

Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi

Rifaldo Pido⁽¹⁾, Syukri Himran⁽²⁾ dan Mahmuddin⁽³⁾

⁽¹⁾Mahasiswa Program Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia

⁽²⁾⁽³⁾Dosen Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia Makassar

Jl. Urip Sumoharjo No. 225, Kota Makassar

e-mail: rifaldopido813@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas pengaruh pendinginan sel surya dengan mengalirkan air pada bagian bawah panel terhadap daya keluaran, efisiensi. Besar daya dan efisiensi sel surya dapat diketahui dengan mengukur arus dan tegangan dengan multimeter. Seksi uji adalah sel surya dengan kapasitas 50 watt peak, yaitu sel surya berpendingin dan tanpa berpendingin. Data menunjukkan bahwa untuk sel surya berpendingin dengan debit aliran 150 ml/s dapat menghasilkan daya sebesar 36,51 W dengan efisiensi 8,11 %, sedangkan tanpa berpendingin daya keluaran 34,0 W dengan efisiensi 7,57 %. Tegangan pada open circuit voltage, $V_{oc} = 21,7$ Volt dan arus pada short circuit current, $I_{sc} = 2,54$ Ampere, sedangkan tanpa berpendingin, $V_{oc} = 19,9$ Volt dan $I_{sc} = 5,62$ Ampere pada intensitas matahari 1190,7 W/m².

Kata Kunci : Sel surya, berpendingin, daya keluaran dan efisiensi.

A. PENDAHULUAN

a.1 Latar Belakang

Problem utama pemanfaatan energi surya adalah pada waktu siang dan malam terjadi secara bergantian, sehingga perolehan energi surya tidak maksimal. Meskipun demikian memanfaatkan energi surya secara langsung maupun tak langsung dengan bantuan alat yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik, diperkirakan 50 % yang dapat diserap oleh bumi. Dengan demikian, pengembangan pembangkit listrik tenaga surya terus dikembangkan sebagai sumber tenaga listrik yang murah, bebas polusi.

a.2 Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui pengaruh pendinginan sel surya terhadap daya dan efisiensi sel surya.
- Untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan pada sel surya berpendingin dan tanpa pendingin

a.3 Batasan Masalah

- Kemiringan panel surya 15°
- Tidak menganalisis kesetimbangan panas pada sel surya.
- Jenis sel surya yang digunakan adalah sel surya *monocrystalline* kapasitas 50 WP (Watt peak)

B. TINJAUAN PUSTAKA

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semi konduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek surya yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Berbagai penelitian yang pernah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi terkait dengan analisis sistem sel surya baik itu berdasarkan tinjauan dalam meningkatkan

kinerja yang dinyatakan dengan keluaran energi sistem sel surya, dan energi panas.

Hasbi (2014), telah melakukan penelitian dengan membandingkan panel fotovoltaik yang berpendingin dengan yang tidak berpendingin, fluida kerja yang di pakai adalah air. Hasil menunjukkan bahwa dengan penggunaan air pendingin di bawah panel dapat meningkatkan efisiensi sel surya hingga 9,551%. Daya maksimum yang diperoleh sebesar 17,368 W, untuk efisiensi maksimum nilai terbesarnya 9,55 %, dengan intensitas matahari sebesar (E) 1010 W/m².

Moharram KA, dkk, (2013), telah melakukan penelitian tentang peningkatan kinerja panel surya pada pendinginan tenaga surya dengan menggunakan air, dengan cara penyemprotan air sesekali pada permukaan panel surya. Sistem pendingin di operasikan selama 5 menit dengan tingkat pendinginan untuk sel surya adalah 2°C/min, dari kenaikan suhu modul dapat menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi terhadap PV secara perlahan, suhu *solar cell* meningkat mulai dari 10 °C, 35 °C sampai 45 °C dapat mengurangi efisiensi *solar cell* dari 12 % menjadi 10,5 %.

