

Analisis Termal Kolektor Silinder dalam Sistem Penyimpan Panas PCM Parafin Berbasis Mikrokontroller

Multika Untung Bahagiya^{1*}, Imam Riadi², Anton Yudhana³

¹Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

³Program Studi Teknik Elektro, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

*Corresponding author, e-mail: bahagiya.multi@gmail.com

Abstrak

Energi adalah sesuatu yang tidak dapat pisah dari kondisi kehidupan manusia saat ini. Air memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan manusia bahkan udara dapat berfungsi sebagai nafas sehari-hari masyarakat. Faktor krusial dalam proses kerja yang sedang berlangsung dari mesin yang sudah tua adalah transparansi data dan representasi visualnya. Satu-satunya metode untuk mengirimkannya adalah melalui sistem internet. Mikrokontroler yang telah dilengkapi dengan Modul WiFi. Dari penelitian dalam pengujian kolektor silinder kita bisa mengetahui sumber energi terbarukan. Dalam penelitian analisis termal kolektor silinder dalam sistem penyimpan panas PCM parafin berbasis mikrokontroller memperoleh hasil dihari pertama temperatur pada titik puncak pada saat waktu menunjukkan pukul 13.00 WIB memperoleh temperatur 37,1 °C dan pada saat penelitian dihari kedua temperatur pada titik puncaknya waktu menunjukkan pukul sama dengan dihari pertama yaitu pukul 13.00 WIB memperoleh temperatur sampai 39,2 °C. Lalu temperatur rata-ratanya dari penelitian terendah yang diperoleh pada PCM Parafin sebagai penyimpan kalor dengan penggunaan banyaknya PCM Parafin 500 ml temperatur yang diperoleh 32,6 °C, sedangkan temperatur tertinggi diperoleh pada penggunaan dari segi banyaknya PCM Parafin 1000 ml dan temperatur yang diperoleh 33,3 °C. Dari penelitian dalam pengujian ini dengan temperatur terpanas yang diserap parafin sebagai penyimpan panas semakin tinggi maka semakin lama juga temperatur panas yang didapat dan disimpan pada PCM Parafin. Hasil dalam penelitian yang terlihat bahwa PCM Parafin sangat dapat menyimpan panas/ kalor yang sangat lama.

Keyword: *Energi Terbarukan; Kolektor Silinder, PCM Parafin; Mikrokontroller; Sensor*

Abstract

Energy is something that cannot be separated from the current condition of human life. Water has a very important role for human life and even air can serve as people's daily breath. A crucial factor in the ongoing work process of aging machines is the transparency of data and its visual representation. The only method to transmit it is through the internet system. A microcontroller that has been equipped with a WiFi Module. From the research in testing cylindrical collectors we can find out the source of renewable energy. In the study of thermal analysis of cylindrical collectors in a microcontroller-based paraffin PCM heat storage system obtained the results on the first day of temperature at the peak point when the time shows 13.00 pm obtaining a temperature of 37.1 °C and at the time of research on the second day the temperature at the peak point shows the same time as the first day, namely 13.00 pm obtaining a temperature of up to 39.2 °C. Then the average temperature of the lowest research obtained in Paraffin PCM as heat storage with the use of 500 ml Paraffin PCM the temperature obtained is 32.6 °C, while the highest temperature is obtained in terms of the use of 1000 ml Paraffin PCM and the temperature obtained is 33.3 °C. From the research in this test with the hottest temperature absorbed by paraffin as heat storage the higher the longer the temperature of the heat obtained and stored in PCM Paraffin. The results in the study showed that PCM Paraffin can really store heat for a very long time.

