

Studi Eksperimental Performansi Modul Photovoltaik dengan Pendinginan Air

Jalaluddin^{1,*}, Syukri Himran¹, Syahrir Arief¹ dan Abdul Khalik²

¹Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar, Indonesia, 90245

²Program Pascasarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar, Indonesia, 90245
*jalaluddin_had@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan terakhir berkaitan dengan isu energi keberlanjutan dan bangunan ramah lingkungan menyebabkan peningkatan fokus pada peralatan yang memanfaatkan energi matahari karena tidak menyebabkan polusi dan terbarukan. Salah satu pemanfaatan sumber energi ini adalah pemanfaatan modul photovoltaik (PV) dalam menghasilkan energi listrik untuk berbagai keperluan. Dalam aplikasi, peningkatan suhu permukaan modul PV dapat menurunkan performansinya. Penelitian eksperimental dilakukan dengan menguji 2 buah modul polikristal PV berukuran 698 x 518 x 25 mm dengan daya dan tegangan maksimum masing-masing 45 W dan 18 V. Salah satu modul PV didinginkan dengan air yang mengalir di bawah permukaan modul melalui pipa tembaga berbentuk serpentine berukuran ¼ Inchi. Air pendingin mengalir dengan debit 100, 150 dan 200 mL/menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan performansi dengan penggunaan air pendingin di bawah modul PV tersebut. Salah satu contoh, performansi modul PV dengan dan tanpa air pendingin masing-masing sebesar 8.3 % dan 6.9 % (100 mL/menit), 9.0 % dan 6.9 % (150 mL/menit), 9.7 % dan 7.5 % (200 mL/menit). Hasil penelitian ini diharapkan menjadi informasi yang berguna dalam aplikasi PV untuk penyediaan dan penghematan energi listrik pada perumahan, hotel dan industri.

Kata kunci : performansi modul PV, modul PV tanpa air pendingin, modul PV dengan air pendingin

Pendahuluan

Penggunaan energi terbarukan secara luas dianjurkan oleh banyak negara dalam beberapa tahun terakhir. Solusi untuk masalah energi sekarang ini adalah pemanfaatan energi terbarukan seperti energi matahari, angin, panas bumi, dll. Energi matahari mempunyai potensi yang terbesar diantara sumber energi terbarukan tersebut. Pemanfaatan yang paling umum dari energi matahari adalah sebagai sumber energi listrik secara langsung dengan teknologi modul Photovoltaik (PV). Teknologi ini merupakan salah satu cara terbaik untuk pemanfaatan energi matahari.

Modul PV secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi listrik dengan efisiensi puncak antara 9-12%. Walaupun demikian, sekitar lebih dari 80% dari radiasi matahari tersebut dipantulkan atau diubah menjadi energi panas [1]. Hal ini menyebabkan peningkatan temperatur modul PV dan menyebabkan penurunan efisiensi konversi energi listrik [2].

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian untuk mengoptimalkan efisiensi dari

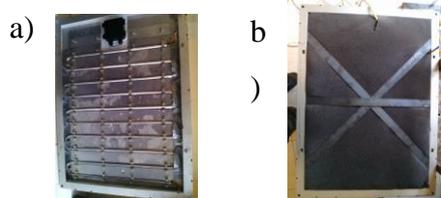
modul PV dengan sistem pendinginan. Evaluasi kinerja sistem PV hybrid dengan menggunakan air sebagai media pendinginan dimana kolektor pemanas air melekat di belakang modul PV untuk menyerap panas [3]. Pendinginan modul PV dengan menggunakan penetasan air pada permukaan panel dilakukan untuk meningkatkan performansi modul PV yang digunakan untuk sistem pemompaan air [4]. Hasil penelitian eksperimental juga menunjukkan peningkatan performansi dari modul PV dengan penyemprotan air pada permukaannya yang digunakan untuk sistem pemompaan air [5]. Sistem pendinginan dengan penyemprotan air pada permukaan modul PV juga digunakan untuk meminimalkan penggunaan air dan energi listrik [6]. Selanjutnya, modul PV dengan pendinginan air melalui pipa di permukaan bawahnya diteliti [7]. Desain kolektor surya pelat datar PV-T dengan penutup tunggal juga telah diusulkan [8]. Selain itu, peningkatan efisiensi modul PV diperoleh dengan pendinginan air yang dialirkan melalui pipa spiral di permukaan bawahnya (13 %)

dibandingkan dengan modul PV tanpa pendinginan (10 %) [9].

