

ANALISIS PENGARUH VARIASI LAJU ALIRAN VOLUMETRIK AIR PENDINGIN TERHADAP EFISIENSI MODUL SURYA

Antoni Simanjuntak¹, W. M. E. Wattimena², Isak Aponno³

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: antoni.simanjuntak.s15@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: wmewattimena273@gmail.com

³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: isakaponno@gmail.com

Abstrak. Modul surya terdiri dari sejumlah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor disusun menjadi satu rangkaian listrik dihubungkan secara seri maupun paralel sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Peningkatan temperatur permukaan modul surya sebesar 1°C akan menurunkan efisiensi sekitar 0,5% akibat energi panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa persen efisiensi modul surya yang dapat ditingkatkan pada saat menggunakan pendingin aktif berupa fluida air tawar yang dialirkan dengan laju aliran volumetrik yang bervariasi di atas permukaan modul surya. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Pengukuran modul surya dilakukan tanpa dan dengan pendingin aktif. Sedangkan pengukuran modul surya dengan pendingin aktif dibuat 3 variasi laju aliran volumetrik air pendingin yakni 20 L/H, 60 L/H dan 100 L/H. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pengaruh variasi laju aliran volumetrik air pendingin dapat mereduksi temperatur dan meningkatkan efisiensi modul surya. Rata-rata peningkatan efisiensi modul surya untuk laju aliran volumetrik 20 L/H sebesar 11 %, laju aliran volumetrik 60 L/H sebesar 16 % dan laju aliran volumetrik 100 L/H sebesar 18 %. Terlihat bahwa semakin cepat laju aliran volumetrik air pendingin semakin meningkat nilai efisiensi modul surya.

Kata kunci : Modul surya, air pendingin, laju aliran volumetrik.

Abstract. A solar module consists of a number of solar cells made of semiconductor material arranged into one electrical circuit connected in series or parallel, which is very sensitive to changes in temperature. Increasing the surface temperature of a solar module by 1°C will reduce efficiency by around 0.5% due to heat energy. This research aims to find out what percentage of solar module efficiency can be increased when using active cooling in the form of freshwater fluid which flows at varying volumetric flow rates over the surface of the solar module. This research was carried out experimentally at the Electrical Engineering Laboratory, Faculty of Engineering, Pattimura University. Solar module measurements were carried out without and with active cooling. Meanwhile, measurements of solar modules with active cooling made 3 variations in the volumetric flow rate of cooling water, namely 20 L/H, 60 L/H, and 100 L/H. The research results show that the effect of varying the volumetric flow rate of cooling water can reduce temperature and increase the efficiency of solar modules. The average increase in solar module efficiency for a volumetric flow rate of 20 L/H is 11%, a volumetric flow rate of 60 L/H is 16% and a volumetric flow rate of 100 L/H is 18%. It can be seen that the faster the volumetric flow rate of cooling water, the higher the efficiency value of the solar module.

Keywords: Solar module, cooling water, volumetric flow rate.

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 1839, efek fotovoltaik ditemukan pertama kali oleh Edmon Becquerel yang mengamati bahwa bahan tertentu menghasilkan arus listrik ketika terkena cahaya. Efek ini digunakan dalam sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Semikonduktor bekerja sebagai isolator pada suhu rendah dan berfungsi sebagai konduktor ketika terpapar panas [1].

Modul fotovoltaik atau modul surya terdiri dari sejumlah sel fotovoltaik atau sel surya yang disusun menjadi satu rangkaian listrik terhubung secara seri maupun paralel [2]. Kinerja kelistrikan modul surya dicirikan dengan kurva arus-tegangan (I-V) [3].

Modul surya yang umum digunakan di Indonesia terdiri dari 2 tipe yakni *monocrystalline* dan *polycrystalline* [4]. Pengujian modul surya pada skala pabrik dengan kondisi temperatur sel atau *Standard Test Conditions* (STC), stabil pada 25°C dan *irradiance* sebesar 1.000W/m² dengan spektrum cahaya massa udara (*Air Mass*) AM1,5 [5]. Namun demikian, modul surya masih memiliki beberapa kelemahan seperti penurunan efisiensi akibat peningkatan temperatur, dimana saat modul surya terpapar radiasi matahari, maka temperatur modul surya > 25°C [6].

