdot e^{\frac{qV_{oc}}{nkT}}} \quad (7)$$



**Gambar 2.** Pengaruh faktor dioda ideal

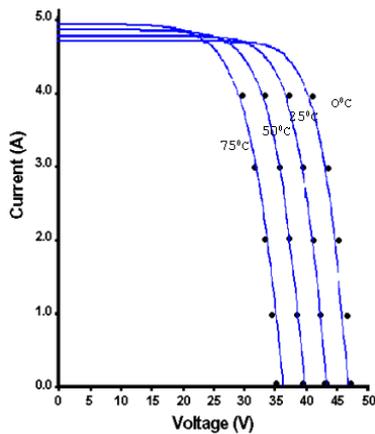


**Gambar 3.** Pengaruh resistansi seri

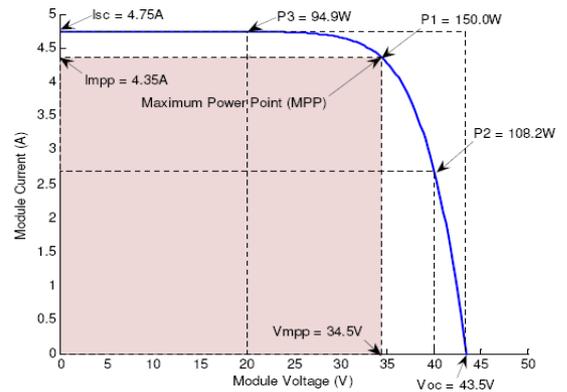
Akhirnya, persamaan karakteristik I-V terpecahkan. Solusinya bersifat rekursif dengan dimasukkannya resistansi seri dalam model. Metode Newton dipilih untuk mencapai solusi konvergensi seperti yang ditunjukkan di bawah ini :

$$I_{n+1} = I_n - \frac{I_{sc} - I_n - I_o \left[ e^{q \left( \frac{V + I_n \cdot R_s}{nkT} \right)} - 1 \right]}{-1 - I_o \left( \frac{q \cdot R_s}{nkT} \right) e^{q \left( \frac{V + I_n \cdot R_s}{nkT} \right)}} \quad (8)$$

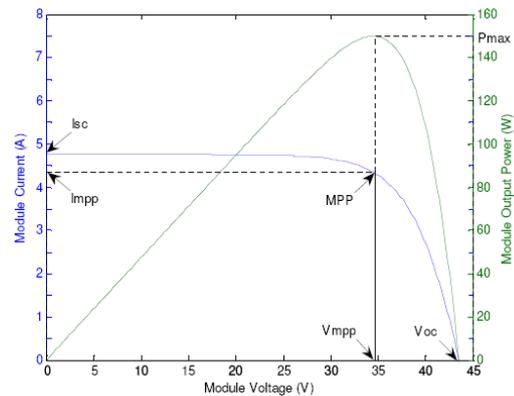
Gambar 4 menunjukkan karakteristik I-V dari berbagai suhu panel surya dengan simulasi Matlab dan memberikan hubungan yang sesuai untuk data dari *datasheet* pabrikan. Gambar 5 menggambarkan titik pada kurva I-V yang menghasilkan daya maksimum. Titik ini disebut titik daya maksimum (MPP), di mana modul beroperasi dengan efisiensi maksimum dan menghasilkan daya output maksimum. Hal ini dimungkinkan untuk memvisualisasikan posisi MPP dengan tepat pada persegi panjang terbesar dalam kurva I-V seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6, dan wilayahnya sama dengan daya output yang merupakan perkalian dari tegangan dan arus. Ini menunjukkan bahwa jumlah listrik yang dihasilkan oleh modul surya sangat bervariasi tergantung pada kondisi operasi.



**Gambar 4.** Kurva I-V untuk berbagai suhu



**Gambar 5.** Simulasi kurva I-V panel surya



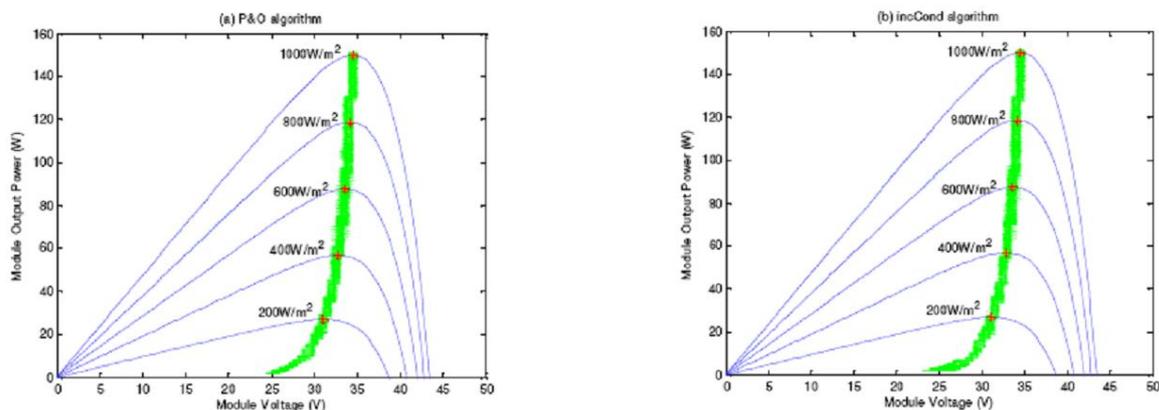
**Gambar 6.** Hubungan I-V dan P-V panel surya

