

# PEMANFAATAN *THERMOELECTRIC COOLER* PADA *PHOTOVOLTAIC* SEBAGAI PEMBANGKIT

## *TERMOELECTRIC COOLER UTILIZATION ON PHOTOVOLTAIC AS GENERATOR*

Faris Akhmad Diawan, M.Ramdlan Kirom, Porman Pangaribuan

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

<sup>1</sup>[faris.diawan@gmail.com](mailto:faris.diawan@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

*Thermoelectric Generator (TEG)* adalah perangkat generator listrik yang dapat mengonversi perbedaan suhu menjadi energi listrik secara langsung, menggunakan fenomena yang disebut dengan efek *seebeck*. TEG kini sering diaplikasikan sebagai pembangkit yang melibatkan panas sebagai mediana seperti pembangkit tenaga matahari. Menurut penelitian Indonesia memiliki potensi surya sebesar 112.000 GWp, namun yang baru dapat dimanfaatkan baru sekitar 10MWp.

Penelitian mengenai *PhotoVoltaic/Thermal (PV/T) heat pipe hybrid system* adalah salah satu upaya penggabungan antara *solar thermal* dan *solar cell* yang berawal dari sistem pendingin untuk *photoVoltaic (PV)*, lalu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan suhu (*thermal*), kelistrikan, dan efisiensi energi mendekati 63.65%, 8.45% dan 10.26%. dari hasil panas tersebut yang menjadi uap dimanfaatkan kembali. Ada juga yang memanfaatkan *thermoelectric (TE)* sebagai media pendingin sekaligus untuk *hybrid* dengan memanfaatkan suhu (*thermal*) yang akan diubah menjadi listrik. Pemanfaatan TE sebagai pendingin sekaligus pembangkit digunakan oleh penulis sebagai penelitian Tugas Akhir.

Dengan demikian penulis merancang sistem pembangkit dan pendingin yang diterapkan pada PV. Menggunakan 10 buah TEC-12706 yang disusun seri sebagai pembangkit sekaligus pendingin PV. Lalu menggunakan air yang disirkulasikan dengan menggunakan pompa untuk bagian dingin dari TE

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan TEC-12706, pada hari pertama penurunan suhu PV rata-rata 5,5 °C dan hasil tegangan pada saat waktu puncak 0,73 V. Sedangkan pada hari kedua menggunakan air es dan memperoleh penurunan suhu rata-rata 16,5 °C dan tegangan 0,9 V. .

**Kata Kunci** : *renewable energy, solar thermal, thermoelectric, photovoltaic, perbedaan suhu*

### Abstract

*Thermoelectric Generator (TEG)* is an electric generator device that can convert temperature differences into electrical energy directly, using a phenomenon called the *seebeck effect*. TEG is now often used as a generator that involves heat as a medium such as a solar power plant. According to research, Indonesia has a solar power potential of 112,000 GWp, but only 10MWp can be utilized.

Research on *photoVoltaic / thermal hybrid (PV / T) heat pipe systems* is one attempt to combine solar and solar solar cells derived from cooling systems for *photoVoltaics (PV)*, then can be used to increase temperature (*thermal*), electricity and efficiency energy is approaching 63.65%, 8.45% and 10.26%. from the heat produced to steam, it is reused. There are also those who use *thermoelectric (TE)* as a cooling medium and for hybrids by utilizing temperature (*thermal*) which will be converted into electricity. The use of TE as a cooler or generator is used by the author as a Final Project research.

Thus the author designs generators and cooling systems that are applied to PV. Using 10 pieces of TEC-12706 arranged in series as generators and PV coolers. Then use water that is circulated using a pump for the cold part of TE

Based on the results of testing using TEC-12706, on the first day the PV temperature decreased on average 5.5 °C and the results of stress when the peak time was 0.73 V. Whereas on the second day ice water was used and a decrease in average temperature was used. 16.5 °C and Voltage 0.9 V.