Halik A (2015), Melakukan penelitian dengan penggunaan media aliran air pendingin bentuk *serpentine* untuk sel surya dapat menurunkan temperatur permukaan sel surya dari 62,6° C menjadi 59 °C pada debit air pendingin 100 ml/menit, dengan intensitas radiasi matahari sebesar 952,1 W/m², sehingga meningkatkan daya keluaran sel surya dari 25,65 W menjadi 27,00 W, Peningkatan efisiensi (\square) dari sel surya 10,01 % atau meningkat sebesar 2,31% pada saat debit 200 ml/menit. Sedangkan efisiensi pada sel fotovoltaik tanpa menggunakan media pendingin air sebesar 7,70 %.

2.1 Arus hubung singkat (*Short circuit current, I_{sc}*)

Arus hubung singkat (*Short circuit current (I_{sc})*) adalah arus yang melalui sel surya saat

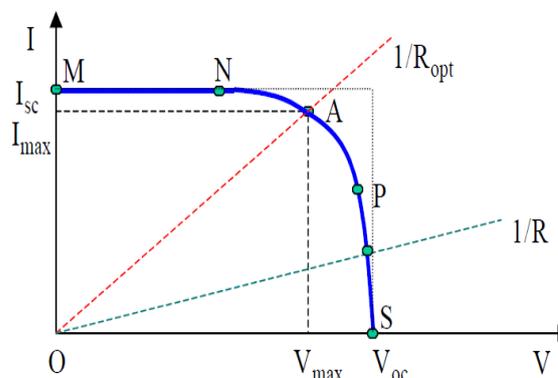
tegangan pada sel surya sama dengan nol ($V_{oc}=0$).

2.2 Rangkaian tegangan terbuka (*open circuit voltage, Voc*)

Rangkaian tegangan terbuka (*open circuit voltage*) adalah tegangan maksimum dari sel surya dan ini terjadi pada saat arus sel surya sama dengan nol ($I_{sc}=0$).

2.3 Parameter pada kurva arus (I) dan tegangan (V)

Satwiko S dkk, (2011), hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa kurva karakteristik arus dan tegangan sel surya dapat berubah apabila besaran intensitas cahaya matahari mengenai permukaan modul surya juga berubah, maka semakin besar pula daya dan efisiensi yang di hasilkan. Untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan pada sel surya dengan kondisi beban atau resistensi yang berbeda-beda, maka dapat digunakan suatu kurva diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva karakteristik arus dan tegangan.

Hansen, dkk, (2001), menjelaskan pula bahwa parameter untuk menentukan nilai output pada sel surya meliputi:

- Arus hubung singkat atau *short circuit current (I_{sc})* adalah arus keluaran maksimum yang di peroleh dari sel surya pada kondisi tidak ada resistansi (R), $V = 0$.
- Tegangan hubung terbuka atau *open circuit voltage (V_{oc})* adalah kapasitas tegangan maksimum

yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.

- c. Daya maksimum (P_{max}) berada pada titik A (V_{max} , I_{max}) yang diperlihatkan pada Gambar 1.
- d. Faktor pengisian atau *Fill Factor* (FF) merupakan harga yang mendekati konstanta suatu sel surya tertentu. Jika nilai FF lebih tinggi dari 0.7, maka sel surya tersebut lebih baik.

2.4 Faktor pengisi

Faktor pengisi adalah ukuran kualitas dari sel surya dapat diketahui dengan membandingkan daya maksimum teoritis dan daya output pada tegangan rangkaian terbuka dan hubungan pendek.

Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar $I_{sc} \times V_{oc}$ dari daya maksimum $V_m \times I_m$ yang dihasilkan sel surya.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots (1)$$

Dengan:

FF = Faktor pengisi

V_m = Tegangan maksimum (Volt)

I_m = Arus maksimum (Ampere)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)

2.5 Daya maksimum

Daya maksimum (P_m) diperoleh dari perkalian antara arus dan tegangan, pada setiap titik A kurva *I-V* pada Gambar 1. Secara grafik daya maksimum pada sel surya berada pada puncak yang memiliki luas terbesar. Titik puncak tersebut dapat disebut *maximum power point* (MPP).