Keywords: *Renewable Energy; Cylinder Collector, Paraffin PCM; Microcontroller; Sensor*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki musim panas setiap tahun [1]. Indonesia secara umum memiliki potensi energi surya yang stabil karena letaknya yang strategis di daerah katulistiwa [2], [3]. Indonesia yang terletak di wilayah khatulistiwa memiliki potensi energi

matahari yang sangat besar selama beberapa tahun. Energi surya merupakan salah satu jenis energi terbarukan dan memiliki ketersediaan yang melimpah sepanjang tahun di Indonesia [4], [5]. Karena posisi Indonesia yang miring ke arah khatulistiwa dan agak tropis, potensi produksi energi matahari di Indonesia cukup tinggi. Hal ini dikarenakan radiasi matahari harian di Indonesia memiliki waktu paruh yang lebih panjang dibandingkan negara lain yang memiliki delapan periode matahari [6]. IoT sering kali diintegrasikan dengan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/ AI) [7]. Energi adalah sesuatu yang tidak dapat pisah dari kondisi kehidupan manusia saat ini [8]. Air memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan manusia bahkan udara dapat berfungsi sebagai nafas sehari-hari masyarakat dan sumber ketahanan masyarakat seperti halnya irigasi untuk petani dan peternak dibutuhkan sebagai kebutuhan masyarakat pada umumnya [9].

Sebagai aturan umum, energi matahari hanya digunakan pada saat hari cerah [10]. Degradasi lingkungan dan kesehatan manusia disebabkan oleh penggunaan energi bahan bakar fosil yang kurang ideal [11]. Kebutuhan energi yang semakin meningkat saat ini merugikan ketersediaan bahan bakar fosil [12], [13]. Pada saat ini, ketersediaan sumber daya bahan bakar fosil di negara ini, seperti batu bara, minyak, dan gas, secara bertahap menurun jumlahnya dari waktu ke waktu [14]. Konsumsi energi global terus meningkat relatif terhadap populasi manusia [15]. Energi surya merupakan salah satu bentuk energi baru yang berasal dari matahari dan tidak berpolusi, tidak berubah [16]. Namun tenaga yang cukup besar tersebut kadang tidak dapat dipergunakan dengan baik [17]. Penggunaan energi hari ini juga akan mengurangi emisi karbondioksida dan tentu saja memberikan dampak positif bagi lingkungan [18]. Pemanfaatan energi matahari ini dapat dilakukan secara termal maupun energi listrik [19]. Pemanfaatan termal dapat dilakukan secara diam-diam dengan membuat sebuah benda yang terkena radiasi harian atau dengan menggunakan alat yang menyerupai kolektor dan konsentrator surya [20].

Penyimpanan energi, khususnya penyimpanan energi termal (TES), berperan penting dalam menghemat energi yang tersedia dan meningkatkan pemanfaatannya karena perbedaan antara pasokan atau ketersediaan energi dan permintaan dapat diatasi dengan penerapan sistem penyimpanan energi yang tepat [21]. Paraffin sebagai salah satu PCM sangat menarik perhatian, karena memiliki kualitas yang bagus, seperti parafin yang tidak korosif, stabil, dan lembut. Dispersi parafinnya memiliki stabilitas panas yang baik, tidak mudah bereaksi dengan wadah yang digunakan, harganya murah. Ketersediaan di alam juga ada dan beragam. Ini semua adalah informasi yang sangat penting untuk diketahui memilih paraffin sebagai material penyimpan kalor [22]. Kebaruan dalam penelitian ini adalah kolektor surya yang berbentuk silinder dan menyimpan panas energi matahari yang menggunakan bahan PCM parafin berbasis mikrokontroler. Oleh karena itu, yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah performa dari penyimpan energi matahari menggunakan PCM parafin dengan alat kolektor silinder.

Tujuan dalam penelitian untuk memanfaatkan energi matahari yang sangat melimpah dan tidak ada habisnya supaya dalam lingkup masyarakat maupun industri bisa mengimplementasikannya dengan alat kolektor surya berbentuk silinder. Akan tetapi dalam pemanfaatan energi matahari terkendala jika cuaca mendung dan untuk mengatasi hal tersebut supaya menggunakan penyimpan panas berupa bahan PCM parafin, guna mengetahui performa dari bahan tersebut menggunakan mikrokontroler dimonitoring secara real time.

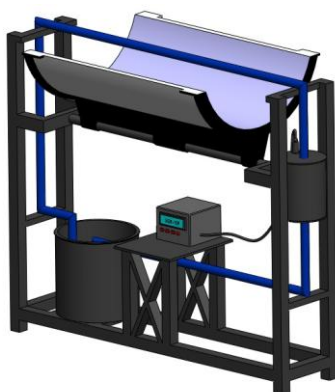
METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan analisis termal kolektor silinder dalam sistem penyimpan panas PCM parafin berbasis mikrokontroler. Sensor ds18b20 digunakan untuk mengukur atau mengetahui temperatur penyimpan panas PCM parafin yang digunakan dalam penelitian ini. Parameter pengukuran PCM Parafin 500 ml dan 1000 ml.