**Keywords:** *Seebeck effect, solar thermal, thermoelectric, photoVoltaic, temperature difference*

### 1. Pendahuluan

Tingginya kebutuhan penggunaan energi listrik oleh masyarakat saat ini memicu pesatnya perkembangan *renewable energy*[1]. Pada tahun 2030 diperkirakan konsumsi listrik Indonesia akan bertambah tiga kali lipat[2]. Menurut *International Renewable Energy Agency (IRENA)* terdapat lebih dari 10% masyarakat Indonesia yang masih kekurangan akses listrik, sementara pemerintah menargetkan untuk elektrifikasi hingga mendekati 100% [2].

Indonesia memiliki potensi dalam bidang *renewable energy*, yaitu dalam bidang tenaga surya yang memanfaatkan intensitas cahaya matahari, sementara penelitian mengenai *solar thermal* (panas matahari) masih

sedikit di Indonesia[2], [3]. Menurut Kementerian ESDM, pada tahun 2026 potensi surya di Indonesia mencapai 4,8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang baru dapat dimanfaatkan baru sekitar 10MWp[4].

Penelitian mengenai *Photovoltaic/Thermal (PV/T) heat pipe hybrid system* adalah salah satu upaya penggabungan antara *solar thermal* dan *solar cell* yang berawal dari sistem pendingin untuk *photovoltaic (PV)*, lalu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan suhu (*thermal*), kelistrikan dan efisiensi energi mendekati 63,65%, 8,45% dan 10,26%. dari hasil panas tersebut yang menjadi uap dimanfaatkan kembali[3], [5]. Tetapi belum ada yang memanfaatkan *thermoelectric (TE)* sebagai media pendingin sekaligus untuk *hybrid* dengan memanfaatkan suhu (*thermal*) yang akan diubah menjadi listrik..

Dengan menggunakan salah satu prinsip kerja dari *thermoelectric* yaitu dengan efek seebeck[6], *thermoelectric* memiliki kelebihan, selain harga yang relatif murah, juga ketika ingin memperbesar hasil keluaran menjadi lebih mudah karena cukup menambah jumlah *thermoelectric*.

## 2. Dasar Teori

### 2.2 Thermoelectric Generator (TEG)

Tingginya kebutuhan penggunaan energi listrik oleh masyarakat saat ini memicu pesatnya perkembangan *renewable energy*[1]. Pada tahun 2030 diperkirakan konsumsi listrik Indonesia akan bertambah tiga kali lipat[2]. Menurut *International Renewable Energy Agency (IRENA)* terdapat lebih dari 10% masyarakat Indonesia yang masih kekurangan akses listrik, sementara pemerintah menargetkan untuk elektrifikasi hingga mendekati 100% [2].

Indonesia memiliki potensi dalam bidang *renewable energy*, yaitu dalam bidang tenaga surya yang memanfaatkan intensitas cahaya matahari, sementara penelitian mengenai *solar thermal* (panas matahari) masih sedikit di Indonesia[2], [3]. Menurut Kementerian ESDM, pada tahun 2026 potensi surya di Indonesia mencapai 4,8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang baru dapat dimanfaatkan baru sekitar 10MWp[4].

Penelitian mengenai *PhotoVoltaic/Thermal (PV/T) heat pipe hybrid system* adalah salah satu upaya penggabungan antara *solar thermal* dan *solar cell* yang berawal dari sistem pendingin untuk *photoVoltaic (PV)*, lalu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan suhu (*thermal*), kelistrikan dan efisiensi energi mendekati 63,65%, 8,45% dan 10,26%. dari hasil panas tersebut yang menjadi uap dimanfaatkan kembali[3], [5]. Ada juga yang memanfaatkan *thermoelectric (TE)* sebagai media pendingin sekaligus untuk *hybrid* dengan memanfaatkan suhu (*thermal*) yang akan diubah menjadi listrik. Pemanfaatan TE sebagai pendingin sekaligus pembangkit digunakan oleh penulis sebagai penelitian Tugas Akhir.

Dengan menggunakan salah satu prinsip kerja dari *thermoelectric* yaitu dengan efek *Seebeck*[6], penulis melakukan penelitian Tugas Akhir untuk mengetahui kelayakan TE sebagai pembangkit dari kalor sisa PV sekaligus pendingin untuk PV.