Daya maksimum dari sel surya dapat dihitung dengan Persamaan (2):

$$P_m = V_m \cdot I_m \dots\dots(2)$$

Dengan :

P_m = Daya maksimum keluaran (W)

V_m = Tegangan maksimum (Volt)

I_m = Arus maksimum (Ampere)

2.6 Daya masuk

Daya masuk (P_{in}) diperoleh dari perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area sel surya menggunakan Persamaan (3).

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

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

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

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

2.7 Daya keluaran

Daya keluaran (P_{out}) pada sel surya yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung dengan Persamaan (4).

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

Dengan:

P_{out} = Daya keluaran (W)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)

FF = Faktor pengisi

2.8 Efisiensi sel surya

Efisiensi sel surya (η) adalah perbandingan daya keluaran dengan daya intensitas matahari dapat dihitung dengan Persamaan (5).

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

Dengan:

η = Efisiensi sel surya (%)

P_{in} = Daya intensitas matahari (Watt)

P_{max} = Daya maksimum keluaran (Watt)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pusat dan Riset Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia Makassar.

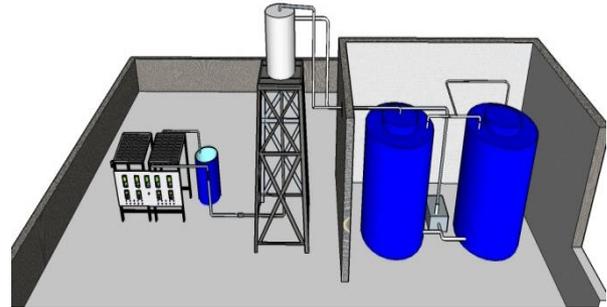
3.2 Instalasi penelitian

Seperangkat alat dan bahan penelitian yang digunakan terdiri dari :

- a. Alat
 1. Sel surya (*monocrystalline* 50 WP)
 2. Solar power meter
 3. Multimeter
 4. Flow meter
 5. Thermocouple
 6. Pompa air
 7. Stopwatch
- b. Bahan
 1. Fleksiglass dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 54 cm dan tebal 5 mm
 2. Pipa pvc ½ inc
 3. Lem silikon
 4. Pipa almunium
 5. Almunium foil
 6. Switch rotary
 7. Resistor keramik

3.3 Prosedur Penelitian

1. Memasang instrumen alat ukur pada instalasi pengujian seperti termokopel untuk mengukur suhu, *solar power meter* mengukur intensitas cahaya matahari dan multimeter untuk mengukur *voltase* dan arus listrik.
2. Menempatkan sel surya (rangkaiannya alat penelitian) pada lokasi yang telah ditentukan (arah matahari).
3. Mengalirkan air pendingin dengan pompa dengan debit sebesar 150 ml/s, 100 ml/s, 67 ml/s dan 50 ml/s.
4. Mengukur intensitas matahari, arus dan tegangan.
5. Setelah data pengukuran cukup dan benar, maka pompa dan semua alat ukur di non aktifkan.



Gambar 2. Skema instalasi penelitian



Gambar 3. Rangkaian alat ukur penelitian



(a)

(b)

Gambar 4. Sel surya yang akan di uji
(a) Sel surya tanpa pendingin dan
(b) Sel surya berpendingin.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Perhitungan

Hasil pengukuran arus dan tegangan, perhitungan daya serta efisiensi sel surya pada Intensitas matahari 1190,7 W/m² dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan daya dan efiesni serta pengukuran arus (I) dan tegangan (V) dengan berpendingin dengan debit air 150 ml/s pada tanggal 11 September 2018.

R Ohm	V Volt	I Amper e	P _{out} Watt	η %
I _{sc}	0,00	2,54	0,00	0,00
7,5	16,9	2,16	36,51	8,11
15,7	19,8	1,21	23,96	5,32
30,7	20,6	0,65	13,39	2,98
52,7	21,0	0,39	8,19	1,82
V _{oc}	21,7	0,00	0,00	0,00

Tabel 2. Hasil perhitungan daya dan efisiensi serta pengukuran arus (I) dan tegangan (V) dengan berpendingin dengan debit air 100 ml/s pada tanggal 28 Agustus 2018.

