

PENGARUH PENAMBAHAN MATERIAL BUSA LOGAM SEBAGAI CAMPURAN PADA PHASE CHANGE MATERIAL TERHADAP TEMPERATUR PANEL SURYA

Matthew Reinhard Indrawijaya¹, Nazaruddin Sinaga², Mohammad Tauviquirrahman²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

E-mail: matthewreinhard@students.undip.ac.id

Abstrak

Panel surya merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang dapat diterapkan untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil yang semakin menipis. Akan tetapi peningkatan temperatur pada panel surya dapat menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi panel surya tersebut sehingga diperlukan adanya suatu metode pendinginan yang dapat dimanfaatkan juga untuk keperluan lain yaitu sebagai pemanas air. Penelitian ini melakukan analisis terhadap *Phase Change Material* (PCM) sebagai pendingin panel surya sekaligus penyimpan kalor yang dicampur dengan menggunakan material tambahan busa logam (*metal foam*) untuk meningkatkan nilai konduktivitas termal serta laju perpindahan panas dari PCM. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen dan simulasi numerik dengan menggunakan Ansys Fluent dengan hasil yang menunjukkan perbedaan antara temperatur permukaan panel tanpa pendingin, panel dengan tambahan PCM dan busa logam, serta panel yang dialiri aliran fluida dalam pipa. Dengan demikian, metode pendinginan pada penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari – hari baik dalam skala kecil maupun besar.

Kata kunci: *ansys fluent*; busa logam (*metal foam*); konduktivitas termal; panel surya; *phase change material* (pcm)

Abstract

Solar panels are a form of renewable energy that can convert sunlight into electrical energy, which can be applied to reduce the consumption of increasingly depleted fossil fuels. However, an increase in the temperature of solar panels can lead to a decrease in their efficiency, necessitating a cooling method that can also be utilized for other purposes, such as a water heater. This study analyzes the use of Phase Change Material (PCM) as a coolant for solar panels and as a heat storage medium, mixed with an additional material, metal foam, to enhance the thermal conductivity and heat transfer rate of the PCM. The research was conducted using experimental methods and numerical simulations with Ansys Fluent, yielding results that show differences between the surface temperature of panels without cooling, panels with PCM and metal foam, and panels with fluid flow through pipes. Thus, the cooling method proposed in this study is expected to be applicable in daily life, both on small and large scales.

Keywords: *ansys fluent*; *metal foam*; *Phase Change Material* (PCM); *photovoltaic panel*; *thermal conductivity*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

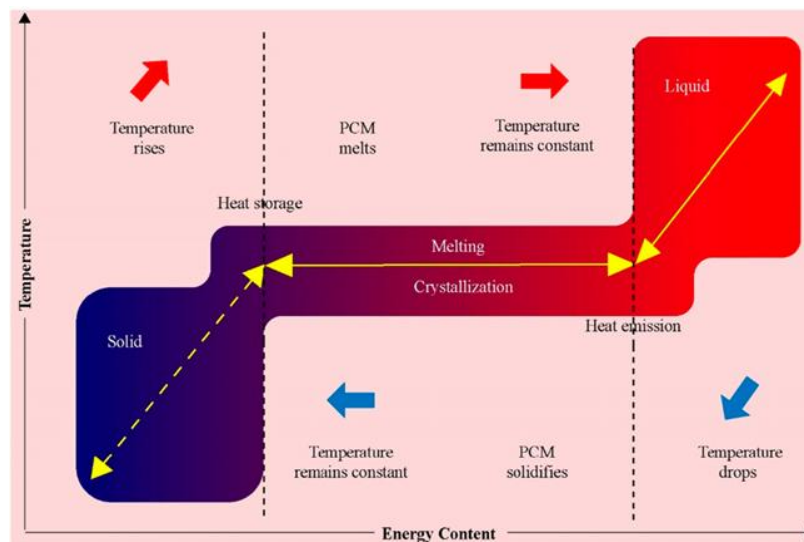
Kebutuhan energi semakin meningkat seiring berkembangnya zaman. Namun, terdapat permasalahan berupa menipisnya persediaan bahan bakar fosil yang saat ini paling banyak digunakan [1]. Perubahan iklim akibat emisi karbon menjadi permasalahan dunia saat ini dan menjadi salah satu penyebab adanya pemanasan global. Peningkatan temperatur bumi sebesar 1.5°C diakibatkan oleh adanya emisi karbon yang dihasilkan dari proses pembakaran yang terjadi pada pembangkit listrik yang ada [2]. Permasalahan ini dapat diatasi dengan menurunkan emisi karbon dengan menggunakan sumber energi terbarukan pada pembangkit listrik. Energi surya atau energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan alternatif yang tidak terbatas karena persediaannya tidak akan pernah habis. Energi baru terbarukan menjadi semakin populer akhir akhir ini karena ketersediaan bahan bakar fosil yang semakin menipis dan efeknya terhadap lingkungan yang kurang baik. Beberapa ilmuwan melakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari energi terbarukan alternatif untuk mengatasi permasalahan bahan bakar fosil, batu bara, dan gas alam yang persediaannya semakin menipis dan berbahaya bagi lingkungan [3].