Terdapat sejumlah peneliti terdahulu telah mengadopsi teknik yang berbeda dalam pendinginan modul surya, termasuk metode aktif dan pasif. [7] menggunakan pendinginan permukaan ganda untuk meningkatkan kinerja modul surya. Menurut penelitian mereka, terjadi penurunan temperatur dan meningkatkan daya keluaran modul surya sebesar 30,3%. [8] menggunakan pendingin pasif untuk meningkatkan efisiensi modul surya. Hasil penelitian mereka menunjukkan terjadi peningkatan efisiensi modul surya sebesar 8,3%. [9] membuat dan menganalisis pendinginan aktif untuk meningkatkan efisiensi modul surya. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa efisiensi modul surya meningkat dari 6% menjadi 7%. [10] menggunakan heatsink fan untuk meningkatkan efisiensi photovoltaic. Menurut penelitian mereka, temperatur panel surya turun sebesar 28.20 % dan peningkatan efisiensi sebesar 1,64 %.

Dari berbagai penelitian terdahulu di atas, jelas bahwa sejumlah penelitian telah dilakukan dan semuanya bertujuan untuk menurunkan temperatur modul surya menggunakan metode yang berbeda. Penelitian ini menggunakan modul surya tanpa pendingin dan menggunakan pendinginan aktif berupa fluida air tawar yang dialirkan dengan laju aliran volumetrik yang bervariasi di atas permukaan

modul surya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi modul surya.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Data Modul Surya

Penelitian ini menggunakan 4 buah modul surya jenis *monocrystalline* dengan daya masing – masing 130 Wp. Satu buah modul surya tanpa menggunakan pendingin dan tiga buah modul surya menggunakan pendinginan aktif. Adapun data modul surya yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

Maximum Power (P_{max})	= M-130 W
Maximum Power Voltage (V_{maks})	= 18,9 V
Maximum Power Current (I_{maks})	= 6,88 A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	= 23,1 V
Short Circuit Current (I_{sc})	= 7,29 A
Nominal Operation Cell Temp (NOCT)	= -45~ + 80°C
Maximum System Voltage	= 700 V
Maximum Series Fuse	= 10 A
For Field Connections, Use Minimal No. 12AWG Copper Wires Insulated for a minimum 90°C	
Weight	= 8,4 Kg
Dimension	= 1210x670x30 mm
Standard Test Condition	= Temp 25°C
AM = 1,5 IRRADIANCE	= 1.000 W/m ²



Gambar 1. Panel surya 130 Wp *monocrystalline*

2.2. Data Pompa Air

Pompa air yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa air bertegangan searah atau dc (*direct current*) berjumlah 3 buah. Ketiga pompa air tersebut berfungsi untuk memvariasikan laju aliran volumetrik. Adapun data pompa air bertegangan searah atau dc (*direct current*) yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

Pompa Air Elektrik High Pressure	: Taffware
Model	: DP – 521
MPA	: 0,48 MPa
Max discharge	: 3,5 L/min

Rated Voltage : DC 12 V
Max Current : 2,0 A



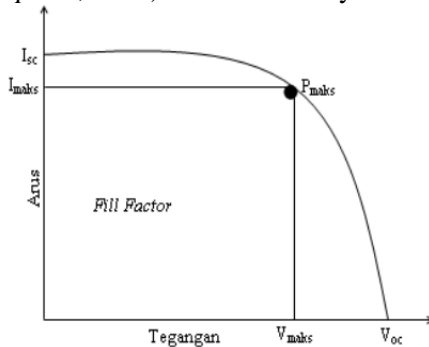
Gambar 2. Pompa air dc

2.3. Parameter Modul Surya

Parameter pada modul surya terdiri dari kurva I-V, *Maximum Power Point* (P_{max}), *Open Circuit Voltage* (V_{oc}), *Short Circuit Current* (I_{sc}), *Fill Factor* (FF) dan efisiensi. (η).

Kurva I-V

Karakteristik modul surya dimodelkan dengan menggunakan output arus dan tegangan pada kurva I-V. Gambar 3 merupakan titik maksimum (*maximum power point*, MPP) dari modul surya.



