

## EFEKTIVITAS PENDINGIN MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK PADA PANEL SURYA

### *EFFECTIVENESS OF THERMOELECTRIC COOLING ON SOLAR PANEL*

Joko Suryo Sumbodo<sup>1</sup>, M. Ramdhan Kirom<sup>2</sup>, Porman Pangaribuan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[joko.vphb@gmail.com](mailto:joko.vphb@gmail.com) <sup>2</sup>[jakasantang@gmail.com](mailto:jakasantang@gmail.com) <sup>3</sup>[porman@telkomuniversity.ac.id](mailto:porman@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Peningkatan kebutuhan listrik saat ini mengakibatkan terjadinya krisis energi. Berdasarkan permasalahan tersebut, energi surya yang termasuk dalam energi terbarukan dipilih sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh efektivitas pendingin pada perangkat *solar cell*, pendinginan oleh angin tidak diperhitungkan. Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu suhu, arus dan tegangan *output*.

Alat yang digunakan di sini adalah *solar cell*, karena *solar cell* dapat mengkonversikan langsung radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (proses *photovoltaic*) dan juga sistem *thermoelectric* sebagai pendingin untuk *solar cell*. Pada penelitian ini juga digunakan sistem tanpa pendingin untuk dibandingkan dengan yang memakai pendingin agar dapat diketahui seberapa besar efektivitas pendingin pada perangkat *solar cell* dan juga efisiensinya.

Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa panel surya dengan pendingin yang berupa *thermoelectric* lebih efisien daripada panel surya tanpa pendingin. Pada panel surya dengan pendingin didapatkan presentase peningkatan efisiensi sebesar 18,53%, presentase peningkatan daya keluaran sebesar 18,59%, presentase pendinginan suhu sebesar 19,53% jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin.

**Kata Kunci :** *solar cell*, , *photovoltaic*, energi terbarukan, *thermoelectric*

#### Abstract

*The current increase in electricity demand has resulted in an energy crisis. Based on these problems, solar energy included in renewable energy is chosen as an alternative energy to produce electricity. The purpose of this study was to determine the effect of cooling effectiveness on solar cell devices, cooling by wind was not taken into account. The parameters measured in this study are temperature, current and output voltage.*

*The tool used here is a solar cell, because solar cells can convert direct solar radiation into electrical energy (photovoltaic process) and also thermoelectric system as a cooling for solar cells. In this study also used a system without cooling to be compared with the use of coolant in order to know how much the effectiveness of cooling on solar cell devices and also its efficiency.*

*From this research found that solar panels with Thermoelectric cooler more efficient than solar panel without cooling. In solar panels with coolant obtained percentage increase in efficiency of 18.53%, percentage increase in output power of 18.59%, percentage of cooling temperature of 19.53% when compared with solar panels without cooling.*

**Keywords:** *solar cell*, , *photovoltaic*, energi terbarukan, *thermoelectric*

#### 1. Pendahuluan

Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan perorangan sangat meningkat. Peningkatan kebutuhan listrik ini mengakibatkan terjadinya krisis energi. Untuk itu, energi surya dipilih sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik[1]. Sebuah modul panel surya bekerja secara maksimal untuk merubah energy surya menjadi energi matahari pada suhu sekitar 25 derajat Celcius dengan kapasitas produksi 1 kW/m<sup>2</sup>[2]. Namun ketika beroperasi di lapangan, panel surya biasanya akan menerima panas akibat radiasi matahari sehingga suhu dari panel melebihi nilai suhu optimalnya yang mengakibatkan kinerja dan efisiensi sel surya monocrystalline dan polycrystalline turun drastis ketika suhu naik [3].

Dengan penambahan pendinginan dengan heatsink yang dialiri air pada panel surya, daya keluaran dari panel surya meningkat karena ketika suhu turun, tegangan open circuit dari panel surya meningkat sehingga secara otomatis daya keluaran juga meningkat karena daya merupakan perkalian dari arus dan tegangan begitu juga dengan efisiensi yang meningkat[11].

Pada penelitian ini digunakan metode pendinginan dengan TE dan air dapat digunakan sebagai peredam panas pada panel surya. Pendinginan suhu pada panel sangat penting agar tidak terjadi kerugian dalam menghasilkan energi listrik yang disebabkan oleh terlalu tingginya suhu dari radiasi matahari yang membuat sel surya tidak bekerja secara optimal.

