

## ANALISIS KINERJA PENDINGINAN PASIF PADA PANEL SURYA MENGGUNAKAN PHASE CHAGE MATERIAL PARAFIN PADA BACK SHEET ALUMUNIMUM

Andri Haris Setiawan<sup>1</sup>, Suyanto<sup>2</sup>, Ruri Agung Wahyuono<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia  
Email : andriharissetiawan@gmail.com, suyanto@ep.its.ac.id, r\_agung\_w@ep.its.ac.id

---

### ABSTRAK

---

#### Kata kunci:

Parafin, Pendinginan pasif

Effisiensi daya yang dihasilkan panel surya akan turun seiring dengan peningkatan temperature diatas temperature *standart test conditions* pada permukaan panel surya. Penurunan akan mencapai 0,45 % tiap kenaikan 1<sup>o</sup>C. Pendinginan diperlukan untuk mencegah kenaikan temperature yang drastis pada permukaan panel surya. Pendinginan pasif menggunakan *phase change material* sering digunakan dalam upaya menjaga temperature panel surya agar tidak terlalu tinggi. Berdasarkan latar belakang tersebut, pada penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh *phase change material* parafin pada *backsheet* alumunium terhadap penurunan temperature dan peningkatan output daya keluaran panel surya. Dalam penelitian ini, pengambilan data menggunakan metode eksperimen secara langsung dengan analisa data menggunakan model kuantitatif dan kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *phase change material* parafin yang diletakan pada *backsheet* alumunium dapat menurunkan temperature panel surya sebesar 2.07 % dan meningkatkan output daya keluaran dari panel surya sebesar 1.85 %.

---

### ABSTRACT

---

#### Keywords:

Parafin, passive cooling

The efficiency of the power generated by the solar panel will decrease as the temperature increases above the *standart test conditions* temperature on the surface of the solar panel. The decrease will reach 0.45% for every 1<sup>o</sup>C increase. Cooling is required to prevent a drastic increase in temperature on the surface of the solar panel. Passive cooling using *phase change materials* is often used in an effort to keep the temperature of solar panels from getting too high. Based on this background, this study aims to analyze the effect of *phase change paraffin material* on an *aluminium backsheet* decreasing temperature and increasing the output power of solar panels. In this study, data collection used direct experimental methods with data analysis using quantitative and qualitative models. The results showed that the *paraffin phase change material* placed on an *aluminum backsheet* can reduce the temperature of the solar panel by 2.07% and increase the power output of the solar panel by 1.85%.

---

## PENDAHULUAN

Studi penelitian membuktikan bahwa kinerja modul *Photovoltaic* (PV) secara intensif tergantung pada temperature permukaannya (Al-Waeli et al., 2020). Hanya sebagian kecil dari sinar matahari yang mengenai permukaan PV (4-15%) yang diubah menjadi listrik dan sisanya akan diserap dan berubah menjadi energi panas. Hal ini menyebabkan peningkatan temperature panel surya dan penurunan tegangan sirkuit terbuka (Voc) dan akibatnya dapat mengurangi

efisiensi listrik pada PV (Naghdbishi et al., 2020). Nilai temperature maksimum pengoperasian PV pernah tercatat sebesar 75 °C di Libya selatan yang menyebabkan penurunan daya sebesar 69% (Nassar & Salem, 2007). (T.T. Chow, J.W. Hand, 2013) menunjukkan bahwa peningkatan temperature sebesar 10°C pada permukaan panel PV menyebabkan penurunan efisiensi listrik sebesar 5%. Efisiensi daya yang dihasilkan akan turun seiring dengan peningkatan temperature pada permukaan PV, penurunan akan mencapai 0,45 % tiap kenaikan 1 °C pada permukaan PV (Skoplaki & Palyvos, 2009).