Performansi modul PV dengan pendinginan air pada permukaan bawahnya diteliti. Penelitian eksperimental dilakukan dengan menguji 2 buah modul polikristal PV dimana salah satu modul PV didinginkan dengan air yang mengalir pada permukaan bawahnya melalui pipa tembaga berbentuk serpentine berukuran ¼ Inchi. Air pendingin mengalir dengan debit 100, 150 dan 200 mL/menit.

Eksperimental Set-up

Penelitian ini dilakukan dengan menguji performansi 2 (dua) buah modul PV. Salah satu modul PV didinginkan dengan menempatkan pipa bentuk serpentine yang dialiri air di permukaan bawah modul PV dan modul PV lainnya tanpa air pendingin seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alat uji modul PV dengan dan tanpa air pendingin a) pipa air pendingin b) permukaan bawah dengan insulasi

Air pendingin dialirkan melalui pipa berbentuk serpentine dengan 3 (tiga) variasi debit masing-masing 100, 150 dan 200 mL/menit. Uji eksperimental terhadap

performansi modul PV dengan dan tanpa air pendingin dilakukan secara bersamaan. Penelitian dilakukan di laboratorium Energi Terbarukan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin Makassar (119° 29' 14.5" BT dan 05° 07' 59.0" LS). Pengambilan data dilakukan mulai dari pukul 08:00 sampai 16:00 WITA (waktu lokal).

Performansi Modul PV

Performansi modul PV ditentukan oleh efisiensi yang diperoleh dari perbandingan antara daya keluaran modul PV dan daya input sebagai berikut :

Daya keluaran (P_{out}) :

$$P_{out} = V_m \times I_m = V_{oc} \times I_{sc} \times F \quad (1)$$

Daya input (P_{in}) :

$$P_{in} = I \times A \quad (2)$$

Efisiensi (η) :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (3)$$

Spesifikasi modul PV yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi modul PV

Parameter	Nilai
Tipe	Polikristal
Daya Maksimum	45 W
Voltage pada p_{max} (V_m)	18 W
Current pada p_{max} (I_m)	2.5 A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	21.8 V
Short Circuit Current (I_{sc})	2.86 A
Maximun System Voltage	750 V
Standar Test Conditions	1000 W/m ² , 25°C
Tolerance	3 %
Panjang Sel Surya	698 mm
Lebar Sel Surya	518 mm
Luas Permukaan sel surya	0.361 m ²