Gambar 3. Kurva I – V

Fill Factor (FF)

Nilai *Fill Factor* (FF) modul surya biasanya berkisar antara 0,25 hingga 0,89. Semakin besar nilai *Fill Factor* suatu modul surya, maka kinerja modul surya tersebut semakin baik dan efisiensi semakin tinggi. *Fill Factor* (FF) dapat dihitung dengan persamaan berikut [11]:

$$FF = \frac{I_{maks} \times V_{maks}}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (1)$$

dimana: FF = *Fill Factor*

I_{maks} = Arus Maksimum (A)

V_{maks} = Tegangan Maksimum (V)

I_{sc} = Arus Hubung Singkat (A)

V_{oc} = Tegangan Rangkaian Terbuka (V)

Daya Maksimum

Daya maksimum (P_{maks}) merupakan titik operasi yang menunjukkan daya maksimum hasil pertemuan I_{maks} dan V_{maks} yang dihasilkan oleh modul surya. Adapun nilai P_{maks} dapat dihitung dengan persamaan berikut (Natalio et al., 2023):

$$P_{maks} = V_{maks} \times I_{maks} \quad (2)$$

dimana: P_{maks} = Daya Maksimum (W)

Daya Masuk

Daya masuk (P_{in}) merupakan perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul surya [12].

$$P_{in} = E \times A \quad (3)$$

dimana: P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

E = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan modul surya (m^2)

Daya Keluaran

Daya keluaran (P_{out}) pada modul surya merupakan besaran nilai dari hasil perkalian antara tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh modul surya [13].

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (4)$$

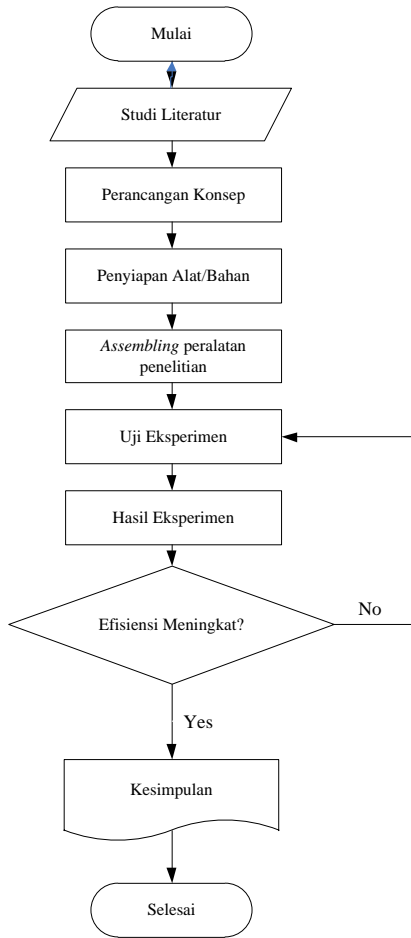
Efisiensi

Efisiensi (η) modul surya adalah perbandingan daya maksimum (P_{maks}) modul surya dengan daya intensitas matahari. Nilai persentase efisiensi modul surya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [14]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (5)$$

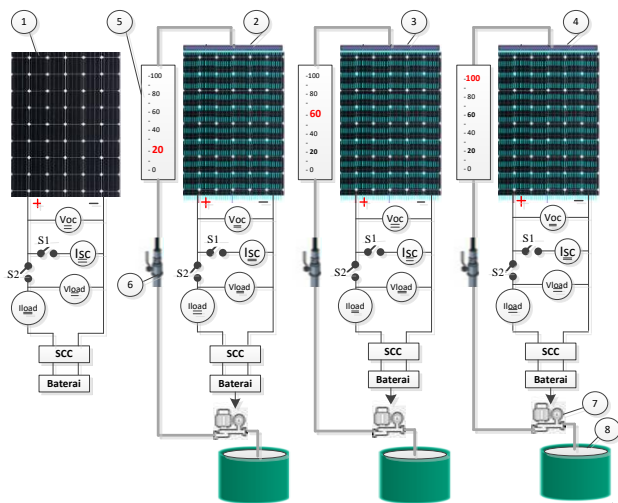
2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental yang berlokasi di Laboratorium Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Flowchart penelitian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart penelitian

modul surya dengan pendinginan aktif dilakukan dengan 3 variasi laju alir volumetrik yaitu 20 l/h, 60 l/h dan 100 l/h. pengukuran dilakukan secara serentak untuk ke empat modul surya tanpa dan dengan menggunakan pendinginan. apparatus penelitian disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Apparatus penelitian