Rekayasa termal permukaan PV sangat penting dilakukan untuk menjaga temperature permukaan PV agar tidak terlalu tinggi dan dikondisikan selalu mendekati titik temperature *standard test condition* yaitu sebesar 25 °C agar effisiennya maksimal (Maghrabie et al., 2021). Strategi pendinginan yang mengurangi beban termal juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan umur PV (Lupu et al., 2018). Banyak peneliti di seluruh dunia sedang mengerjakan penelitian terkait manajemen termal PV, tidak hanya untuk meningkatkan efisiensi konversi fotolistrik tetapi juga untuk meningkatkan masa kerja modul PV yang dapat terpengaruh secara negatif karena temperature tinggi (Bahaidarah et al., 2016). Berbagai teknik pendinginan aktif dan pasif telah diadopsi untuk menghilangkan kelebihan panas dari permukaan PV. Pendinginan modul PV dengan memanfaatkan *phase change material* (PCM) adalah salah satu teknik pasif yang telah menarik banyak peneliti dalam beberapa tahun terakhir. Penyerapan panas dari bagian belakang modul PV dengan PCM adalah teknik yang mudah dan murah untuk mempertahankan temperature PV mendekati temperature *standard test condition* dan menjaga kapasitas produksi listrik pada tingkat yang diinginkan (Xu et al., 2020)v.

PCM menyerap sejumlah besar kalor (sebagai kalor laten) pada transisi perubahan fase. Pendinginan PV menggunakan prinsip panas laten banyak digunakan karena kemampuan menyerap kalor yang cukup besar pada temperature hampir konstan. (Du et al., 2018) Pada prosesnya PCM akan menerima panas dari panel surya untuk menaikkan temperature. Ketika temperature PCM sampai pada titik perubahan fasenya, penyerapan panas tetap berlangsung namun tidak menimb

ulkan kenaikan temperature kembali karena energinya digunakan untuk merubah wujud zat dari PCM. PCM berdasarkan temperaturenya yaitu rentang temperature rendah (-20°C – 5 °C), rentang temperature medium-rendah (5°C - 40°C), rentang temperatur medium (20°C - 80°C) dan rentang temperature tinggi (80°C - 200°C). Untuk aplikasi pendingin, PCM yang digunakan sebagian besar berada pada rentang temperature medium-rendah (Du et al., 2018).

Studi tentang penggunaan PCM sebagai pendinginan pasif sistem PV sebagian besar telah menarik perhatian para ilmuwan sejak tahun 2010. Banyak penelitian telah membuktikan bahwa PCM yang digunakan sebagai pendinginan mampu menurunkan temperature permukaan PV sekaligus meningkatkan efisiensi output dayanya. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Li et al., 2019), PCM digunakan dan dipasang di bagian belakang modul PV untuk menyerap panas berlebih dari modul PV dan terbukti meningkatkan output listrik dari modul PV sebesar 5,18%. (Anna et al, 2015) menggambarkan bahwa kehadiran PCM sebagai pendingin di bagian belakang modul PV dapat secara efektif meningkatkan pembangkitan listrik dan menurunkan temperature rata-rata sekitar 20°C. Banyak penelitian pendinginan PV menggunakan PCM telah dilakukan, baik menggunakan PCM organik maupun anorganik (Rezvanpour et al, 2020).

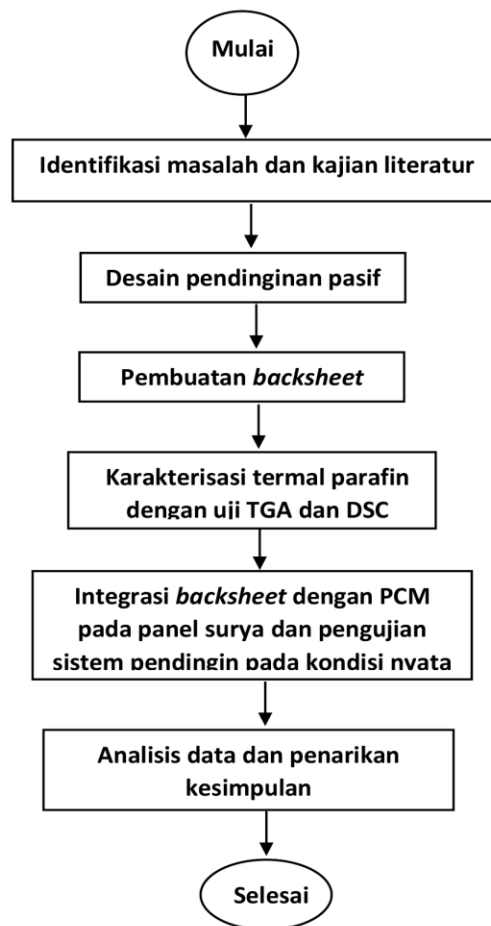
PCM Anorganik biasanya memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan PCM organik. Sehingga dalam kebanyakan kasus, para ahli lebih memilih menggunakan PCM organik, salah