### 2.2 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor adalah ilmu yang meramal atau memperkirakan perpindahan energi yang terjadi akibat perbedaan suhu diantara suatu benda atau material, dan yang menjadi fokus analisis perpindahan kalor adalah laju perpindahannya, bukan bagaimana cara kalor itu berpindah[9].

Kalor dapat berpindah melalui tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi[9]. Dalam Tugas Akhir penulis akan menggunakan dua cara, yaitu konduksi dan konveksi yang terjadi dalam waktu yang bersamaan, untuk mendapatkan perbedaan suhu pada *TE*.

#### 2.2.1 Konduksi

Jika suatu benda memiliki perbedaan perbedaan suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bersuhu tinggi kesuhu yang lebih rendah[9]. Perpindahan kalor secara konduksi terjadi dua kali pada saat sisi panas *TE* yang ditempelkan ke PV, dan juga sisi dingin yang akan ditempel *heat sink* sebagai media untuk menghantarkan kalor dari hasil konveksi fluida terhadap *heat sink*.

#### 2.2.3 Konveksi

Sebuah benda yang bersuhu tinggi akan lebih cepat dingin bila diberi tiupan angin atau dicelupkan ke air yang mengalir, itu adalah salah satu contoh perpindahan kalor konveksi, yaitu perpindahan kalor yang diikuti oleh zat perantaranya.

## 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[10].

## 2.5 Pengukuran Daya

Dalam tugas akhir ini pengukuran daya diperlukan untuk mengetahui kelayakan dari *TE* sebagai pembangkit listrik, dengan menggunakan persamaan untuk mencari daya listrik, yaitu

$$P = V \cdot I \text{ (persamaan 2. 1)}$$

$P$  = daya listrik (Watt)  
 $V$  = tegangan (Volt)  
 $I$  = arus listrik (Ampere)

dari persamaan 2.10, penulis memerlukan nilai tegangan yang dikalikan dengan arus listrik untuk mendapatkan tegangan, untuk mendapatkannya penulis menggunakan sensor,

### 2.5.1 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[11].

Tegangan keluaran diambil dari *TE* yang dihubungkan ke mikrokontroler dan sensor untuk mendapatkan data secara *real time*.

### 2.5.2 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 Data Logger

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/mikrokontroler untuk pengolahan[11].

Dalam tugas akhir penulis, data *logger* berguna untuk mempermudah dalam pengambilan data seperti suhu, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh *TE*.

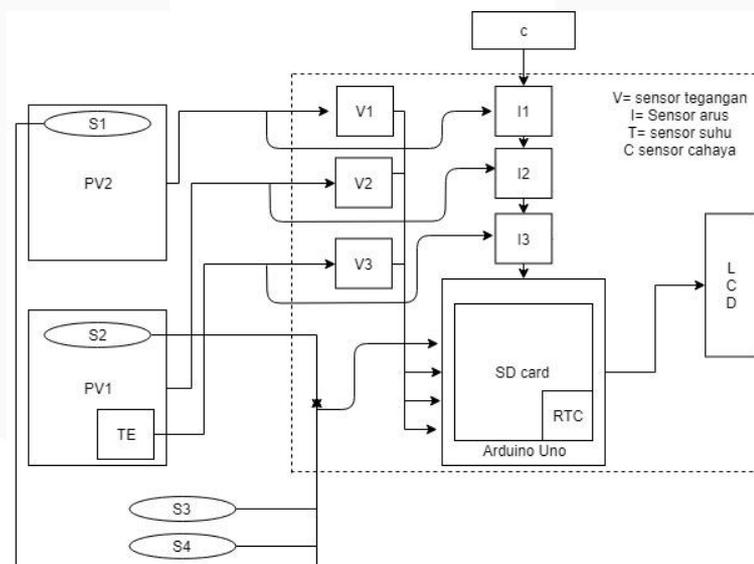
## 2.7 Aplikasi Thermoelectric

Penggunaan *TE* sebagai sarana pendingin untuk PV sekaligus untuk pembangkit listrik, dengan tenaga kalor sisa dari PV, selain itu pendingin menggunakan air sisa kamar mandi yang akan berguna sebagai pendingin PV juga sebagai pembeda suhu untuk *TE*

