

Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak)

Kho Hie Khwee

Laboratorium Konversi Energi
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura
e-mail : khohiekhwee@yahoo.com

Abstract– Panel surya pada umumnya terbuat dari bahan yang mampu menyerap energi foton dari radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Energi panas dari radiasi matahari juga ikut terserap sehingga menaikkan temperatur sel-sel surya. Temperatur lingkungan sekitar panel surya juga memiliki kontribusi dalam perubahan temperatur pada sel-sel surya. Akibat kenaikan temperatur, maka daya listrik yang diproduksi oleh panel surya menjadi berkurang. Untuk kondisi Pontianak, terjadi pengurangan daya listrik sebesar $-0.7113W/^{\circ}C$ jika menggunakan panel surya jenis monokristalin.

Keywords– daya listrik, panel surya, radiasi matahari, temperatur.

1. Pendahuluan

Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya. Pada umumnya sel surya terbuat dari bahan silikon yang memiliki sifat sebagai penyerap energi radiasi matahari yang sangat baik. Selama panel surya beroperasi di bawah sinar matahari, energi radiasi matahari dikonversi menjadi energi listrik dan terjadi peningkatan temperatur sel-sel surya.

Menurut penelitian King dkk [1], Del Cueto [2], dan Myers [3], perubahan temperatur sel-sel surya ini diakibatkan oleh temperatur, kondisi awan dan kecepatan angin di lingkungan sekitar daerah penempatan panel surya.

Qiang dan Nan dalam penelitiannya [4] menunjukkan adanya pengaruh temperatur terhadap karakteristik arus-tegangan (I-V) pada panel surya. Dengan menurunnya temperatur, arus listrik dalam panel surya sedikit menurun. Bahkan perubahan temperatur yang sangat cepat dan ekstrim dapat menyebabkan terganggunya produksi listrik pada suatu Pembangkit Listrik Tenaga Surya [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perubahan kapasitas produksi listrik panel surya 1kw akibat perubahan temperatur untuk radiasi matahari di wilayah Kalimantan Barat.

2. Model Daya Listrik Panel Surya Terhadap Temperatur

Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$P_{PV} = P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left(\frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) \quad (1)$$

di mana $P_{PV,STC}$ adalah kapasitas daya panel surya pada kondisi uji baku (kW), f_{PV} adalah factor susut (%), I_T adalah radiasi matahari global yang mengenai permukaan panel surya (kW/m^2), $I_{T,STC}$ radiasi matahari pada kondisi uji baku ($1 kW/m^2$), dan f_{temp} adalah factor susut akibat perubahan temperatur. Faktor susut adalah pengurangan daya luaran panel surya akibat debu/kotoran pada permukaan panel, rugi-rugi pengawatan, dampak bayangan yang menutupi panel, usia pakai, serta hal lain yang dapat menyebabkan daya luaran panel surya menyimpang dari kondisi ideal.

Faktor susut akibat perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$f_{temp} = [1 + \alpha_p (T_c - T_{c,STC})] \quad (2)$$

di mana α_p adalah koefisien temperatur daya ($\%/^{\circ}C$), T_c adalah temperatur sel surya ($^{\circ}C$), dan $T_{c,STC}$ adalah temperatur sel surya pada kondisi uji baku ($25^{\circ}C$).

Koefisien temperatur daya menunjukkan seberapa kuat pengaruh temperatur sel surya terhadap daya listrik luaran panel. Koefisien ini bernilai negative karena daya luaran panel surya berkurang jika temperatur sel surya meningkat. Besarnya nilai koefisien temperatur daya tergantung pada jenis panel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh temperatur terhadap daya listrik panel surya diabaikan.

Temperatur sel surya, T_c adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat mencapai $30^{\circ}C$ atau lebih di atas temperatur lingkungan sekitarnya. Untuk menghitung temperatur sel surya ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_c = T_a + I_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left(1 - \frac{\eta_c}{\tau \alpha} \right) \quad (3)$$

di mana T_a adalah temperatur daerah sekitar ($^{\circ}C$), $T_{c,NOCT}$ adalah temperatur nominal sel surya ($^{\circ}C$), $T_{a,NOCT}$ adalah temperatur daerah sekitar di mana temperatur nominal sel surya didefinisikan ($20^{\circ}C$), $I_{T,NOCT}$ adalah radiasi matahari pada temperatur nominal sel surya didefinisikan ($0.8 kW/m^2$), η_c adalah efisiensi konversi listrik panel surya (%), serta $\tau \alpha$ adalah tingkat penyerapan panel surya. Tingkat penyerapan panel surya merupakan rasio antara radiasi total yang terserap oleh panel surya terhadap radiasi total yang mengenai permukaan panel surya. Pada kondisi normal, panel surya harus mampu menyerap paling sedikit 90% dari radiasi matahari yang mengenainya.