Kolektor Surya

Kolektor surya berbentuk silinder adalah salah satu teknologi yang digunakan untuk memanfaatkan energi surya secara efisien dan ramah lingkungan. Kolektor surya berbentuk silinder memiliki desain yang unik, yang memungkinkan kolektor ini untuk menyerap sinar matahari dari berbagai sudut. Sehingga mampu mengumpulkan energi surya sepanjang hari dengan efektif. Penelitian telah menunjukkan bahwa kolektor surya berbentuk silinder dapat memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan kolektor datar pada beberapa kondisi tertentu.

Prinsip kerja dari kolektor ini cahaya matahari diserap oleh kolektor surya berbentuk silinder yang mengubah radiasi matahari menjadi energi panas. Panas ini dialirkan melalui pipa fluida menuju tabung wadah fluida. Dari sini pompa mendorong fluida panas ke tabung penyimpanan energi panas berisi PCM parafin. PCM menyerap energi dengan mekanisme perubahan fasa padat-cair sehingga energi panas dapat disimpan lebih lama. Sensor suhu memonitor kondisi panas dalam tabung penyimpanan energi dan mengirimkan data ke mikrokontroller pada kotak panel. Informasi ini ditampilkan di LCD serta dapat diakses jarak jauh melalui sistem IoT. Dengan demikian pengguna data mengatur atau memonitor suhu fluida dan energi yang tersimpan tanpa harus berada dilokasi.



Gambar 1. Desain Kolektor Surya berbentuk Silinder

PCM Parafin

Panas laten adalah bentuk penyimpanan energi yang dikenal sebagai bahan perubahan fasa, atau PCM. Sebenarnya panas sensibel, panas laten, atau keduanya dapat digunakan untuk menyimpan energi panas. Namun, keuntungan menggunakan bahan pengubah fasa sebagai media penyimpan panas adalah bahwa sejumlah kecil bahan dapat menyimpan sejumlah besar panas, dengan mekanisme penyerapan dan pelepasan panas berlangsung pada suhu yang hampir konstan. Berikut ini bentuk dan wujud dari PCM Parafin.

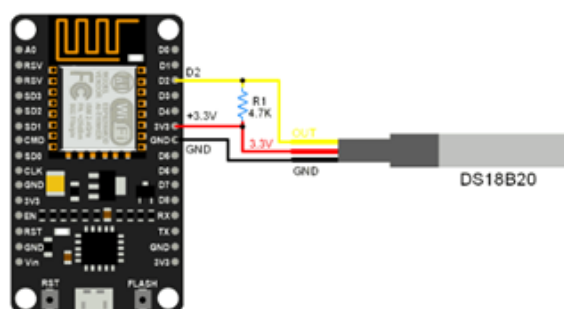


Gambar 2. PCM Parafin

Rangkaian Hardware

Node MCU adalah papan elektronik yang berbasis chip ESP 8266 yang dapat menjalankan fungsi mikrokontroler dan Internet (WiFi). Terdapat beberapa pin I/O oleh karena itu dapat digunakan sebagai aplikasi pemeliharaan untuk proyek IOT. Dengan kompilar Arduino Node MCU ESP 8266 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE. Desain fisik Node MCU ESP 8266 memiliki port USB yang kecil sehingga lebih mudah digunakan untuk pemrograman. Node MCU ESP 8266 merupakan modul pengembangan untuk platform Internet of Things. Dari segi fungsionalitas modul ini mirip dengan platform Arduino, tetapi berbeda karena modul ini dirancang untuk "konektivitas Internet."