Keterangan gambar:

- ① = Modul surya tanpa pendingin.
- ② = Modul surya dengan pendingin laju alir volumetrik yaitu 20 L/H.
- ③ = Modul surya dengan pendingin laju alir volumetrik yaitu 60 L/H.
- ④ = Modul surya dengan pendingin laju alir volumetrik yaitu 100 L/H.
- ⑤ = Flow meter
- ⑥ = Ball valve
- ⑦ = Pompa air
- ⑧ = Air pendingin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengukuran modul surya yang dilakukan tanpa pendingin dan dengan pendingin. Sedangkan dengan pendingin dibuat 3 variasi laju aliran volumetrik, yakni 20 L/H, 60 L/H dan 100 L/H. Hasil pengukuran terhadap modul surya tanpa pendingin dan dengan pendingin ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran

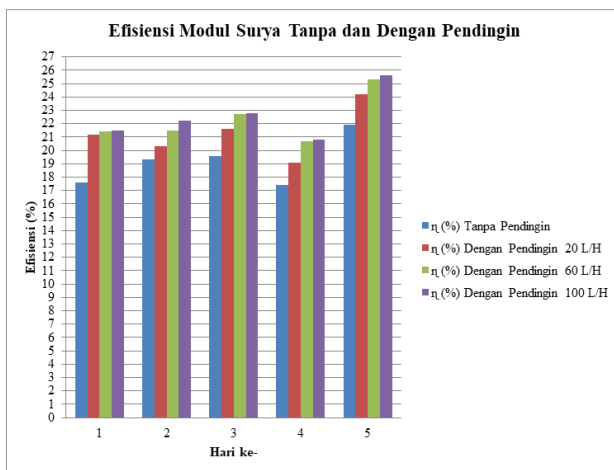
HARI KE-	RADIASI MATAHARI W/m ²	LAJU ALIRAN (L/H)	TEMP. (°C)	Voc (V)	Isc (A)
1	1.285	Tanpa Pendingin	61,50	21,26	11,20
	1.285	20	38,68	22,90	12,50
	1.285	60	36,74	23,30	12,45
	1.285	100	35,80	23,19	12,10
2	1.199	Tanpa Pendingin	61,30	21,37	11,40
	1.199	20	37,71	22,28	11,50
	1.199	60	36,56	22,80	11,90
	1.199	100	36,55	23,16	12,10
3	1.169	Tanpa Pendingin	62,47	21,35	11,30
	1.169	20	38,41	22,70	11,70
	1.169	60	37,24	23,05	12,10
	1.169	100	37,23	23,17	12,10
4	1.305	Tanpa Pendingin	62,36	21,32	11,20
	1.305	20	38,35	22,47	11,70
	1.305	60	37,18	22,80	12,50
	1.305	100	37,16	23,35	12,25
5	1.046	Tanpa Pendingin	60,08	21,37	11,30
	1.046	20	39,12	22,80	11,70
	1.046	60	36,50	23,04	12,10
	1.046	100	35,40	23,26	12,10

Dari data hasil pengukuran pada Tabel 1 dan *datasheet* modul surya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan daya input, daya output dan efisiensi modul surya. Adapun data hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 2, sedangkan grafik efisiensi

modul surya tanpa dan dengan pendingin ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 2. Hasil perhitungan

HARI KE-	LAJU ALIRAN (L/H)	P_{out}	P_{in}	η (%)
1	Tanpa Pendingin	183,35	1.042	17,6
	20	220,41	1.042	21,2
	60	215,22	1.042	21,4
	100	216,06	1.042	21,5
2	Tanpa Pendingin	187,59	972	19,3
	20	197,29	972	20,3
	60	208,92	972	21,5
	100	215,78	972	22,2
3	Tanpa Pendingin	185,77	948	19,6
	20	204,5	948	21,6
	60	214,76	948	22,7
	100	215,87	948	22,8
4	Tanpa Pendingin	183,86	1.058	17,4
	20	202,43	1.058	19,1
	60	219,45	1.058	20,7
	100	217,27	1.058	20,8
5	Tanpa Pendingin	185,94	848	21,9
	20	205,41	848	24,2
	60	214,66	848	25,3
	100	216,71	848	25,6



Gambar 6. Grafik efisiensi modul surya tanpa dan dengan pendingin.