## *Analisis Kinerja Pendinginan Pasif Pada Panel Surya Menggunakan Phase Chage Material Parafin Pada Back Sheet Alumunium*

satunya yang paling sering digunakan adalah parafin. Parafin sering digunakan untuk sebagai media pendingin karena termasuk material yang mudah didapatkan dan memiliki harga yang rendah. Parafin memiliki kekurangan, yaitu rendahnya konduktivitas termal yang hanya sekitar 0.2 W/m·K, maka untuk mempercepat laju perpindahan panas, peneliti meletakkan PCM ke wadah yang disebut *backsheet* dengan pemilihan material wadah yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi (Al-Waeli et al, 2017). Sehingga pada penelitian ini PCM parafin diusulkan sebagai media pendinginan pasif panel surya, dengan jenis material *backsheet* yang dipilih adalah alumunium. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh *phase change material* parafin pada *backsheet* alumunium terhadap penurunan temperature dan peningkatan output daya keluaran panel surya.

### **METODE**

Langkah-langkah metode penelitian ditunjukkan oleh diagram alir gambar 1.



**Gambar 1** Diagram Alir Metodologi Penelitian

### **Alat dan Bahan Penelitian**

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

## Analisis Kinerja Pendinginan Pasif Pada Panel Surya Menggunakan Phase Chage Material Parafin Pada Back Sheet Alumunium

1. Termokopel
2. Sensor arus dan tegangan
3. Pyranometer
4. Data Logger
5. Laptop

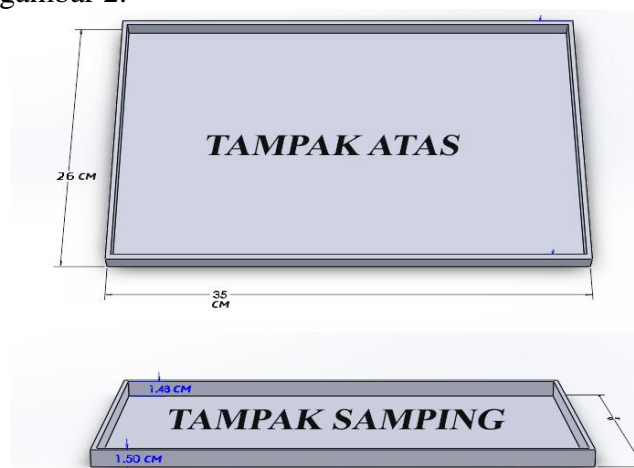
Sedangkan bahan yang dibutuhkan disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1 Bahan penelitian**

No.	Bahan	Spesifikasi	Jumlah	
1	Parafin komersil	Titik Lebur	: 53- 57 °C	1000 gr
		Kalor Spesifik padat	: 2.1 (kj/kg °C)	
		Kalor Sepesifik cair	: 2.1 (kj/kg °C)	
		Kalor laten peleburan	: 175 (kj/kg)	
		konduktivitas Termal	: 0.21 (W/ m <sup>0</sup> C)	
2.	Panel surya kit 10 W monokristalin	Pmax	: 10 watt	2
		Vmp	: 18,57 V	
		Imp	: 0,54 A	
		Voc	: 22.64 V	
		Dimensi	: 35 x 26 x 1,7 cm	
3	<i>Backsheet</i>	Bahan	: Aluminium	2
		Ketebalan	: 2 mm	
		Dimensi	: 35 x 26 x 1,5 cm	

### Desain Rangka Backsheet

Rangka *backsheet* yang digunakan menggunakan bahan alumunium dengan ketebalan 2 mm. Fungsi dari *backsheet* adalah sebagai wadah dari parafin. Dimensi *backsheet* menyesuaikan dengan ukuran dimensi dari panel surya yaitu P x L = 35 x 26 cm, sedangkan tingginya adalah 1,5 cm yang ditunjukkan pada gambar 2.