Penggunaan panel surya sebagai alternatif pembangkit listrik tidak sepenuhnya dapat dikatakan sebagai solusi yang efektif, karena Setiap 1°C kenaikan temperatur pada panel surya akan mengurangi 0.50% dari efisiensi total panel surya. Oleh karena itu, perlu diadakan sistem pendingin pada panel surya untuk meningkatkan nilai efisiensi dari panel

surya [4]. Sebagian besar penelitian tentang pendinginan panel surya tidak hanya berfokus pendinginan panel saja, tetapi berfokus juga pada pemanfaatan kondisi termal yang terjadi selama proses pendinginan. Salah satu metode pendinginan untuk panel surya yang sering digunakan adalah metode pendinginan pasif dengan menggunakan *Phase Change Material* (PCM). PCM memberikan metode pendinginan pasif dengan cara menyerap panas dari panel surya pada saat melakukan transisi fasa. PCM merupakan jenis material yang akan melebur dan membeku pada temperatur tertentu, serta dapat menyimpan dan melepaskan energi panas dalam jumlah yang cukup besar [5]. Akan tetapi, PCM memiliki kekurangan dalam hal konduktivitas termal yang terbilang rendah, sehingga proses penyerapan panas dari panel membutuhkan waktu yang lebih lama. penambahan material busa logam (*metal foam*) pada PCM dengan nilai porositas tertentu yang menyebabkan terjadinya pencampuran zat yang saling mengikat antara PCM dengan busa logam. penambahan busa logam pada PCM dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan konduktivitas termal PCM dan mempercepat proses perubahan fasa serta dapat memperbaiki kualitas performa panel surya [6].

1.2 *Phase Change Material* (PCM)

Phase change material (PCM) merupakan sebuah material yang dapat menyerap dan melepaskan panas laten pada saat terjadi perubahan fasa, yang biasanya dari fasa padat ke cair yang bisa digunakan sebagai salah satu media pendingin panel surya. Dengan menggunakan prinsip kerja menyerap panas dari lingkungan, PCM diletakkan pada bagian belakang panel surya sehingga dapat melakukan penyerapan panas dari panel surya. PCM akan mulai melakukan perubahan fasa ketika temperaturnya sudah mencapai nilai titik lelehnya. Pada proses perubahan fasa tersebut temperatur PCM akan konstan dan tidak mengalami kenaikan yang signifikan hingga akhirnya PCM sudah mencair sepenuhnya [7].



Gambar 1. Mekanisme Kerja PCM [7]

1.3 Busa Logam (*Metal Foam*)

Busa logam atau *metal foam* adalah salah satu jenis material logam yang memiliki pori – pori berisi gas yang menghasilkan kombinasi sifat mekanik dan fisik yang unik. Material yang paling umum digunakan untuk membuat sebuah busa logam antara lain Aluminium (Al), Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Zinc (Zn), dan baja [8].