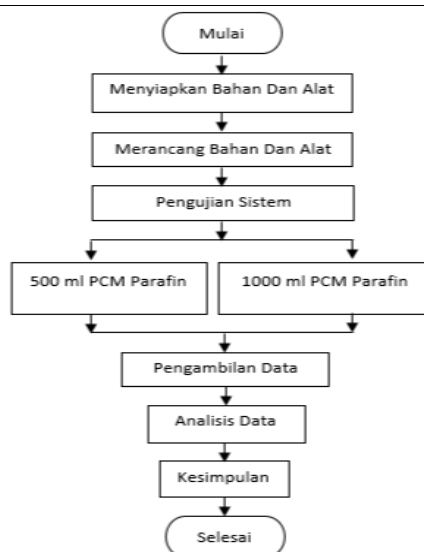
Sensor DS18B20 adalah komponen elektronik yang dapat mendeteksi perubahan suhu di sekitarnya sebelum mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sensor ini merupakan sensor digital yang berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui kabel tunggal. Fitur unik dari sensor ini adalah masing-masing memiliki kode serial yang memungkinkan lebih dari satu DS18B20 untuk digunakan dalam satu kabel komunikasi. Sensor suhu digital DS18B20 diproduksi oleh Dallas Semiconductor. Sensor menggunakan protokol komunikasi kabel 1 untuk pembacaan suhu. Tiga pin, yang terdiri dari Vs, Ground, dan Input/ Output Data digunakan oleh DS18B20. Kaki Vs adalah sumber tegangan kaki. Kisaran tegangan untuk sensor DS18B20 adalah sekitar 3V hingga 5,5V. Umumnya, Vs diberi tegangan +5V sesuai dengan tegangan kerja mikrokontroler. Selanjutnya, permukaan ground dipasang ke ground rangkaian.



Gambar 3. Skema Elektronik

Pengujian Sistem

Pengujian sistem hasil proses penelitian dari analisis termal kolektor silinder dalam sistem penyimpanan panas PCM parafin berbasis mikrokontroler. Kemudian dilakukan pengambilan hasil data penelitian.



Gambar 4. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan melakukan percobaan pada kolektor silinder pada penyimpan panas PCM Parafin berbasis mikrokontroller dengan mevariasikan banyaknya pemakaian PCM Parafin sehingga dapat diketahui temperatur yang dihasilkan oleh penyimpan panas atau kalor. Prosedur eksperimental ini berlangsung antara pukul 09.00 WIB sampai dengan kembali ke temperatur awal, dengan pengumpulan data terjadi setiap jam. Untuk hasil uji pengukuran temperatur PCM Parafin 500 ml seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Sedangkan hasil uji pengukuran temperatur PCM Parafin 1000 ml ditunjukkan tabel 2.

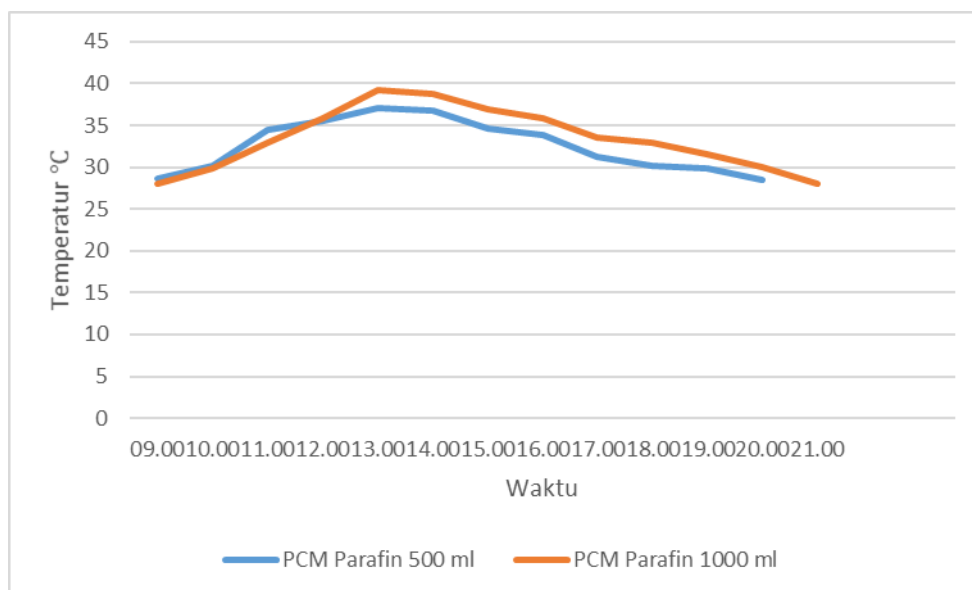
Tabel 1. Hasil Uji Pengukuran Temperatur PCM Parafin 500 ml