Pada penelitian ini penulis menganalisis efektivitas panel surya dengan menggunakan pendingin dan juga tanpa pendingin, apakah panel surya dapat bekerja lebih optimal dengan menggunakan pendingin ataupun sebaliknya.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Photovoltaic

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaiik adalah sebuah alat yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai alat dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm<sup>2</sup>. Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar. Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu [4].

### 2.2. Skema Prinsip Kerja Panel Surya

Semakin besar daya input yang diberikan, maka daya listrik yang dapat dihasilkan oleh sel surya semakin besar. Daya listrik adalah besaran yang diturunkan dari nilai tegangan dan arus sehingga sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan merupakan bagian dari kelistrikan yang dimiliki oleh sel surya.

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan harus diketahui daya yang diterima (daya input), di mana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul PV dengan persamaan:

$$P_{in} = I_r A \quad (1)$$

$P_{in}$  = Daya input akibat Radiasi matahari (Watt)

$I_r$  = intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = Luas area permukaan photovoltaic module (m<sup>2</sup>)

Daya listrik yang diberikan oleh sel surya adalah :

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

Efisiensi keluaran maksimum ( $\eta$ ) didefinisikan sebagai prosentase daya keluaran optimum terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai :

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

Selain efisiensi, karakteristik yang lainnya adalah faktor pengisi (fill factor, FF). Fillfactor (FF) merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan tegangan open circuit ( $V_{oc}$ ) dan arus shortcircuit ( $I_{sc}$ ). Hal ini berarti bahwa daya yang dimiliki oleh sel surya belum tentu dapat diberikan kepada beban sepenuhnya. Harga fill factor yang ideal 0.7 sampai 0.85[5].

$$FF = (V_{mpp} \times I_{mpp}) / (V_{oc} \times I_{sc}) \quad (4)$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (5)$$

### 2.3. Powermeter

Solar Power meter atau perangkat yang menguji tenaga surya, dimana sumber tenaga matahari ini dikonversi dari sinar matahari menjadi listrik, baik secara langsung dengan menggunakan photovoltaic (PV), atau langsung menggunakan concentrated solar power (CSP) atau tenaga surya terkonsentrasi. [6].

### 2.4. Sensor Suhu

Komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu. Sensor suhu melakukan pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu obyek sehingga memungkinkan kita untuk mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan-perubahan suhu tersebut dalam bentuk output Analog maupun Digital. Sensor Suhu juga merupakan dari keluarga Transduser[7].

### 2.5. Pengukuran Daya

Pengukuran daya diperlukan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi daya sistem panel surya dengan pendingin sebagai pembangkit listrik, dengan menggunakan persamaan untuk mencari daya listrik, yaitu

$$P = V \times I \quad (6)$$

$P$  = daya listrik (Watt)

$V$  = tegangan (Volt)

$I$  = arus listrik (Ampere)

dari persamaan 2.7, diperlukan nilai tegangan yang dikalikan dengan arus listrik untuk mendapatkan tegangan, kedua nilai tersebut didapatkan dari pembacaan 2 sensor, diantaranya :

- Sensor Tegangan

Prinsip kerja modul sensor tegangan yaitu didasarkan pada prinsip penekanan resistansi, dan dapat membuat tegangan input berkurang hingga 5 kali dari tegangan asli[8].

- Sensor Arus

Menggunakan prinsip fungsi transfer, yaitu membandingkan nilai keluaran dengan nilai masukan, sensor arus sedikit berbeda fungsi transfernya adalah korelasi antara nilai besaran fisis yang terukur oleh sensor terhadap nilai ADC (Analog to Digital Converter) yang membacanya.