## 3. Perancangan Sistem

### 3.1. Desain Sistem

Berikut merupakan desain sistem dari rancang bangun alat:

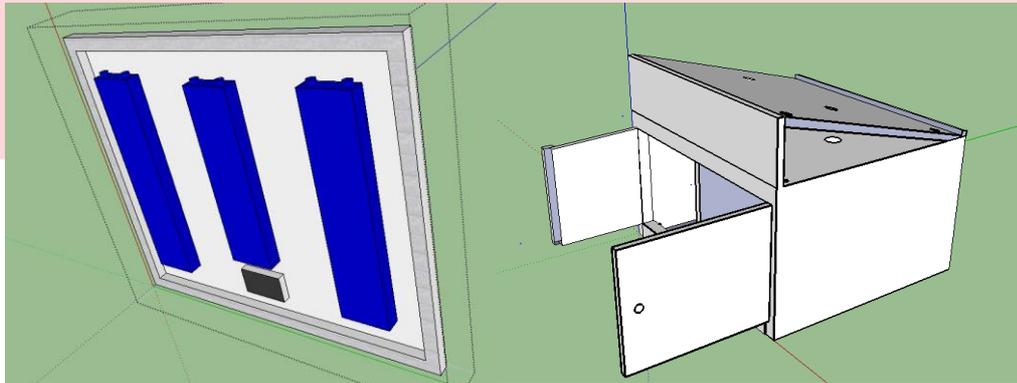


Gambar 3-1. Desain Sistem

Sistem *monitoring* suhu, daya dan cahaya menggunakan Arduino uno sebagai kontrolernya untuk mengolah semua data dari DS-18B20, BH1750, INA 219, dan sensor tegangan. Setelah itu *output* dari Arduino Uno akan disimpan dalam SD *card* lalu ditampilkan di LCD 16 x 2. Kemudian RTC 1307 sebagai penanda waktu secara realtime yang nanti akan diambil per -15 menit. Secara umum sistem monitoring dapat ditunjukkan pada gambar 3.1.

### 3.2. Perancangan Perangkat Keras

Rancang bangun sistem pendingin ini menggunakan kayu MDF dengan kemiringan PV 15 derajat lalu akan diposikan mengarah utara. TE akan ditempel pada PV sebanyak 10 buah lalu akan ditempel lg dengan *waterblock*.