R Ohm	V Volt	I Amper e	P _{out} Watt	η %
I _{sc}	0,00	2,52	0,00	0,00
7,5	16,4	2,14	35,10	7,80
15,7	19,5	1,19	23,21	5,16
30,7	20,4	0,63	12,85	2,86
52,7	20,8	0,38	7,91	1,76
V _{oc}	21,4	0,00	0,00	0,00

Tabel 3. Hasil perhitungan daya dan efiesni serta pengukuran arus (I) dan tegangan (V) dengan berpendingin dengan debit air 67 ml/s pada tanggal 09 September 2018.

R Ohm	V Volt	I Amper e	P _{out} Watt	η %
I _{sc}	0,00	2,55	0,00	0,00
7,5	16,9	2,18	36,84	8,19
15,7	19,6	1,21	23,72	5,27
30,7	20,5	0,65	13,33	2,96
52,7	21,0	0,39	8,19	1,82
V _{oc}	21,6	0,00	0,00	0,00

Tabel 4. Hasil perhitungan daya dan efisiensi serta pengukuran arus (I) dan tegangan (V) dengan berpendingin dengan debit air 50 ml/s pada tanggal 10 September 2018.

R Ohm	V Volt	I Amper e	P _{out} Watt	η %
I _{sc}	0,00	2,42	0,00	0,00
7,5	16,6	2,12	35,19	7,82
15,7	19,3	1,2	23,16	5,15
30,7	20,4	0,65	13,26	2,95
52,7	20,8	0,39	8,11	1,80
V _{oc}	21,5	0,00	0,00	0,00

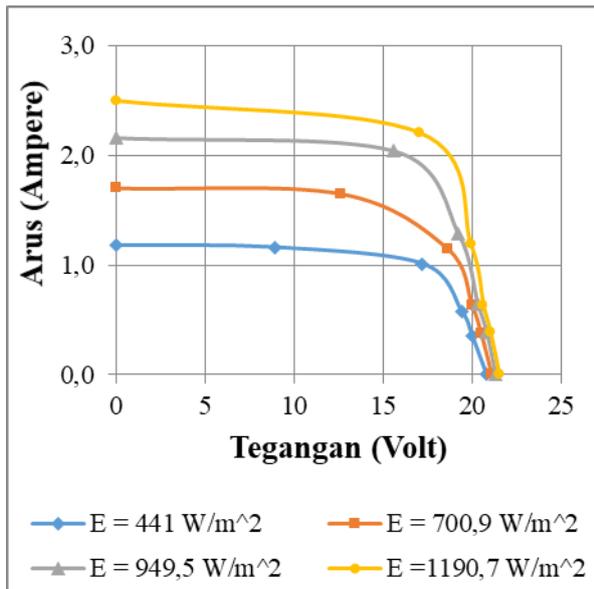
Tabel 5. Hasil perhitungan daya dan efisiensi serta pengukuran arus (I) dan tegangan (V) tanpa berpendingin pada intensitas matahari 1190,7 W/m².

R Ohm	V Volt	I Amper e	P _{out} Watt	η %
I _{sc}	0,00	2,65	0,00	0,00
7,5	16,0	2,13	34,0	7,57
15,7	18,4	1,18	21,71	4,83
30,7	19,2	0,63	12,10	2,69
52,7	19,5	0,38	7,41	1,65
V _{oc}	19,9	0,00	0,00	0,00

b. Pembahasan

1. Karakteristik arus dan tegangan (I - V) terhadap perubahan intensitas matahari tanpa berpendingin.

Karakteristik arus dan tegangan dengan perubahan intensitas matahari sebesar 441 W/m² sampai 1190,7 W/m² diperlihatkan pada Gambar 1. Bila intensitas matahari yang semakin tinggi dapat menghasilkan laju energi panas yang diterima sel surya persatuan waktu terhadap luas penampangnya juga tinggi, sehingga arus dan tegangan pada sel surya tersebut akan meningkat.