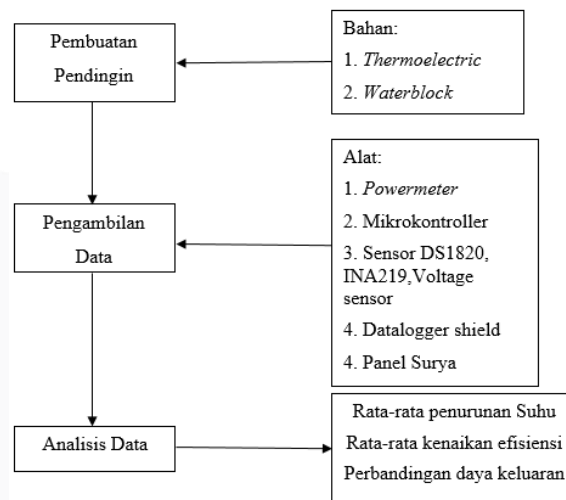
## 2.6. Datalogger

Proses otomatis pengumpulan dan perekaman data dari sensor untuk tujuan pengarsipan atau tujuan analisis. Sensor digunakan untuk mengkonversi besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan akhirnya dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk pengolahan[9].

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1. Desain Sistem

Berikut merupakan tahap penelitian dalam pengerjaan tugas akhir :



Gambar 3-1. Tahapan Penelitian

- Tahap pembuatan pendingin dan sensor

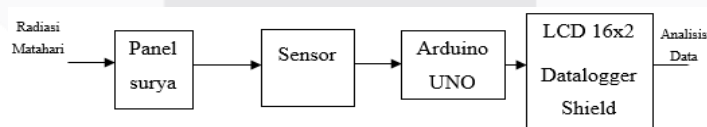
Dalam Tahap ini dari bahan yang ada akan dibuat pendingin panel surya. Pendingin yang dipakai dalam penelitian ini adalah pendinginan oleh thermoelectric sebagai penyerap panas dan air sebagai bagian dingin thermoelectric. Untuk sensor yang dipakai adalah DS1820 untuk mengukur suhu, Voltage Sensor untuk mengukur tegangan, dan INA219 untuk mengukur arus listrik.

- Tahap Pengambilan data

Setelah tahap pembuatan pendingin dan sensor selesai maka selanjutnya adalah pengambilan data. Pengambilan data ini dilakukan setiap 15 menit sekali dengan data yang diambil berupa tegangan, arus dan Suhu.

Semua data yang sudah tercatat di SD card melalui Datalogger shield akan di analisis dalam bentuk table dan grafik. Hasil dari gambar grafik dan table akan dibandingkan dengan yang menggunakan pendingin dan tanpa menggunakan pendingin dan akan dicari nilai rata-rata penurunan suhu dan kenaikan efisiensi panel surya.

Berikut merupakan desain sistem dari rancang bangun alat:



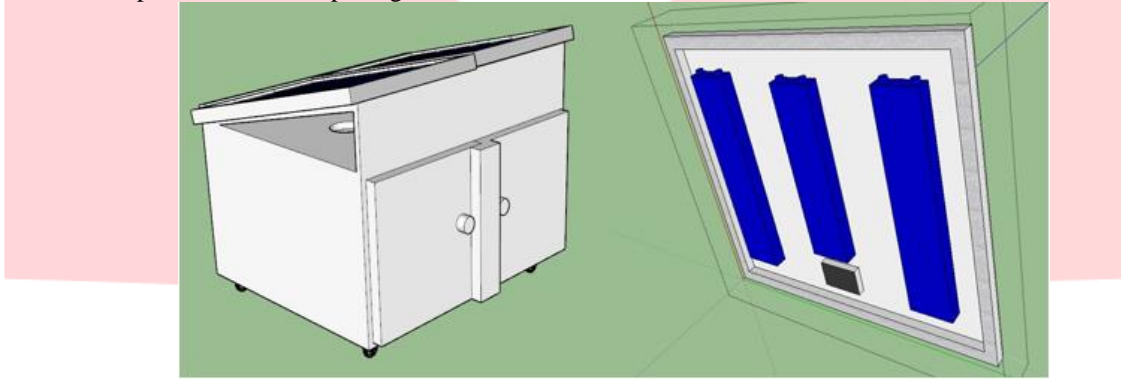
Gambar 3-2. Desain Sistem

Berdasarkan gambar 3-2 , panel surya yang dipakai ada 2 yaitu panel dengan pendingin yang berupa TE dan panel tanpa pendingin. Sensor yang dipakai pada penelitian ini adalah Voltage Sensor, sensor arus INA219, dan sensor

suhu DS18B20 yang selanjutnya akan mengirimkan sinyal ke arduino uno untuk diproses. Setelah diproses oleh arduino uno maka selanjutnya akan ditampilkan ke LCD 16x2 dan juga menulis kedalam SD card yang ada pada datalogger shield.