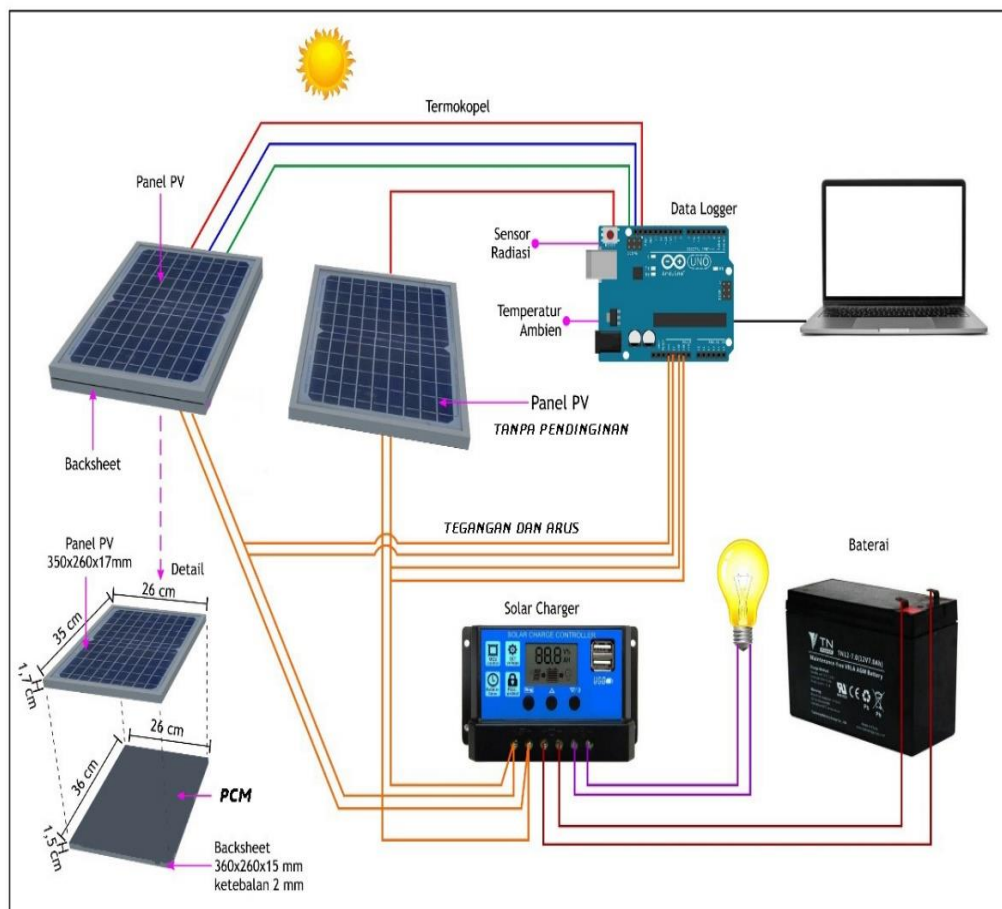
**Gambar 2** Struktur Rangka *Backsheet* Alumunium

### Uji Karakteristik Termal Parafin

Material parafin akan dianalisis termal dengan menggunakan uji TGA (*Thermogravimetric Analyzer*) untuk mengetahui kestabilan bahan dan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) untuk mengetahui konduktivitas termal, kalor laten dan titik perubahan fase. Karakterisasi DSC dilakukan di LPPT Universitas Gajah Mada (UGM) Yogyakarta, Indonesia. Untuk TGA, karakterisasi dilakukan di laboratorium Energi dan Lingkungan ITS Surabaya, Indonesia.