Gambar 2. *Metal Foam* [8]

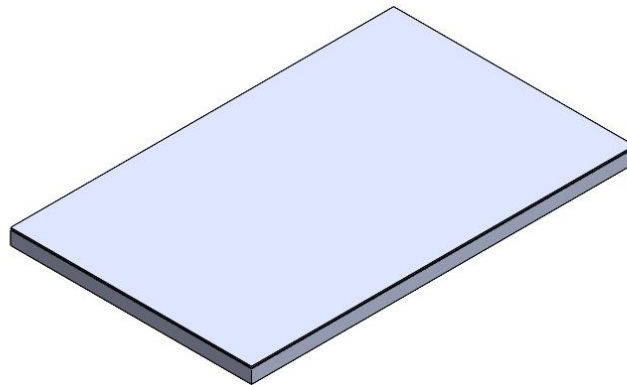
1.4 *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

Komputasi dinamika fluida (CFD) merupakan salah satu metode komputasi yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan dinamika fluida dengan menggunakan simulasi aliran fluida terhadap suatu objek yang didefinisikan dengan menggunakan kondisi batas. Salah satu perangkat lunak yang paling umum digunakan dalam melakukan proses simulasi CFD adalah ANSYS Fluent. Pada penelitian ini, proses komputasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Ansys Fluent 2023 R1 [9].

2. Metodologi Penelitian

2.1 Geometri Panel Surya

Geometri panel surya yang digunakan dibuat berdasarkan pada panel surya My Solar MY-S100W dan dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Solidworks 2023 dengan tambahan geometri PCM, pipa, dan tangki air. Geometri panel surya yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Geometri Panel Surya

2.2 Tahap Pre-Processing

Tahap pre – processing dilakukan sebelum melakukan simulasi dengan melakukan *import* geometri ke *software* yang sudah disediakan oleh Ansys, yaitu Designmodeler. Pada tahapan ini dilakukan proses penamaan *part* dan penentuan parameter ketebalan PCM yang akan divariasikan. Setelah selesai melakukan penamaan *part* dan penentuan parameter, langkah selanjutnya adalah untuk melakukan proses *meshing* untuk membagi geometri menjadi beberapa bagian yang lebih kecil yang akan digunakan untuk proses simulasi. Dilakukan juga penamaan pada setiap wall yang ada untuk menjadi salah satu dari data input yang dipakai dalam proses *setup boundary conditions*.

2.3 Tahap Solver

Tahap solver dilakukan dengan menggunakan software Ansys Fluent 2023 R1. Pada tahap ini dilakukan *input* data pada bagian kondisi batas yang berlaku untuk penentuan jenis material, dan proses *input* data awal untuk keberjalanan proses simulasi. Langkah solver memerlukan pemilihan metode pada bagian *solution methods* yang menentukan hasil akhir dari proses simulasi. Metode simulasi yang digunakan dalam simulasi ini merujuk pada penelitian terdahulu oleh Kazemian, et al (2019) dengan topik serupa [10]. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan PCM yang dicampur dengan material busa logam yang mengubah properti material dari PCM tersebut. Jenis PCM yang digunakan dalam penelitian ini adalah Paraffin, Asam Lauric, dan Beeswax. Simulasi dilakukan dengan menggunakan nilai input *heat flux* 1000 W/m² dan dilakukan selama 7200 detik.

3. Hasil dan Pembahasan

Penggunaan material busa logam tembaga (Cu) sebagai campuran pada PCM terbukti dapat menurunkan temperatur permukaan panel secara signifikan. Temperatur permukaan panel pada kondisi tanpa sistem PV/T memiliki temperatur permukaan 108.04°C. Proses simulasi dengan menambahkan sistem pendingin berupa PCM dengan campuran busa logam menghasilkan temperatur permukaan sebesar 58.998°C untuk jenis PCM Paraffin dan campuran Cu, 49.847°C untuk jenis PCM asam lauric dengan campuran Cu, dan 65.972°C untuk jenis PCM beeswax dengan campuran Cu.