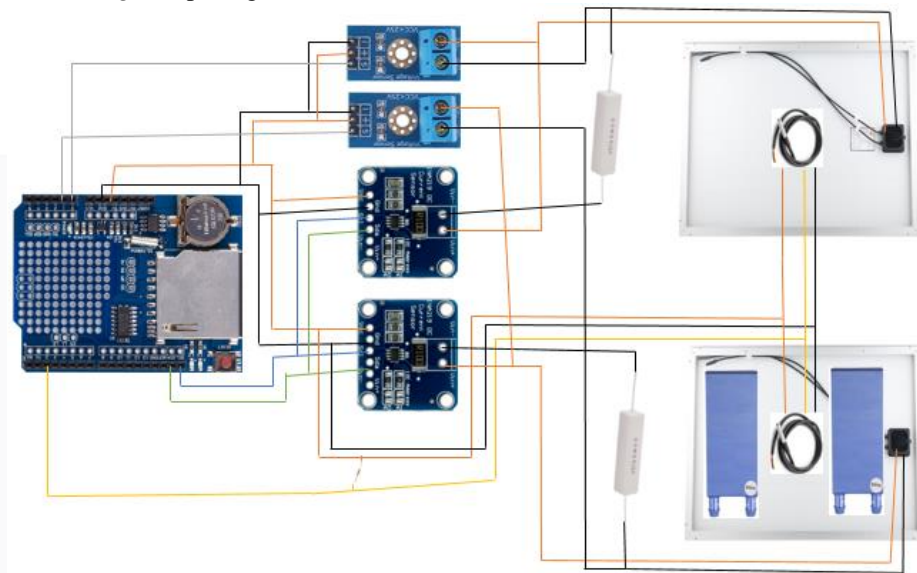
### 3.2. Perancangan Perangkat Keras

Berikut merupakan desain dari perangkat keras sistem:

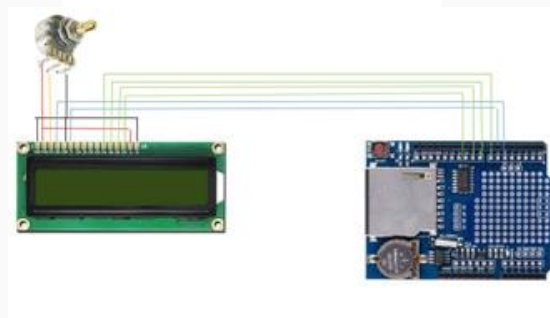


Gambar 3-3. Desain Perangkat Keras

Berikut merupakan *Wiring* dari perangkat keras sistem:



Gambar 3-4. *Wiring* arduino & datalogger



Gambar 3-5. *Wiring* LCD 16x2

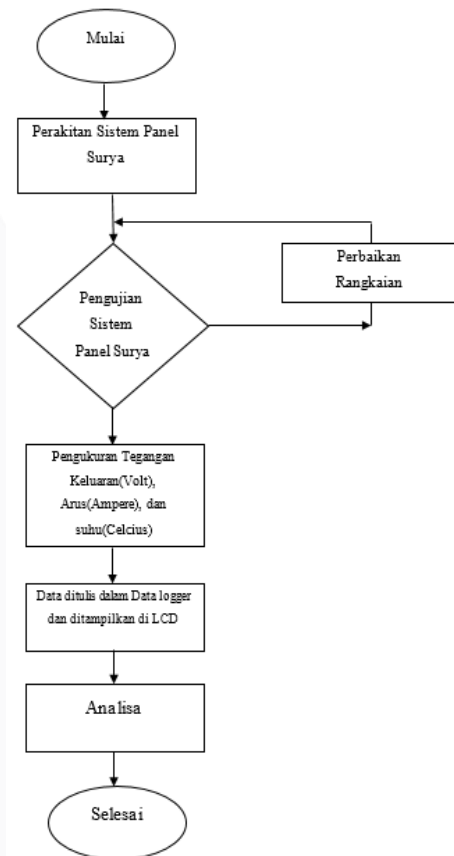
### 3.3. Spesifikasi Komponen

Berikut merupakan tabel mengenai spesifikasi komponen yang digunakan pada rancang bangun sistem:  
Table 3-1. Spesifikasi Komponen