### Pengukuran Performa Pendinginan di Kondisi Nyata

Pengujian performa pendinginan pada panel surya diukur menggunakan metode eksperimen secara langsung untuk mengetahui pengaruh pendinginan pasif yang telah dibuat sebelumnya. Besaran yang akan diukur adalah iradiasi cahaya, temperature permukaan panel surya berpendingin, temperature permukaan panel surya tanpa perlakuan pendinginan, temperature *phase change material* parafin, temperature *backsheet*, arus dan tegangan keluaran dari panel surya berpendingin dan tanpa pendingin. Pengukuran besaran dilakukan secara simultan kepada panel surya berpendingin dan tanpa pendinginan yang ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3.** Rangkaian Pengukuran dalam Eksperimen

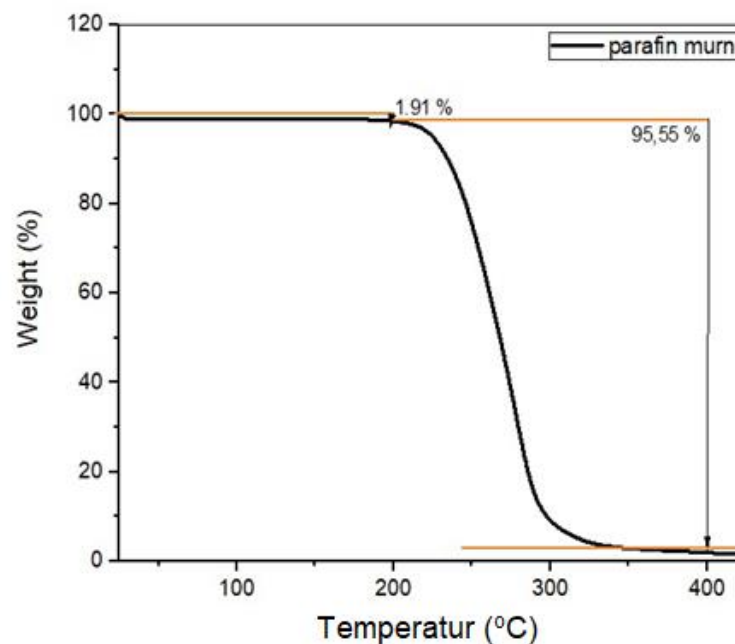
## *Analisis Kinerja Pendinginan Pasif Pada Panel Surya Menggunakan Phase Chage Material Parafin Pada Back Sheet Alumunium*

Pengukuran seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dilakukan 24 jam dari pukul 05.00 WIB sampai pukul 05.00 WIB dengan interval pencatatan besaran tiap 5 menit untuk setiap pengukuran data dan akan dicatat dan disimpan dalam data logger. Pengukuran dilakukan dua kali dalam hari yang berbeda, kedua data tersebut akan dipilih salah satu dengan pemilihan kriteria cuaca dan intensitas matahari yang paling optimal.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Karakterisasi TGA Bahan**

TGA (*Thermogravimetric Analyzer*) digunakan untuk mengevaluasi kestabilan PCM terhadap perubahan temperature dari rentang temperature 25 °C – 400 °C (Rahmayanti, 2016). Presentase massa hilang dan massa residu dari parafin telah dievaluasi dan ditampilkan pada Gambar 4.