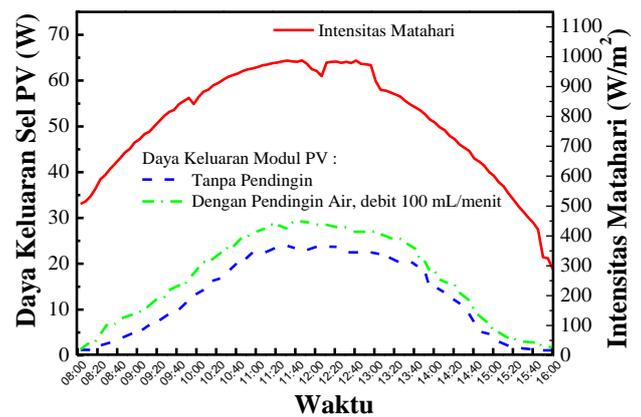
Hasil dan Pembahasan

Uji eksperimental dilakukan untuk mengetahui performansi modul PV dengan dan

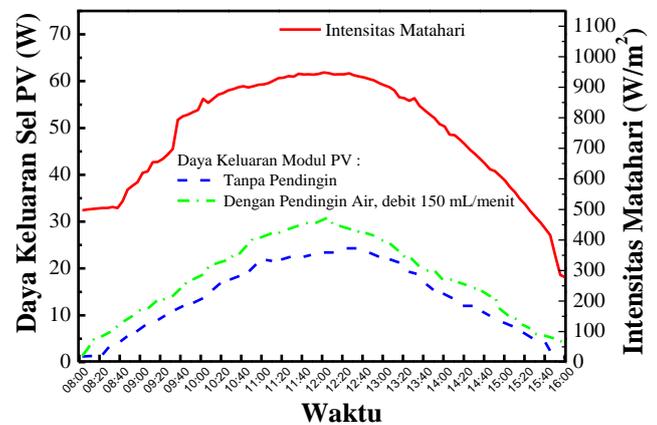
tanpa air pendingin. Pada modul PV dengan air pendingin, aliran air divariasikan dengan debit aliran 100, 150 dan 200 mL/menit. Untuk mengetahui performansi modul PV dengan dan tanpa air pendingin, pengujian dan pengambilan data terkait dilakukan untuk masing-masing debit aliran 100, 150 dan 200 mL/menit. Sebagai contoh pengambilan data dilakukan masing-masing pada tanggal 25 September 2015 untuk debit 100 mL/menit; 30 September 2015 untuk debit 150 mL/menit; dan 01 Oktober 2015 untuk debit 200 mL/menit.

Daya keluaran modul PV dengan intensitas matahari yang bervariasi dari pagi hingga sore hari dapat dilihat pada gambar 2. Daya keluaran modul PV meningkat seiring dengan peningkatan intensitas matahari. Pada debit 100 mL/menit, intensitas matahari maksimum diperoleh sebesar 987.6 W/m² dimana daya keluaran modul PV dengan dan tanpa air pendingin masing-masing sebesar 29.4 W dan 23 W. Pada debit 150 mL/menit, intensitas matahari maksimum diperoleh sebesar 948.2 W/m² dimana daya keluaran modul PV dengan dan tanpa air pendingin masing-masing sebesar 30.8 W dan 23.4 W. Selanjutnya, intensitas matahari maksimum diperoleh sebesar 987 W/m² pada debit 200 mL/menit, dimana daya keluaran modul PV dengan dan tanpa air pendingin masing-masing sebesar 28 W dan 22.5 W. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan air pendingin yang mengalir di bawah permukaan modul PV meningkatkan daya keluaran modul PV tersebut secara signifikan. Peningkatan daya keluaran modul PV dipengaruhi oleh temperatur operasi modul tersebut. Peningkatan temperatur operasi berdampak pada penurunan tegangan. Temperatur operasi modul PV dapat ditunjukkan dari temperatur permukaan bawah modul PV seperti diperlihatkan pada gambar 3 untuk modul PV dengan dan tanpa air pendingin.

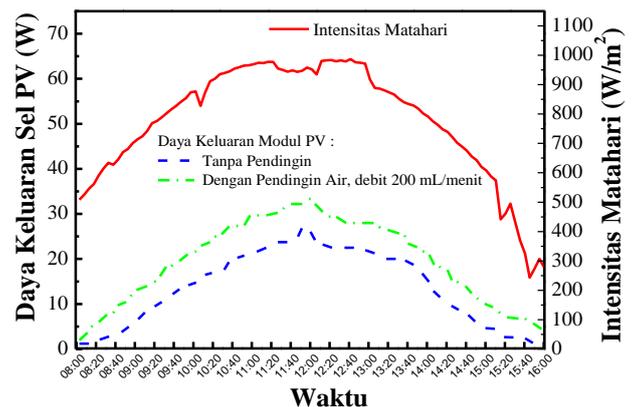
a) Debit 100 mL/menit



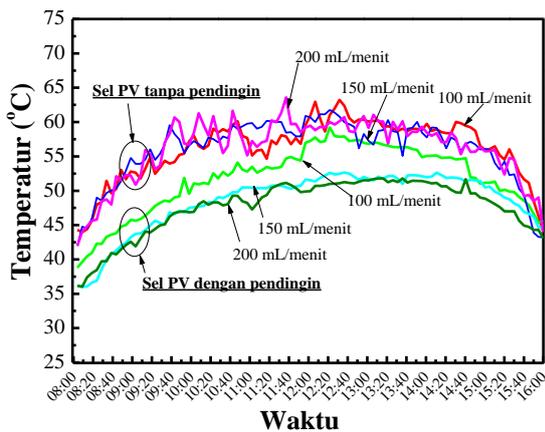
b) Debit 150 mL/menit



c) Debit 200 mL/menit



Gambar 2. Daya keluaran sel PV terhadap intensitas matahari : a) debit 100 mL/menit, b) debit 150 mL/menit, c) debit 200 mL/menit