Gambar 3-2. Desain TE pada PV dan desain box sistem pendingin

### 3.3. Spesifikasi Komponen

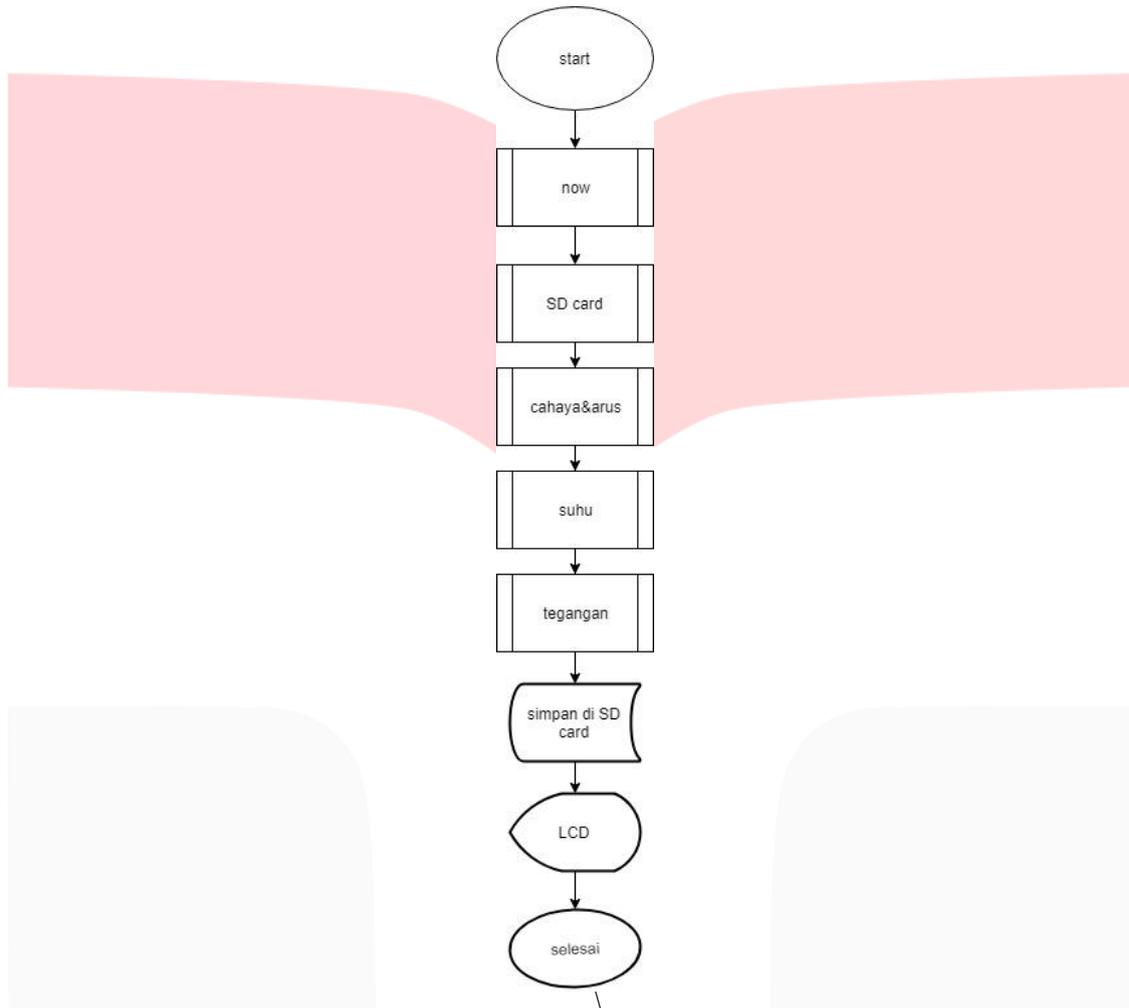
Berikut merupakan tabel mengenai spesifikasi komponen yang digunakan pada rancang bangun sistem pemotongan otomatis:

Table 2-1. Spesifikasi Komponen

No	Nama	Spesifikasi	Jumlah
1	Arduino	Arduino Uno	1
2	TEC-12706	5-116 V	10
3	INA-219	0-#A	2
4	Sensor tegangan	0-25V	2
5	DS-18B20	-55 – 125 °C	1
6	Pompa air	ukuran xl	1

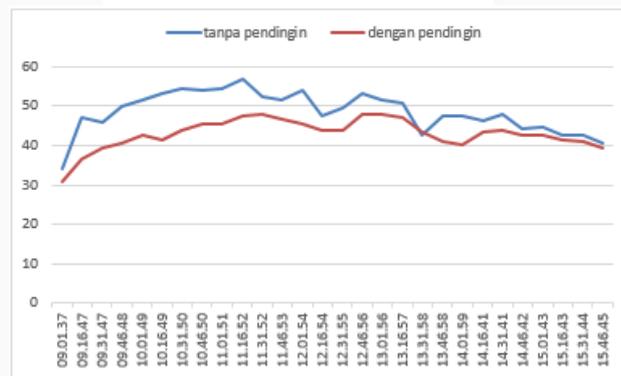
### 3.4. Perancangan Perangkat Lunak

Berikut merupakan desain perangkat lunak dari alat pada penelitian ini:

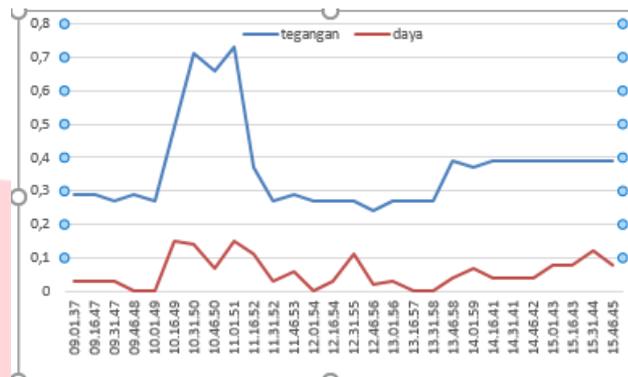


## 4. Hasil Pengujian dan Analisis

### 4.1 Hari Pertama



Gambar 4. 1 Grafik Suhu Terhadap Waktu



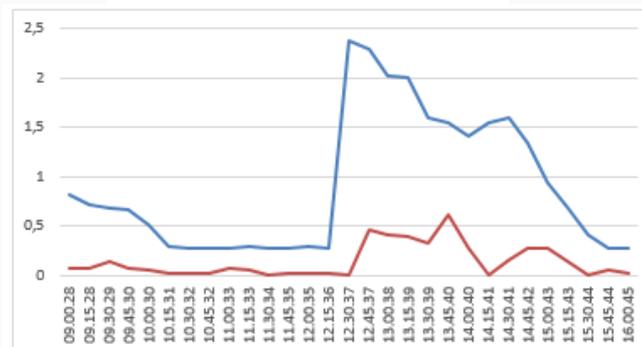
Gambar 4. 2 Grafik V dan W Terhadap Waktu

Berdasarkan gambar 4.1 dan 4.2 TE berhasil untuk menurunkan suhu dari PV dan menambah efektifitas dari Pv, tetapi hasil keluaran TE yang kecil bisa dikarenakan kurangnya penyerapan kalor.

**4.2 Hari Kedua**



Gambar 4. 3 Grafik Suhu dengan air es



Gambar 4. 4 Grafik V dan W Dengan Air Dingin

Hasil yang didapatkan pada hari kedua lebih baik dikarenakan pengaruh air es yang digunakan menyebabkan perbedaan suhu yang lebih besar, menurut gambar 4.3 dan 4.4 perubahan suhu yang diserap oleh TE menyebabkan penurunan suhu pada PV dengan penurunan yang cukup signifikan.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian sistem yang telah dibuat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi *Thermoelectric Cooler* sebagai pembangkit sebenarnya cukup besar yaitu dengan menggunakan perhitungan dan perbandingan data antara *datasheet dan pengujian* menghasilkan 2,35 Volt untuk satu TE pada bagian panas 43 derajat Celcius dan perbedaan suhu 16,6 Derajat Celcius, akan tetapi ketika diaplikasikan di PV hasil yang didapatkan sangat kecil hanya sekitar 0,7 Volt, ini dapat disebabkan oleh kurangnya kalor yang terserap dan lebih banyak dipengaruhi lingkungan.
2. Jika dibandingkan dengan pendingin yang menggunakan air pada saat waktu puncak dapat menurunkan  $\pm 9$  derajat celcius [18] TE cukup layak sebagai pendingin PV karena berhasil menurunkan suhu pada PV yang berarti juga dapat menaikkan efisiensi dari PV, pada hari pertama rata-rata perbedaan suhu yang diperoleh PV 5,5 derajat celcius dan pada hari kedua dengan menggunakan air es yang menyebabkan  $\Delta T$  pada TE menjadi lebih besar dan berhasil membuat suhu PV turun dengan rata-rata 16 derajat celcius.
3. Akibat dari pendinginan yang berhasil maka otomatis efisiensi dari PV ikut naik bertambah dengan rata-rata 0,7 persen dengan menggunakan air biasa ditambah lagi dengan hasil keluaran TE dengan rata-rata 0.052 mW, meskipun kecil tetap menambah efisiensi dari PV.
4. Pengaruh dari konveksi air tidak menimbulkan pengaruh pada bagian dingin TE, dilihat dari perbedaan suhu air ketika masuk dan keluar dari *waterblock* dengan rata-rata saat menggunakan air biasa 0,28 derajat celcius sementara saat menggunakan air es mendapatkan perbedaan suhu 1,65 derajat celcius. Oleh karena itu menggunakan air sebagai bagian dingin tidak optimal.