PCM Parafin	Waktu	Temperatur (°C)
500 ml	09.00	28,7
	10.00	30,2
	11.00	34,4
	12.00	35,6
	13.00	37,1
	14.00	36,8
	15.00	34,7
	16.00	33,8
	17.00	31,3
	18.00	30,2
	19.00	29,9
	20.00	28,5
Rata-rata Temperatur		32,6

Tabel 2. Hasil Uji Pengukuran Temperatur PCM Parafin 1000 ml

PCM Parafin	Waktu	Temperatur (°C)
1000 ml	09.00	28,0
	10.00	29,9
	11.00	32,9
	12.00	35,8
	13.00	39,2
	14.00	38,8
	15.00	37,0
	16.00	35,9
	17.00	33,5
	18.00	33,0
	19.00	31,5
	20.00	30,0
	21.00	28,1
Rata-rata Temperatur		33,3

Hasil Pengujian Keseluruhan



Gambar 5. Grafik Pengukuran Temperatur

Berdasarkan tabel dan grafik pengukuran temperatur dapat menunjukkan hasil banyaknya pemakaian PCM Parafin yang bervariasi. Pada pemakaian PCM Parafin 500 ml ditandai dengan garis Biru dimana puncak terpanas matahari yang diterima oleh kolektor silinder berada pada saat waktu menunjukkan pukul 13.00 WIB dan dimulai menurunnya intensitas cahaya radiasi matahari pada saat waktu menunjukkan pukul 13.00 s.d 20.00 WIB disebabkan karena radiasi cahaya matahari cenderung tertutup mendung. Hasil rata-rata dari temperatur tersebut yaitu 32,6 °C dalam waktu pengujian dimulai pukul 09.00 s.d 20.00 WIB dimana PCM Parafin 500 ml hanya mampu menyimpan kalor selama 11 jam. Pada variasi PCM Parafin 1000 ml ditandai garis berwarna hijau. Dimana puncak terpanas matahari yang diterima oleh kolektor silinder pada saat waktu

menunjukkan pukul 13.00 s.d 21.00 WIB menghasilkan rata-rata temperatur tersebut yaitu 33,3 °C dalam waktu pengujian dimulai pada saat waktu menunjukkan pukul 09.00 s.d 21.00 WIB dimana PCM Parafin 1000 ml hanya mampu menyimpan kalor selama 12 jam.

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa PCM Parafin dapat menyimpan kalor kurang lebih selama 11 jam dimana temperatur awal 28,7 °C dan temperatur akhir 28,5 °C. Rata-rata temperatur tertinggi diperoleh pada PCM Parafin 1000 ml yaitu 33,3 °C dan rata-rata temperatur terendah diperoleh pada PCM Parafin 500 ml yaitu 32,6 °C, disebabkan oleh nilai intensitas cahaya radiasi matahari dan semakin baik cuaca maka temperatur air yang masuk melewati PCM Parafin akan lebih baik juga.