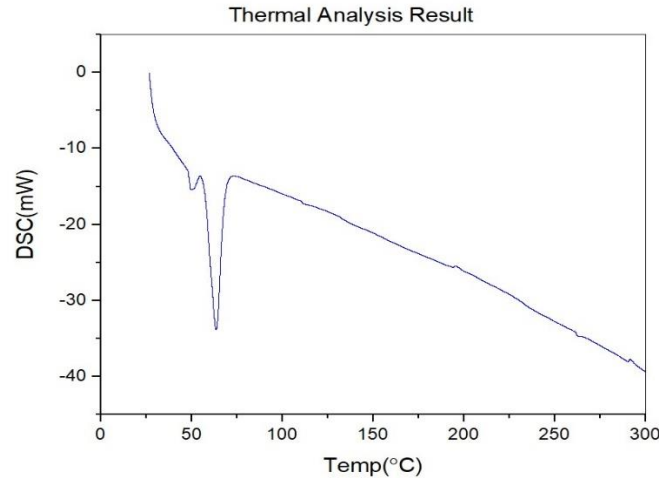


**Gambar 4** Termograv Parafin

Gambar 4 menunjukkan kurva TGA dari PCM parafin. Kurva TGA terbagi menjadi dua zona. Zona 1 berada pada rentang temperature 25- 200 °C yang menunjukkan penurunan massa yang sangat kecil dan relatif stabil. Hal ini menunjukkan pada zona 1 PCM mengalami proses dehidrasi. Proses dehidrasi adalah proses sebelum terjadinya dekomposisi massa, dimana bahan mengalami pengeringan melalui proses penguapan molekul air yang terkandung di dalam bahan atau di permukaan (Pethurajan & Sivan, 2018). Dengan demikian PCM parafin layak digunakan sebagai media pendinginan dan penyerapan kalor pada panel surya, karena pada aplikasinya PCM parafin akan digunakan pada temperature kerja yang tidak lebih dari 100 °C. Sesuai dengan gambar 4, pada rentang temperature tersebut, massa parafin masih stabil.

### Karakterisasi DSC PCM

DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) dianalisis untuk mengetahui temperature perubahan fase, kalor laten dan konduktivitas termal dari parafin. Data tersebut telah dievaluasi dan ditampilkan pada kurva termograv pada gambar 5.



Gambar 5 Kuva DSC Parafin.

Gambar 5 menunjukkan kurva DSC dari PCM parafin. Kurva DSC menunjukkan dua kurva endotermis dengan ukuran kecil dan besar, yang secara berturut-turut mengindikasikan parafin mengalami trasiisi fase *solid-solid* dan *solid-liquid* (Karami et al., 2021). Data termograv pada gambar 5 dapat dianalisa secara komprehensif untuk mendapatkan nilai temperature perubahan fase, kalor laten dan konduktivitas termal yang ditampilkan pada tabel 2

Tabel. 2 Karakteristik Termal Parafin

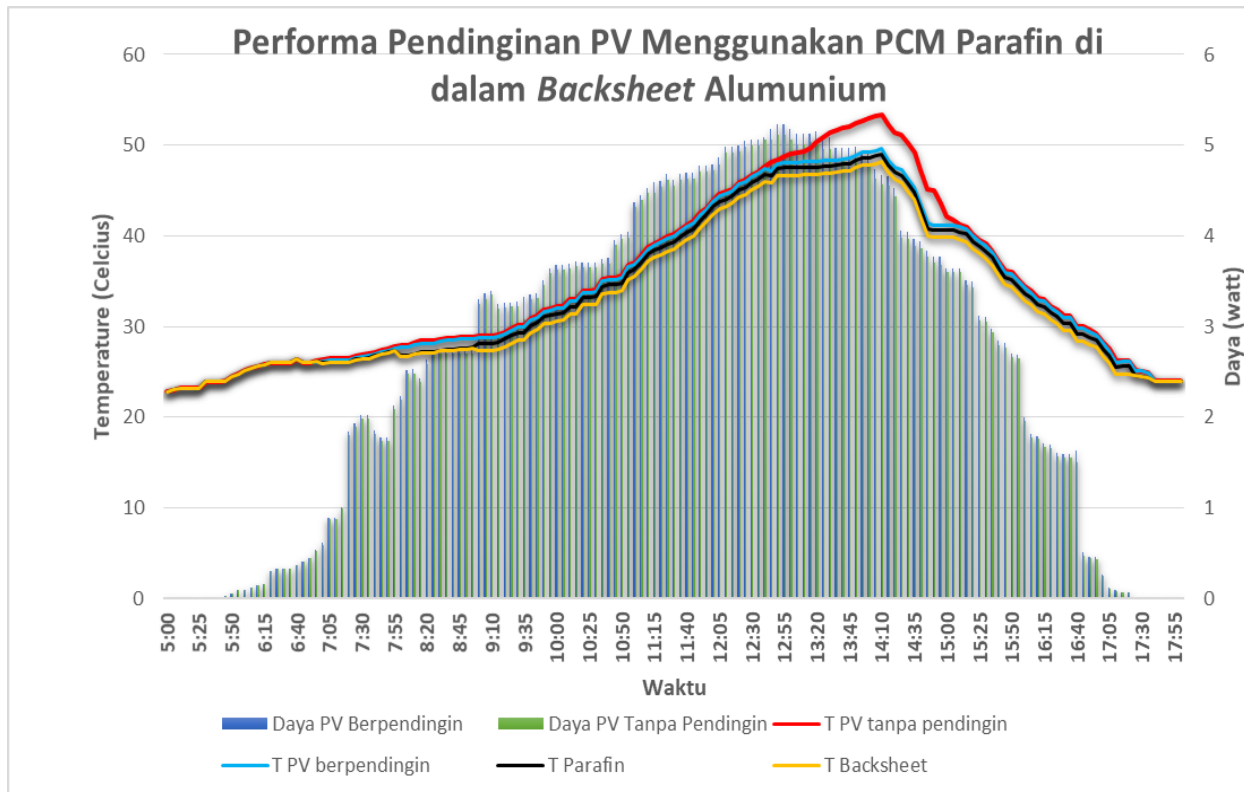
Sifat Bahan	Nilai
Temperature perubahan fase <i>solid – solid</i> (°C)	48.16
Temperature prubahan fase <i>solid – liquid</i> (°C)	54.53
Kalor laten <i>solid-solid</i> (J/g)	12.37
Kalor laten <i>solid-liquid</i> (J/g)	172.21
Konduktivitas termal <i>solid</i> (W/m <sup>0</sup> C)	0.1044
Konduktivitas termal <i>liquid</i> (W/m <sup>0</sup> C)	0.2088