Jika panel surya dikendalikan oleh perangkat penjejak titik daya maksimum, maka panel akan selalu bekerja pada titik daya maksimumnya dan efisiensi sel surya (y_c) selalu bernilai sama dengan efisiensi titik daya maksimumnya (y_{mp}). Penggunaan perangkat penjejak titik daya maksimum ini sangat direkomendasikan untuk meningkatkan kapasitas pembangkitan listrik oleh panel surya. Temperatur sel surya dengan perangkat penjejak titik daya maksimum dapat ditentukan sebagai berikut:

$$T_c = T_a + I_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left(1 - \frac{\eta_{mp}}{0.9} \right) \quad (4)$$

Karena y_{mp} tergantung kepada temperatur sel T_c , maka

$$\eta_{mp} = f_{temp} \eta_{mp,STC} \quad (5)$$

di mana $y_{mp,STC}$ adalah efisiensi panel surya pada titik daya maksimum di bawah kondisi uji baku (%). Pembuat panel surya pada umumnya menyediakan data-data $T_{c,NOCT}$, Γ_p , $y_{mp,STC}$ sebagai bagian daripada panel surya yang mereka produksi.

3. Studi pada Wilayah Pontianak

Intensitas radiasi matahari dan temperatur rata-rata wilayah Pontianak ditunjukkan dalam tabel 1. Intensitas radiasi matahari rata-rata tinggi terjadi pada bulan Februari – September. Sedangkan pada musim hujan yang terjadi di bulan Oktober – Januari intensitas matahari menurun dan terendah pada bulan Desember.

Tabel 1. Intensitas Matahari dan Temperatur Rata-rata Pontianak

Bulan	Intensitas Matahari (kWh/m ²)	Temperatur (°C)
Jan	0.1971	25.21
Feb	0.2138	25.39
Mar	0.2173	25.66
Apr	0.2137	26.04
Mei	0.2080	26.25
Jun	0.2095	26.31
Jul	0.2096	26.44
Agu	0.2172	26.86
Sep	0.2106	26.64
Okt	0.2053	26.04
Nov	0.1942	25.74
Des	0.1880	25.44

Dalam periode satu tahun, temperatur di wilayah Pontianak pada umumnya berkisar dalam rentang 23°C sampai 33°C dan sangat jarang di bawah 22°C atau di atas 34°C. Pada musim panas/kemarau temperatur harian rata-rata tertinggi adalah 33°C dan terendah 24°C. Sedangkan pada musim hujan temperatur harian rata-rata tertinggi 30°C dan terendah 23°C.

Panel surya yang digunakan dalam studi ini adalah jenis monokristalin dan memiliki spesifikasi seperti ditunjukkan dalam tabel 2.

Table 2. Spesifikasi Panel Fotovoltaik Monokristalin

$P_{PV,STC}$	1 kW
$y_{mp,STC}$	15.67%
$T_{c,NOCT}$	47°C
Γ_p	-0.43%/°C

Faktor penyusutan berdasarkan tingkat toleransi fabrikasi, efisiensi inverter, pengawatan, dampak bayangan, debu, serta penuaan diasumsikan bernilai $f_{PV} = 80\%$, dan reflektansi tanah rata-rata di Kalimantan Barat adalah $\rho_g = 20\%$. Sudut azimuth pemasangan panel surya adalah sebesar 0° untuk mendapatkan sinar matahari sebesar-besarnya, karena Pontianak memiliki letak pada 0,0333 LS.