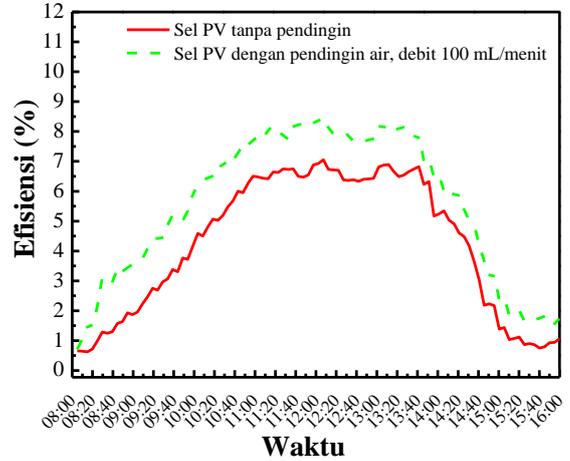
Gambar 3. Temperatur permukaan bawah modul PV dengan dan tanpa air pendingin

Pada gambar 3 tersebut dapat dilihat bahwa temperatur permukaan bawah modul PV tanpa air pendingin menunjukkan kecenderungan yang serupa untuk pengambilan data dengan debit 100, 150 dan 200 mL/menit. Sementara itu, temperatur permukaan bawah modul PV dengan air pendingin menunjukkan kecenderungan menurun dengan peningkatan debit aliran. Sebagai contoh, data pengukuran pada pukul 12:00 WITA diuraikan. Pada debit 100 mL/menit, temperatur permukaan bawah modul PV dengan dan tanpa air pendingin masing-masing sebesar 57.3 °C dan 60.9 °C. Pada debit 150 mL/menit, temperatur permukaan bawah modul PV dengan dan tanpa air pendingin masing-masing sebesar 51.5 °C dan 60.7 °C. Selanjutnya, temperatur permukaan bawah modul PV dengan dan tanpa air pendingin pada debit 200 mL/menit masing-masing sebesar 49.9 °C dan 59.5 °C.

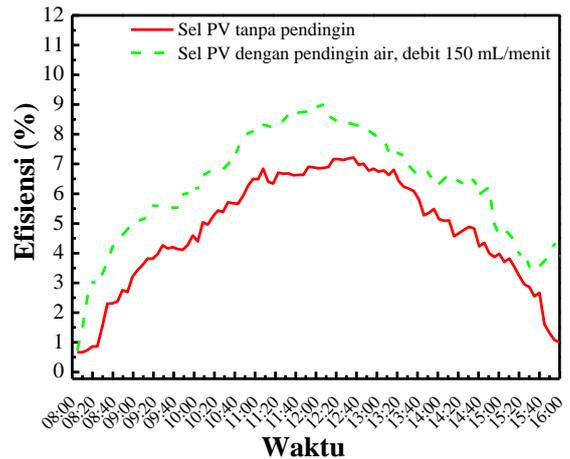
Performansi modul PV dengan dan tanpa air pendingin yang ditunjukkan oleh efisiensinya dapat dilihat pada gambar 4. Efisiensi kedua modul PV dengan dan tanpa air pendingin mengalami peningkatan seiring dengan berubahnya intensitas matahari dari pagi hari hingga mencapai titik maksimum pada siang hari dan setelah itu, mengalami penurunan hingga sore hari. Pada debit 100 mL/menit, efisiensi modul PV dengan dan tanpa air pendingin pada pukul 12:00 WITA diperoleh masing-masing sebesar 8.3 % dan 6.9 %. Pada debit 150 mL/menit, efisiensi modul PV dengan dan tanpa air pendingin pada pukul

12:00 WITA diperoleh masing-masing sebesar 9.0 % dan 6.9 %.