### Performa Pendinginan PV Menggunakan PCM Parafin pada *Backsheet* Alumunium

Performa pendinginan menggunakan PCM parafin dalam wadah *backsheet* alumunium pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 6. Berdasarkan data pada gambar 6 dapat diketahui perbedaan temperature dari PV tanpa pendingin dibandingkan dengan temperature PV berpendinginan. PV yang menggunakan pendinginan menggunakan parafin dalam *backsheet* alumunium memiliki temperature rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan PV konvensional yang tidak diberikan perlakuan pendinginan. Hal ini terjadi karena parafin adalah

## Analisis Kinerja Pendinginan Pasif Pada Panel Surya Menggunakan Phase Change Material Parafin Pada Back Sheet Aluminium

salah satu *phase change material* (PCM) yang memainkan peran utama selama proses pendinginan PV dengan menyerap kelebihan energi panas dengan jumlah yang besar dari PV ke parafin pada saat parafin mencapai temperature perubahan fasenya, dan secara bersamaan akan menjaga kenaikan drastis temperature panel surya. Pendinginan menggunakan PCM menggunakan konsep penyerapan panas yang didominasi oleh penyerapan kalor yang cukup besar dalam bentuk kalor laten pada saat PCM mencapai temperature perubahan fasenya dan pada fase kerja tersebut temperature PCM hampir tidak mengalami kenaikan drastis.



Gambar 6 Performa Pendinginan PV

Kelebihan energi panas dari modul PV ditransfer ke parafin secara konduksi. Pada penelitian ini parafin bekerja dengan menyerap kalor sensibel pada fase solid dan menyerap kalor laten pada saat fase transisi solid-solid. Energi panas parafin ditransfer ke *backsheet* aluminium dengan konduksi. *Backsheet* mentransfer energi panas ke lingkungan sekitarnya melalui konveksi dan radiasi alami karena bagian belakang *backsheet* tidak diisolasi.

Presentase penurunan temperature pada PV berpendingin berbanding lurus dengan presentase peningkatan dayanya. Hal tersebut terjadi karena temperature PV mempengaruhi output tegangan keluaran dayanya, efisiensi daya maksimal akan terjadi pada keadaan STC (*standart test condition*) pada temperature 25 °C. Seiring dengan peningkatan temperature yang terjadi pada permukaan PV akan menyebabkan peningkatan temperature sel dan penurunan tegangan sirkuit terbuka (Voc) dan akibatnya output daya listrik dan efisiensi PV akan berkurang. Efisiensi daya yang dihasilkan akan turun seiring dengan peningkatan temperature pada permukaan PV, penurunan akan mencapai 0,45 % tiap kenaikan 1 °C pada permukaan PV (Naghdishi et al.,