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan, bahwa dengan menggunakan pendingin berupa fluida air tawar yang dialirkan di atas permukaan modul surya terjadi peningkatan efisiensi. Hal ini karena temperatur permukaan modul surya mengalami penurunan yang mengakibatkan daya keluaran meningkat.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan pendingin

berupa fluida air tawar yang dialirkan di atas permukaan modul surya terjadi peningkatan efisiensi secara signifikan dari sebelumnya tanpa menggunakan pendingin. Sedangkan peningkatan laju aliran volumetrik memberi pengaruh yang relatif kecil terhadap peningkatan efisiensi modul surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Thedeby, A. (2014), Heating and cooling with solar, powered peltier element, IISSN 0282-1990, Lund University.
- [2] Simanjuntak, A., Lekalette, J. (2019), PLTS Di Pulau OsI Dan Permasalahannya, Prosiding Seminar Nasional, *Archipelago Engineering*.
- [3] Cholis, C., Sara, I, D., Away, Y. (2016), Perancangan Alat Pencatat Data Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan (I-V) Modul Surya, *Jurnal Circuit*, Vol. 2, No. 1.
- [4] Sharma, S., Jain, KK., Sharma, A. (2015), Solar Cells: In Research and Applications—A Review. *Materials Sciences and Applications*. Vol.06 No.12.
- [5] Nadhiroh, N., Aji, D, A., Kusnadi., Dwiyaniti, M. (2022), Instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya, *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, Vol. 11, No. 1, Maret 2022: 59 – 66.
- [6] Natalio, S. F. S., Simanjuntak, A., Titahelu, N. (2023), Analisis Kinerja Panel Surya Akibat Pendinginan Aktif, *Jurnal Isometri*, Vol. 2 No. 1.
- [7] Agyekum, B, E., Kumar, P, S., Alwan, T, N., Velkin, I, V., Shceklein, E, S. (2021), Effect of dual surface cooling of solar photovoltaic panel on the efficiency of the module: experimental investigation, *J. Heliyon* 7, International Journal Elsevier.
- [8] Wu, S., Xiong, C. (2014), Passive cooling technology for photovoltaic panels for domestic houses, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Published by Oxford University Press.
- [9] Jakhrani, Q, A., Jatoi, R, A., Jakhrani, H, S (2017), Analysis and Fabrication of an Active Cooling System for Reducing Photovoltaic Module Temperature, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, Vol. 7, No. 5, 2017, 1980-1986.
- [10] Warsito, A., Adriono, E., Nugroho, Y, M., Oding, O., Winardi, B. (2013), dipo pv cooler, penggunaan sistem pendingin temperatur heatsink fan pada panel sel surya (photovoltaic) sebagai peniingkatan kerja energi listrik baru terbarukan, *Transient*, Vol.2, No. 3

- [11] Akmal., Simanjuntak, A., Louhenapessy, J., Aponno, I. (2022), Uji Eksperimental Modul Surya 130 Wp Untuk Suplai Listrik Lemari Pendingin Vaksin Di Daerah Terpencil, Jurnal Isometri, Vol. 1 No. 1 PP 16 -22.
- [12] Julisman A., Sara I.D., Siregar R. H. (2017), Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola.KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro, Vol.2 No. 1, pp 35-42.
- [13] Suriadi., Syukri, M. (2010), Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh, Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 9, No. 2.
- [14] Hidayat, F., Rusirawan, D., Tanjung, F, R, I. (2019), Evaluasi kinerja PLTS 1. 000 Wp di Itenas Bandung, Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 9, No. 2.