## HASIL DAN PEMBAHASAN

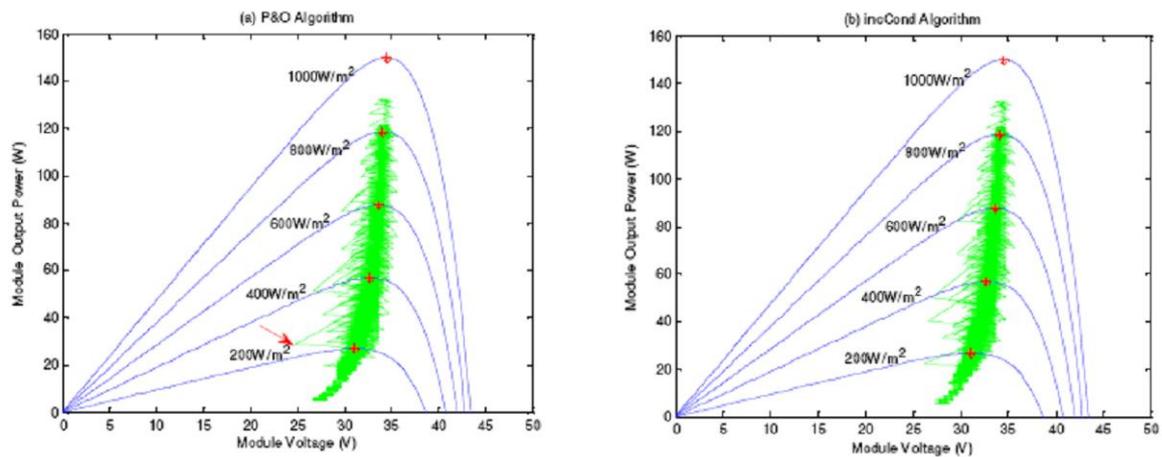
Posisi MPP dalam kurva I-V tidak diketahui sebelumnya dan selalu berubah secara dinamis, tergantung pada radiasi dan suhu. Oleh karena itu, MPP perlu dilacak dengan algoritma. Ada beberapa metode yang telah diusulkan. Di antara algoritma yang berbeda adalah *Perturb & Observe (P & O)* dan *Incremental Conductance (IncCond)*.

Pada hari yang cerah, perubahan tingkat radiasi secara bertahap karena tidak ada pengaruh awan. Pelacakan MPP seharusnya mudah. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 7, kedua algoritma mencari dan mempertahankan titik operasi panel surya sangat dekat dengan MPP tanpa banyak perbedaan dalam kinerja.

Pada hari berawan, tingkat radiasi berubah cepat karena awan yang lewat. Pelacakan MPP seharusnya menantang. Gambar 8 menunjukkan jejak titik operasi panel surya untuk algoritma (a) P & O dan (b) IncCond. Untuk kedua algoritma, penyimpangan titik operasi dari MPP lebih jelas jika dibandingkan dengan hasil pada hari yang cerah. Gambar 8 menunjukkan bahwa algoritma P & O memiliki penyimpangan sedikit lebih besar secara keseluruhan dan beberapa perilaku tidak menentu (seperti deviasi besar ditunjukkan oleh panah merah). Hasil simulasi menunjukkan efisiensi 99,3% untuk algoritma P & O dan 99,4% untuk algoritma IncCond. Hasil eksperimen menunjukkan masing-masing 96,5% dan 97,0% untuk hari berawan.



**Gambar 7.** Pelacakan MPP pada hari yang cerah



**Gambar 8.** Pelacakan MPP pada hari berawan

## PENUTUP

### Simpulan

Simulasi model yang dikembangkan dari sistem menunjukkan bahwa model panel surya menggunakan rangkaian ekuivalen dalam kompleksitas moderat memberikan pencocokan baik dengan panel surya nyata. Selanjutnya, simulasi juga dilakukan untuk membandingkan dua algoritma MPPT menggunakan data radiasi yang sebenarnya dalam dua kondisi cuaca yang berbeda. Algoritma *IncCond* menunjukkan lebih baik kinerja dalam hal efisiensi dibandingkan dengan algoritma P & O di bawah kondisi cuaca berawan. Hasil memvalidasi manfaat dari MPPT yang secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi produksi energi dari panel surya dibandingkan dengan sistem tanpa MPPT.

### DAFTAR PUSTAKA

<http://energitoday.com/2015/08/2015-rasio-elektifikasi-capai-851/> (akses 23 Januari 2016)

UNEP “Water Policy and Strategy” (viewed on [www.unep.org/dpdl/water/](http://www.unep.org/dpdl/water/) , August 2005)

Thompson, Marry A. *Reverse-Osmosis Desalination of Seawater Powered by Photovoltaics Without Batteries* Doctoral Thesis, Loughborough University, 2003