No	Nama	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel surya	SOLARLAND SLP010-12 10wp 35 x 25 x 2.5 cm	2
2	Sensor arus listrik	INA219	2
3	Sensor tegangan listrik	Voltage Sensor	2
4	Sensor suhu	DS18B20	2
5	Arduino	Arduino Uno	1
6	Datalogger	Datalogger shield +RTC	1
7	Waterblock	16,2cm x 4cm x 1,2cm	2
8		8,2cm x 4cm x 1,2cm	1
9	Lem thermal	STARS-922	3
10	Pompa air DC	DC water pump	1
11	Potensio	100k 3 pin alfa-plus	1
12	Resistor	10w 15Ω	2

### 3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Berikut merupakan desain perangkat lunak dari alat pada penelitian ini:



Gambar 3-5. Diagram alir sistem

## 4. Hasil Pengujian dan Analisis

### 4.1 Pengujian sistem keseluruhan

Pengujian dilakukan selama 3 hari dimulai dari hari Selasa, 17 Juli 2018 sampai dengan Kamis, 19 Juli 2018 dengan rentang waktu pengujian selama 6 jam dari pukul 09.00 sampai 15.00 berlokasi di lantai 4 gedung P universitas Telkom, Bojongsong, Bandung. Menggunakan Panel Surya SOLARLAND SLP010-12 10wp 2 buah, Voltage Sensor, sensor arus INA2019, dan sensor suhu DS18B20 yang dipakai berjumlah masing – masing 2 buah untuk mengukur panel dengan pendingin dan tanpa pendingin yang dihubungkan ke arduino uno. Datalogger shield untuk mencatat hasil pembacaan sensor kedalam SD card dan juga hasil pembacaan sensor ditampilkan ke LCD 16x2.



## 4.2 Analisa sistem keseluruhan

Dari data pengujian selama 3 hari dimulai dari hari Selasa, 17 Juli 2018 sampai Kamis, 19 Juli 2018 menunjukkan bahwa output daya tertinggi terjadi pada saat hari Selasa, 17 Juli 2018 pukul 12:00:13 . Pada saat itu panel surya mampu menghasilkan tegangan 8.94 Volt dan Arus 599.2 Ampere sehingga menghasilkan daya sebesar 5.35 Watt dengan efisiensi yang didapat yaitu :

$$\begin{aligned} P_{out} &= 5.35 \text{ W} \times FF \\ &= 5.35 \text{ W} \times 0,78 \\ &= 4.173 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r A \\ &= 887 \text{ W/m}^2 \times 0,0875 \text{ m}^2 \\ &= 77,6125 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= P_{out}/P_{in} \times 100\% \\ &= 4.173/77,6125 \times 100\% \\ &= 0,05376 \times 100\% \\ &= 5,376\% \end{aligned}$$

- Rata – rata daya keluaran

Dari data pengujian selama 3 hari didapatkan rata – rata daya keluaran panel surya dengan pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (2526,82+2829,31+2967,69)/3 \\ &= 8323,82/3 \\ &= 2774.6 \text{ mW} \\ &= 2,774 \text{ W} \end{aligned}$$

Sedangkan panel surya tanpa pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (2124,53+2430+2465,18)/3 \\ &= 7019,71/3 \\ &= 2339.9 \text{ mW} \\ &= 2,339 \text{ W} \end{aligned}$$

Maka didapatkan presentase peningkatan daya keluaran panel dengan pendingin terhadap panel tanpa pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (2,774/2,339 - 1) \times 100\% \\ &= (1,1859 - 1) \times 100\% \\ &= 0,1859 \times 100\% \\ &= 18,59\% \end{aligned}$$

- Rata – rata efisiensi

Dari data pengujian selama 3 hari didapatkan rata – rata efisiensi panel surya dengan pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (5,446+5,75+5,862)/3 \% \\ &= 17,058/3 \% \\ &= 5,686 \% \end{aligned}$$

Sedangkan panel surya tanpa pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (4,591+4,93+4,87)/3 \% \\ &= 14,391/3 \% \\ &= 4,797 \% \end{aligned}$$