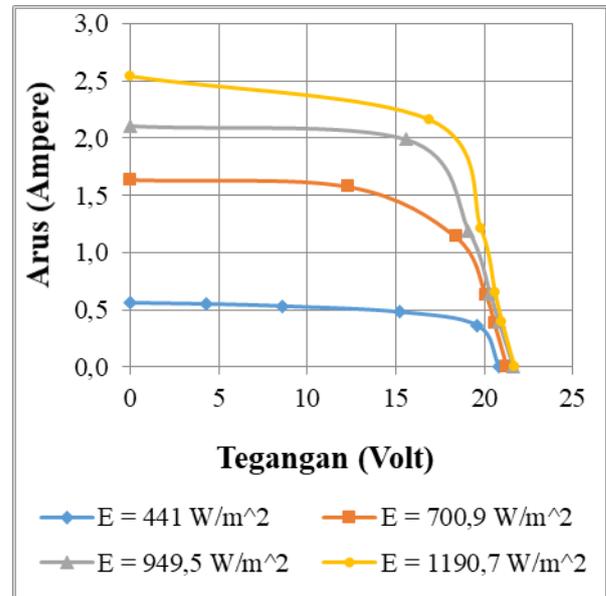
Gambar 1. Kurva karakteristik Arus (I) tegangan (V) dengan perubahan intensitas matahari (E) tanpa berpendingin.

Untuk mendapatkan karakteristik sel surya, maka diperlukan beberapa resistor dengan nilai tahanan yang berbeda-beda pada rangkaian yang berfungsi sebagai beban untuk memperoleh titik-titik pada koordinat I-V yang diperlihatkan pada Gambar 1. Selain itu, peningkatan nilai tahanan akan mengakibatkan penurunan arus dan kenaikan tegangan terjadi secara bertahap sampai mencapai nilai titik maksimum. Pada intensitas matahari 1190,7 W/m² dengan *short circuit current* diperoleh arus tertinggi sebesar 2,65 Ampere pada $V_{oc}=0$, sedangkan pada *open circuit voltage* diperoleh tegangan tertinggi sebesar 19,9 Volt pada $I_{sc}=0$. Sedangkan arus terendah 0,54 Ampere dan tegangan 19,9 Volt pada intensitas matahari 441 W/m².

2. Karakteristik arus dan tegangan (I-V) terhadap perubahan intensitas matahari dengan berpendingin pada debit aliran 150 ml/s.

Pada Gambar 2, diperlihatkan kurva arus dan tegangan pada intensitas matahari berubah-ubah mulai 441 W/m² sampai 1190,7 W/m². Pada intensitas matahari semakin besar, maka arus (I_{sc}) dan tegangan (V_{oc}) yang dihasilkan semakin

tinggi saat *short circuit current* dan *open circuit voltage* melemah.

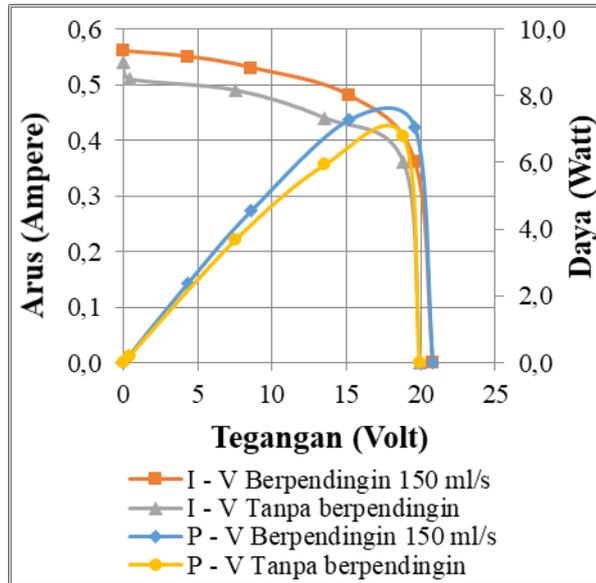


Gambar 2. Kurva karakteristik arus (I) tegangan (V) dengan variasi intensitas matahari (E) dengan berpendingin 150 ml/s.