2020). Hal ini yang menyebabkan keluaran daya rata-rata dari PV berpendingin lebih tinggi dibandingkan dengan PV tanpa pendingin. Presentase performa penurunan temperature PV menggunakan parafin dalam *backsheet* alumunium adalah 2.07 % sedangkan presentase performa peningkatan dayanya sebesar 1,85 %.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa, PV yang mendapatkan perlakuan pendinginan menggunakan *phase change material* parafin yang diletakan di dalam *backsheet* alumunium menunjukkan temperature rata-rata yang lebih rendah dibandingkan dengan PV konvensional yang tidak mendapatkan perlakuan pendinginan. Besar penurunan temperature PV tersebut berbanding lurus dengan besar peningkatan daya dari PV yang mendapatkan perlakuan pendinginan. Presentase performa penurunan temperature PV menggunakan pendinginan parafin dalam *backsheet* alumunium adalah sebesar 2.07 % sedangkan presentase performa peningkatan dayanya sebesar 1,85 %.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Al-Waeli, A. H. A., Kazem, H. A., Yousif, J. H., Chaichan, M. T., & Sopian, K. (2020). Mathematical and neural network modeling for predicting and analyzing of nanofluid-nano PCM photovoltaic thermal systems performance. *Renewable Energy*, *145*, 963–980.
- Bahaidarah, H. M. S., Baloch, A. A. B., & Gandhidasan, P. (2016). Uniform cooling of photovoltaic panels: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *57*, 1520–1544.
- Du, K., Calautit, J., Wang, Z., Wu, Y., & Liu, H. (2018). A review of the applications of phase change materials in cooling, heating and power generation in different temperature ranges. *Applied Energy*, *220*(March), 242–273. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.005>
- Karami, B., Azimi, N., & Ahmadi, S. (2021). Increasing the electrical efficiency and thermal management of a photovoltaic module using expanded graphite (EG)/paraffin-beef tallow-coconut oil composite as phase change material. *Renewable Energy*, *178*, 25–49.
- Li, Z., Ma, T., Zhao, J., Song, A., & Cheng, Y. (2019). Experimental study and performance analysis on solar photovoltaic panel integrated with phase change material. *Energy*, *178*, 471–486.
- Lupu, A. G., Homutescu, V. M., Balanescu, D. T., & Popescu, et A. (2018). A review of solar photovoltaic systems cooling technologies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *444*, 82016.
- Maghrabie, H. M., Elsaid, K., Sayed, E. T., Abdelkareem, M. A., Wilberforce, T., & Olabi, A. G. (2021). Building-integrated photovoltaic/thermal (BIPVT) systems: Applications and challenges. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *45*, 101151.
- Naghdishi, A., Yazdi, M. E., & Akbari, G. (2020). Experimental investigation of the effect of multi-wall carbon nanotube–Water/glycol based nanofluids on a PVT system integrated with PCM-covered collector. *Applied Thermal Engineering*, *178*, 115556.
- Nassar, Y. F., & Salem, A. A. (2007). The reliability of the photovoltaic utilization in southern cities of Libya. *Desalination*, *209*(1–3), 86–90.
- Pethurajan, V., & Sivan, S. (2018). Fabrication, characterisation and heat transfer study on microencapsulation of nano-enhanced phase change material. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, *133*, 12–23.

*Analisis Kinerja Pendinginan Pasif Pada Panel Surya Menggunakan Phase Chage Material Parafin Pada Back Sheet Alumunium*

- Skoplaki, E., & Palyvos, J. A. (2009). On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations. *Solar Energy*, 83(5), 614–624.
- T.T. Chow, J.W. Hand, P. A. S. (2013). *Building-integrated PV and termal applications in a subtropical hotel building. Appl. Therm. Eng. Vol 23 2035-2049.*
- Xu, H., Zhang, C., Wang, N., Qu, Z., & Zhang, S. (2020). Experimental study on the performance of a solar photovoltaic/thermal system combined with phase change material. *Solar Energy*, 198, 202–211.



**censed under a**  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License