Maka didapatkan presentase peningkatan efisiensi panel dengan pendingin terhadap panel tanpa pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (5,686/4,797 - 1) \times 100\% \\ &= (1,1853 - 1) \times 100\% \\ &= 0,1853 \times 100\% \\ &= 18,53\% \end{aligned}$$

- Rata – rata suhu

Dari data pengujian selama 3 hari didapatkan rata – rata suhu panel surya dengan pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (39,86+43,28+34,18)/3 \\ &= 117,32/3 \\ &= 39,1^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Sedangkan panel surya tanpa pendingin yaitu :

$$\begin{aligned} &= (44,11+49,35+46,77)/3 \\ &= 140,23/3 \\ &= 46,74^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Maka didapatkan presentase pendinginan suhu panel dengan pendingin terhadap panel tanpa pendingin yaitu :

$$= (46,74/39,1 - 1) \times 100\%$$

$$= (1,1953 - 1) \times 100\%$$

$$= 0,1953 \times 100\%$$

$$= 19,53\%$$

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis dari pengujian pada bab IV didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada panel surya dengan pendingin didapatkan presentase peningkatan efisiensi sebesar 18,53% jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin.
2. Pada panel surya dengan pendingin didapatkan presentase peningkatan daya keluaran sebesar 18,59% jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin.
3. Pada panel surya dengan pendingin didapatkan presentase pendinginan suhu sebesar 19,53% jika dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin.
4. Melihat penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan dengan cara pendinginan menggunakan heatsink dan aliran air, didapatkan peningkatan daya rata-rata sebesar 14,2%. Jika dibandingkan dengan penelitian ini yang pendinginnya berupa Thermoelectric dengan waterblock didapatkan peningkatan daya rata-rata sebesar 18,59%, maka dapat disimpulkan penelitian ini berhasil namun jika dilihat dari segi efisien atau tidaknya, penelitian ini belum sepenuhnya efisien dikarenakan masih menggunakan pompa untuk mendorong air ke waterblock yang memakai daya cukup besar.

### 5.2 Saran

Saran untuk pengembangan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan untuk pengembangan hasil penelitian ini pakai yang lebih besar kapasitas penyerapannya.
2. Menggunakan air yang mengalir seperti air sungai agar tidak perlu menggunakan motor untuk mendorong air ke waterblock lagi.
3. Menggunakan sensor yang teliti dan akurat.
4. Menggunakan sistem pendingin yang lebih baik dalam meredam panas pada panel surya.

## Daftar Pustaka

- [1] Muhazir, G. (2013, May 5). *PENGGUNAAN ENERGI ALTERNATIF*. Retrieved from <http://kopite-geografi.blogspot.co.id/2013/05/penggunaan-energi-alternatif.html>
- [2] Suryana, D. (2016, November). Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin. *JURNAL TEKNOLOGI PROSES DAN INOVASI INDUSTRI, VOL. 2, NO. 1*.
- [3] Bioudun, A.D. (2017). Experimental Evaluation of the Effect of Temperature on Polycrystalline and Monocrystalline Photovoltaic Modules. *IOSR Journal of Applied Physics, 9(2), 5-10*.
- [4] Septina, W. (2013). *Sel surya : Struktur & Cara kerja*. Retrieved from <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>
- [5] Adhi, W. (2013, September). Dipo PV Cooler. *TRANSIENT, VOL.2, NO. 3, ISSN: 2302-9927, 501*.
- [6] Mujiati, D. (2014). *SOLAR POWER METER*. Retrieved from <http://www.alatuji.com/article/detail/32/solar-power-meter#.W0tXBdUzaHs>
- [7] Kho, D. (2016). *Pengertian Sensor Suhu dan Jenis-jenisnya*. Retrieved from <http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>
- [8] Fachri, R. (2016, September). *Tutorial Arduino Mengukur Tegangan Dengan Modul Sensor Tegangan*. Retrieved from <http://electricityofdream.blogspot.co.id/2016/09/tutorial-mengukur-tegangan-dengan-modul.html>
- [9] Yulianto, A. (2011, Januari 12). *DATA LOGGER*. Retrieved from <http://sonoku.com/data-logger-bagian-1/>
- [10] Asy'ari, H. (2012). Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS, ISSN : 1412-9612*.
- [11] Isyanto, H. (2017). Pendingin Untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, ISSN : 2407-1846*.