3. Karakteristik arus, tegangan dan Daya pada intensitas matahari 441 W/m² berpendingin dan tanpa berpendingin.

Kurva arus dan tegangan yang diperlihatkan pada Gambar 3, menunjukkan bahwa kurva arus dan tegangan pada sel surya berpendingin berada di atas kurva arus dan tegangan pada sel surya tanpa berpendingin. Hal tersebut dimungkinkan dapat terjadi karena pada sel surya berpendingin dapat menurunkan temperatur permukaan sel surya yang mengakibatkan arus dan tegangan meningkat. Pada kondisi tersebut, energi termal yang diterimanya sebagian besar dikonversi menjadi daya keluaran. Sedangkan sel surya dengan tanpa berpendingin, energi termal yang diterimanya dapat menaikkan temperatur permukaan sel surya, mengakibatkan arus dan tegangan turun dan daya keluaran menjadi rendah. Tegangan pada *open circuit voltage*, V_{oc} dan arus pada *shot circuit current*, I_{sc} untuk sel

surya berpendingin lebih tinggi, bila dibandingkan dengan sel surya tanpa berpendingin pada intensitas matahari yang sama.



Gambar 3. Kurva karakteristik arus (I) tegangan (V) dan daya dengan sel surya berpendingin dan tidak berpendingin pada intensitas matahari (E) 441 W/m^2 .

Kurva pada Gambar 3, menggambarkan pula bahwa daya maksimum yang dihasilkan sel surya berpendingin pada intensitas matahari 441 W/m^2 sebesar $7,3 \text{ W}$ dan efisiensi $1,62 \%$, sedangkan sel surya tanpa berpendingin $6,8 \text{ W}$ dan efisiensi $1,54 \%$. Tegangan pada *open circuit voltage*, $V_{oc} = 20,8 \text{ Volt}$ dan arus pada *shot circuit current*, $I_{sc} = 0,6 \text{ Ampere}$, sedangkan sel surya tanpa berpendingin, $V_{oc} = 19,9 \text{ Volt}$ dan $I_{sc} = 0,5 \text{ Ampere}$. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hasbi (2014) menunjukkan bahwa dengan penggunaan air pendingin di bawah panel dapat meningkatkan efisiensi sel surya hingga $9,551\%$. Daya maksimum yang diperoleh sebesar $17,368 \text{ W}$, dengan intensitas matahari sebesar (E) 1010 W/m^2 .

Sedangkan Malik (2015) menyatakan bahwa peningkatan efisiensi (\square) dari sel

surya $10,01 \%$ atau meningkat sebesar $2,31\%$ pada saat debit 200 ml/menit . Sedangkan efisiensi pada sel fotovoltaik tanpa menggunakan media pendingin air sebesar $7,70 \%$. Hal yang sama diungkapkan oleh Moharram KA, dkk, (2013).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk sel surya berpendingin dapat menghasilkan daya dan efisiensi lebih besar bila dibandingkan dengan sel surya tanpa berpendingin.
2. Semakin besar debit air pendingin yang mengalir pada bagian bawah sel surya, maka daya dan efisiensi yang dihasilkan lebih besar.

b. Saran

1. Pengukuran intensitas cahaya matahari, temperatur, arus dan tegangan sebaiknya menggunakan *akuisisi data* atau *data logger* untuk mendapatkan karakteristik sel surya terhadap perubahan waktu.
2. Sebaiknya melakukan perhitungan dan analisis kesetimbangan kalor pada sel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Elhady, M. S., Fouad, M., & Khalil, T., 2016, "Improving the efficiency of photovoltaic (PV) panels by oil coating". Energy Conversion and Management, Journal Elsevier.
- Himran S., 2005, "Energi Surya" Universitas Hasanuddin, Makassar, Book.
- Moharram KA, M.S. Abd-Elhady, H.A. Kandil, H. El-Sherif, 2013, "Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling" Ain shams engineering journal (ASEZ).
- Sukhatme, J K Nayak, 2008, "Solar Energy principles of thermal

- collection and storye*”, Book, New Delhi.
- Halik A., 2015, “Uji prestasi sel fotovoltaik berpendingin air untuk sistem hibrid kolektor surya pemanas air.”
- Hasbi., 2014, “Analisis Peningkatan Efisiensi Sel Fotovoltaik Dengan Penggunaan Aliran Air Pendingin Pada Bagian Bawah Panel”.