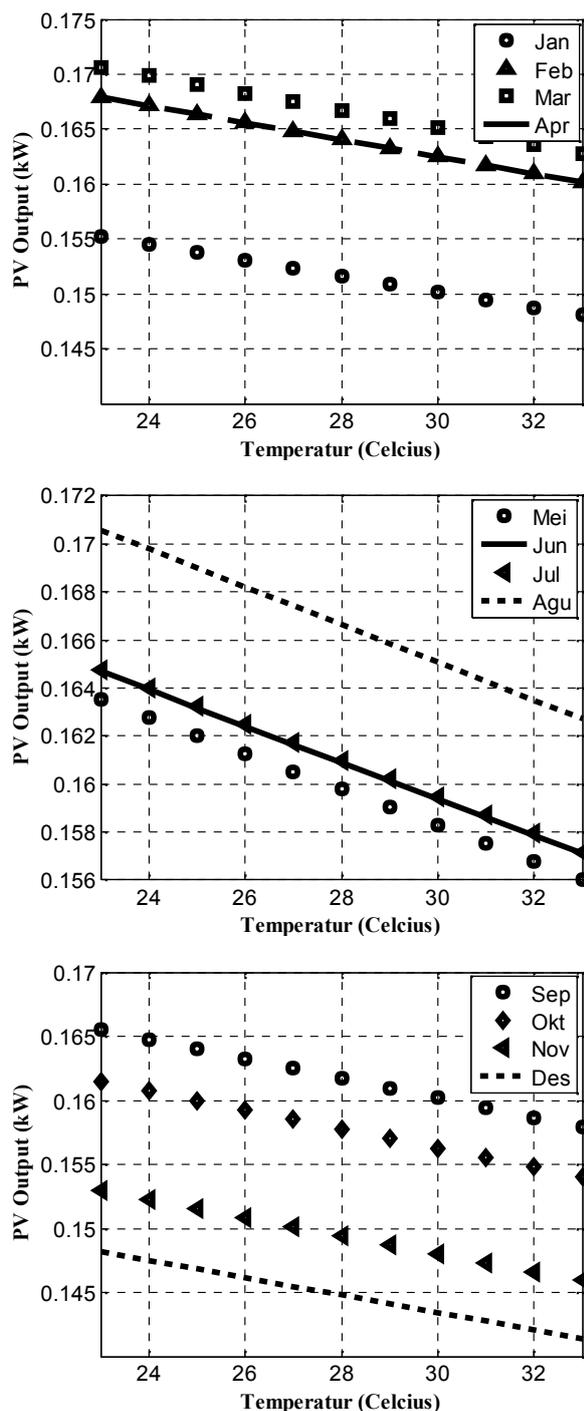
4. Hasil dan Bahasan

Tabel 2 menunjukkan daya listrik rata-rata bulanan yang dapat diproduksi oleh 1kW panel surya. Daya listrik rata-rata tertinggi dihasilkan pada bulan Maret, yaitu sebesar 0,1686kW sedangkan daya listrik rata-rata terendah pada bulan Desember, sebesar 0,1465kW.

Gambar 1 menunjukkan pengaruh temperatur terhadap daya listrik rata-rata yang diproduksi oleh panel surya 1kW dari bulan Januari – Desember. Dari kemiringan grafik, maka dapat ditentukan bahwa terjadi penurunan produksi listrik oleh panel surya sebesar -0.7113W/°C. Semakin tinggi temperatur lingkungan sekitar panel surya, daya listrik yang dihasilkan oleh semakin berkurang. Selain pengaruh dari temperatur lingkungan, radiasi elektromagnetik yang diserap oleh panel surya juga dapat menaikkan temperatur sel-sel surya. Untuk mengatasi dampak tersebut maka direkomendasikan untuk memakai sistem pembuangan panas pada panel surya.

Tabel 2. Daya Listrik Rata-rata Panel Surya

Bulan	Daya Listrik (kW)
Jan	0.1536
Feb	0.1661
Mar	0.1686
Apr	0.1655
Mei	0.1611
Jun	0.1622
Jul	0.1622
Agu	0.1675
Sep	0.1628
Okt	0.1592
Nov	0.1510
Des	0.1465



Gambar 1. Daya listrik rata-rata panel surya untuk bulan Januari – Desember vs temperatur.

Kesimpulan

Daya listrik yang dihasilkan oleh suatu panel surya tidak hanya tergantung kepada besarnya intensitas radiasi yang diterimanya, namun kenaikan temperatur pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan daya listrik tersebut. Perubahan temperatur pada panel surya selain disebabkan oleh temperatur lingkungan sekitar, juga disebabkan oleh bahan silikon

sel-sel surya yang mampu menyerap energi foton sekaligus panas dari radiasi matahari.

Referensi

- [1]. D. L. King, J. A. Kratochvil, dan W. E. Boyson, "Measuring Solar Spectral and Angle-of-Incidence Effects on Photovoltaic Modules and Solar Irradiance Sensors", *26th IEEE Photovoltaics Specialists Conference*, hal. 1-6, 1997.
- [2]. J. A. Del Cueto, "PV Module Energy Ratings Part II: Feasibility of Using the PERT in Deriving Photovoltaic Module Energy Ratings", National Renewable Energy Laboratory, 2007.
- [3]. D. Myers, "Evaluation of the Performance of the PVUSA Rating Methodology Applied to Dual Junction PV Technology", *American Solar Energy Society Annual Conference*, hal. 1-11, 2009.
- [4]. F. Qiang dan T. Nan, "A Complex-Method-Based PSO Algorithm for the Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic System", *Second International Conf. on Information Technology and Computer Science (ITCS)*, hal. 134-137, 2010.
- [5]. M. Van Cleef, P. Lippens, dan J. Call, "Superior Energy Yields of UNI-SOLAR Triple Junction Thin Film Silicon Solar Cells compared to Crystalline Silicon Solar Cells under Real Outdoor Conditions in Western Europe", *17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 2001.