Dilakukan juga proses simulasi penggunaan PCM tanpa adanya tambahan metal foam dan menghasilkan nilai temperatur panel surya sebesar 69.4°C. Hal ini membuktikan bahwa penambahan material busa logam berupa tembaga (Cu) dapat menurunkan temperatur permukaan panel surya dapat membantu menurunkan temperatur permukaan panel surya sebesar ±15% dari nilai temperatur panel surya dengan tambahan PCM saja. Selain itu, perbedaan jenis PCM juga menyebabkan terjadinya perbedaan temperatur permukaan panel yang diakibatkan oleh adanya perbedaan nilai titik leleh dari PCM tersebut.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan PCM dengan dicampur busa logam dapat menurunkan temperatur permukaan panel surya sebesar 50.9°C atau sekitar 47.11%. Variasi jenis PCM yang digunakan juga dapat menyebabkan adanya perbedaan temperatur permukaan yang diakibatkan oleh adanya perbedaan pada titik leleh dari setiap jenis PCM. PCM dengan titik leleh tertinggi akan memiliki nilai temperatur permukaan yang paling tinggi karena jumlah kalor yang dibutuhkan oleh PCM untuk melakukan perubahan fasa juga akan menjadi lebih tinggi.

5. Daftar Pustaka

- [1] M. Anber dan B. W. Aboshosha, "The impact of using an IoT-based automatic solar panel cleaner on building energy performance," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol. 19, hal. 1888–1900, 2024.
- [2] M. Ishaq dan I. Dincer, "Design and assessment of a combined solar energy system with storage and power production," *Energy*, vol. 330, hal. 136665, 2025.
- [3] K. A. M. Ali, Y. K. O. T. Osman, G. G. A. El-wahhab, T. A. M. Abdelwahab, dan A. E. M. Fodah, "Improving solar PV performance under bird-dropping conditions with a dual-cooling approach," *Scientific Reports*, vol. 15, no. 1, 2025.
- [4] B. Hussain, H. W. Malik, F. U. Hasnain, dan M. Irfan, "Phase Change Material for the Cooling of Solar Panels—An Experimental Study †," *Engineering Proceedings*, vol. 45, no. 1, 2023.
- [5] M. Rajvikram dan G. Sivasankar, "Experimental study conducted for the identification of best heat absorption and dissipation methodology in solar photovoltaic panel," *Solar Energy*, vol. 193, hal. 283–292, 2019.
- [6] M. Aramesh dan B. Shabani, "Metal Foams Application to Enhance The Thermal Performance of Phase Change Materials: A Review of Experimental Studies to Understand The Mechanisms," *Journal of Energy Storage*, 2022.
- [7] M. A. Shahid, M. T. Hossain, I. Hossain, M. G. M. Limon, M. Rabbani, dan A. Rahim, "Research and development on phase change material-integrated cloth: A review," *Journal of Industrial Textiles*, vol. 54, SAGE Publications Ltd, 2024.
- [8] B. Parveez, N. Jamal, H. Anuar, A. Aabid, dan M. Baig, "Microstructure and Mechanical Properties of Metal Foams Fabricated via Melt Foaming and Powder Metallurgy Technique : A Review," *Materials*, 2022.
- [9] S. Chickerur dan P. Ashish, "A Convolutional Neural Network Based Approach for Computational Fluid Dynamics," *2021 2nd International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics, ICSTCEE 2021 - Proceedings*, 2021.
- [10] A. Kazemian *et al.*, "Numerical Investigation and Parametric Analysis of a Photovoltaic Thermal System Integrated with Phase Change Material," *Applied Energy*, vol. 238, pp. 734–746, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.01.103.