### 5.2 Saran

1. Menggunakan TE dengan jenis TEG karena memiliki kualitas yang lebih baik dan lebih tahan pada suhu tinggi. Dan hasil dayanya dapat diakumulasikan dengan PV dan menambah efisiensi dari PV
2. Menambah jumlah TE agar kalor yang terserap lebih merata, karena penyebaran kalor pada PV tidak bisa dianggap homogen.
3. Menggunakan *heatsink* saja sebagai bagian dingin TE, atau menggunakan air yang mengalir agar kalor lebih mudah terbuang.
4. Pada penempelan TE ke PV atau ke *heatsink* dapat menggunakan *thermal paste/thermalglue* yang konduktivitas thermal lebih baik, seperti Thermal Pasta *Arctic Silver 5* dengan kandungan 99,9% perak murni.
5. Perbaiki sistem pendingin agar kalor dapat dibuang/ menggunakan sistem air mengalir bukan sirkulasi.

### Daftar Pustaka

- [1] I. Kholiq, "Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi BBM," pp. 75–91.
- [2] D. S. and J. R. (IRENA) Dolf Gielen, "Renewable Energy Prospects: Indonesia," 2017.
- [3] N. J. . Yongo E., Manyala J.O., K. Kito., Y. Matsushita., Outa N.O., "Diet of Silver Cyprinid, *Rastrineobola argentea* in Lake Victoria, Kenya," *Int. J. Adv. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 144–149, 2016.
- [4] Badan Litbang ESDM, "Matahari Untuk PLTS di Indonesia," *Kementrian ESDM*, p. 1, 2012.
- [5] J. Wang, J. Wang, X. Bi, and X. Wang, "Performance Simulation Comparison for Parabolic Trough Solar Collectors in China," vol. 2016, 2016.
- [6] Z. M. Zhuang, *NANO/MICROSCALE HEAT TRANSFER*. 2007.
- [7] H. J. Goldsmid, D. O. De, and S. Wirtschaft, "Introduction to Thermoelectricity schnell und portofrei erhältlich bei Theory of Thermoelectric Refrigeration," 2012, pp. 7–21.
- [8] H. J. Goldsmid, "SEMICONDUCTORS AND SEMIMETALS," vol. 69, 2001.
- [9] D. Suryana and M. M. Ali, "Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin ( Studi Kasus : Baristand Industri Surabaya )," *Tekno. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 5–8, 2016.
- [10] D. S. Borkar, J. Gotmare, and D. Ambedkar, "Performance Evaluation of PhotoVoltaic Solar Panel Using Thermoelectric Cooling," *Int. J. Eng. Res.*, vol. 3, no. 9, pp. 536–539, 2014.
- [11] J. Holman, *Heat Transfer*, 10th ed., vol. 10. New York: McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.

- [12] D. Woo, "Pengertian Sensor Suhu dan Jenis-jenisnya," 2017. [Online]. Available: <http://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-suhu-jenis-jenis-sensor-suhu/>. [Accessed: 01-Oct-2017].
- [13] R. Fachri, "Tutorial Arduino Mengukur Tegangan Dengan Modul Sensor Tegangan," 2016. [Online]. Available: <http://electricityofdream.blogspot.co.id/2016/09/tutorial-mengukur-tegangan-dengan-modul.html>. [Accessed: 05-Oct-2017].
- [14] Maxim Integrated, "Datasheet DS18B20," *Maxim Integr.*, vol. 92, p. 20, 2015.
- [15] H. Bench, "Voltage Sensor Module," p. 1, 2015.
- [16] "Arduino UNO Rev3 (Original Italy Genuine)," 2010. [Online]. Available: [http://www.mybotic.com.my/products/Arduino-UNO-Rev3-\(Original-Italy-Genuine\)/1](http://www.mybotic.com.my/products/Arduino-UNO-Rev3-(Original-Italy-Genuine)/1). [Accessed: 02-Nov-2017].
- [17] J. S. Sumbodo, "EFEKTIFITAS PENDINGIN MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK PADA PANEL SURYA," Telkom University, 2018.
- [18] M. M. Musthafa, "Enhancing Photoelectric Conversion Efficiency of Solar Panel by Water Cooling," *Fundam. Renew. Energy Appl.*, vol. 5, no. 4, pp. 10–14, 2015.