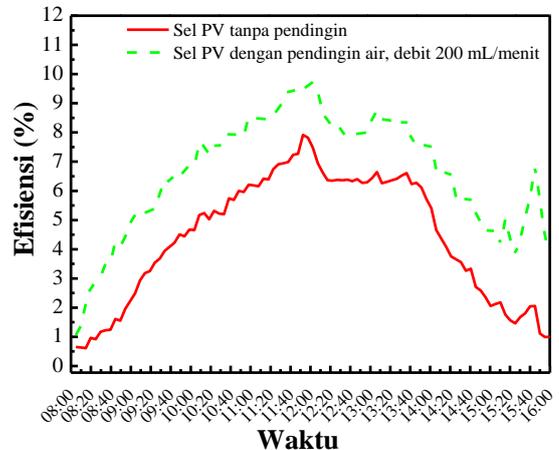
a) Debit 100 mL/menit



b) Debit 150 mL/menit



c) Debit 200 mL/menit



Gambar 4. Efisiensi sel PV dengan dan tanpa air pendingin a) debit 100 mL/menit b) debit 150 mL/menit c) debit 200 mL/menit

Selanjutnya, efisiensi modul PV dengan dan tanpa air pendingin pada debit 200 mL/menit pada pukul 12:00 WITA diperoleh masing-masing sebesar 9.7 % dan 7.5 %. Berdasarkan patokan efisiensi modul PV tanpa pendingin dapat diketahui bahwa efisiensi modul PV meningkat dengan penggunaan air pendingin masing-masing sebesar 20.3 % pada debit 100 mL/menit, 30.4 % pada debit 150 mL/menit dan 29.3 % pada debit 200 mL/menit.

Kesimpulan

Penelitian eksperimental untuk mengetahui performansi modul PV dengan pendinginan air telah dilakukan. Aliran air pada permukaan bawah modul PV melalui pipa berbentuk serpentine menurunkan temperatur permukaan bawah modul PV tersebut. Penurunan temperatur tersebut semakin meningkat dengan peningkatan debit aliran air pendinginnya. Penurunan temperatur tersebut meningkatkan performansi modul PV secara signifikan. Peningkatan efisiensi modul PV dengan penggunaan air pendingin masing-masing sebesar 20.3 % pada debit 100 mL/menit, 30.4 % pada debit 150 mL/menit dan 29.3 % pada debit 200 mL/menit.

Referensi

[1] S. Dubey, G.S. Sandhu, G.N. Tiwari, Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector, *Applied Energy* 86 (2009) 697–705.

[2] H.G. Teo, P.S. Lee, M.N.A. Hawlader, An active cooling system for photovoltaic modules, *Applied Energy* 90 (2012) 309–315.

[3] H. Bahaidarah, A. Subhan, P. Ghandidasan, S. Rehman, Performance evaluation of a PV (photovoltaic) module by back surface water cooling for hot climatic conditions, *Energy* 59 (2013) 445–453.

[4] S. Odeh, M. Behnia, Improving photovoltaic module efficiency using water cooling, *Heat Transfer Engineering* 30(6) (2009) 499–505.

[5] M. Abdolzadeh, M. Ameri, Improving the effectiveness of a PV water pumping system by spraying water over the front of photovoltaic cells, *Renewable Energy* 34 (2009) 91–96.

[6] K.A. Moharram, M.S. Abd-Elhady, H.A. Kandil, H. El-Sherif, Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling, *Ain Shams Engineering Journal* 4 (2013) 869–877.

[7] D.J. Yang, Z.F. Yuan, P.H. Lee, H.M. Yin, Simulation and experimental validation of heat transfer in a novel hybrid solar panel, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55 (2012) 1076–1082.

[8] P. Dupeyrat, C. Menezo, M. Rommel, H.M. Henning, Efficient single glazed flat plate photovoltaic–thermal hybrid collector for domestic hot water system, *Solar Energy* 85 (2011) 1457–1468.

[9] I. Ceylan, A.E. Gürel, H. Demircan, B. Aksu, Cooling of a photovoltaic module with temperature controlled solar collector, *Energy and Buildings* 72 (2014) 96–101.