PENUTUP

Berdasarkan pengujian kolektor surya berbentuk silinder mengenai bentuk karakteristik dari PCM Parafin guna untuk menyimpan panas atau kalor yang dapat kita manfaatkan sewaktu-waktu. Dalam penelitian analisis termal kolektor silinder dalam sistem penyimpanan panas PCM parafin berbasis mikrokontroler memperoleh hasil dihari pertama yaitu temperatur 37,1 °C dan pada saat penelitian dihari kedua temperatur pada pukul 13.00 WIB memperoleh temperatur sampai 39,2 °C. Lalu temperatur rata-ratanya dari penelitian terendah yang diperoleh pada PCM Parafin sebagai penyimpan kalor dengan penggunaan PCM Parafin 500 ml temperatur yang diperoleh 32,6 °C, sedangkan temperatur tertingginya diperoleh pada penggunaan dari PCM Parafin 1000 ml dan temperatur yang diperoleh 33,3 °C. Dari penelitian dalam pengujian ini dengan temperatur terpanas yang diserap parafin sebagai penyimpan panas semakin tinggi maka semakin lama juga temperatur panas yang didapat dan disimpan pada PCM Parafin. Hasil dalam penelitian yang terlihat bahwa PCM Parafin dapat menyimpan panas atau kalor yang sangat lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Furizal, Sunardi, and A. Yudhana, "Temperature and Humidity Control System with Air Conditioner Based on Fuzzy Logic and Internet of Things," *J. Robot. Control*, vol. 4, no. 3, pp. 308–322, 2023, doi: 10.18196/jrc.v4i3.18327.
- [2] S. Anis, "Pemanfaatan Kolektor Surya Pemanas Air Dengan Menggunakan Seng Bekas Sebagai Absorber Untuk Mereduksi Pemakaian Bahan Bakar Minyak Rumah Tangga," *Fak. Tek. Unnes*, pp. 60–66, 2020.
- [3] R. S. Yazmendra Rosa, "Rancang Bangun Alat Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik," *Lab. Refrig. Pengkondisian Udar.*, vol. 12, no. 1, 2022.
- [4] T. Arief, S. Nasir, Y. B. Ningsih, E. Oktinasari, and R. R. Yunita, "Pengembangan Dan Modifikasi Kompor Surya Sederhana Berbasis Energi Matahari (Solar Energy) Tipe Bulat Dan Parabola Untuk Kebutuhan Memasak (Solar Cooker) Pada Rumah Tangga Dan Sekolah," *J. Pengabd. Community*, vol. 3, no. 1, pp. 20–27, 2021, [Online]. Available: <http://community.ejournal.unsri.ac.id/>
- [5] R. Efendi, "Performansi kolektor surya pelat datar unglazed pemanas air," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–4, 2022.
- [6] M. L. Umar, P. B. W. Wardana, A. Finali, A. F. Hanafi, and R. I. Yaqin, "Studi Eksperimen Panel Surya Dengan Kolektor Pemanas Udara," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 7, no. 2, p. 86, 2021, doi: 10.31884/jtt.v7i2.335.
- [7] F. Furizal, S. Sunardi, A. Yudhana, and R. Umar, "Energy Efficiency with Internet of Things Based Fuzzy Inference System for Room Temperature and Humidity Regulation," *Int. J. Eng. Trans. A Basics*, vol. 37, no. 1, pp. 187–200, 2024, doi: 10.5829/ije.2024.37.01a.17.
- [8] A. Yonanda, A. Amrizal, and A. Amrul, "Simulasi Unjuk Kerja Termal Dan Pressure Drop Kolektor Surya Pelat Datar Aliran Serpentine Menggunakan Metode CFD," *Mechanical*, vol. 10, no. 1, p. 23, 2019, doi: 10.23960/mech.v10.i1.201905.
- [9] A. Yudhana and A. C. Kusuma, "Water quality monitoring at paddies farming based on android," *IOP Conf. Ser.*

Mater. Sci. Eng., vol. 403, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012042.

- [10] E. a. Firda Fara Karman, “Penyimpanan Energi Panas Untuk Meningkatkan Kinerja Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Konsentrator Semi Silindris,” *J. Tek. Mesin*, pp. 19–22, 2015.
- [11] A. G. Safitra, “Studi Numerik Pengaruh Jumlah Saluran Kolektor Surya Bentuk Segitiga Dengan Pola Aliran Zig-Zag,” *J. Technopreneur*, vol. 9, no. 2, pp. 63–70, 2021, doi: 10.30869/jtech.v9i2.757.
- [12] M. I. Putra, A. Syuhada, and A. R. Nasution, “Efektivitas Pengeringan Pada Kolektor Surya Dengan Sudut Kemiringan 130 Derajat Menggunakan Bahan Absorber,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 6, no. 1, pp. 137–143, 2023, doi: <https://doi.org/10.30596/rmme.v5i2.10956>.
- [13] A. Amrizal, A. Amrul, M. Irsyad, and A. E. Salsabillah, “Pengaruh Jarak antar Pipa Absorber terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya PV/T Pelat Datar Menggunakan Metode CFD,” *J. RekayasaM*, vol. 17, no. 3, p. 405, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i3.3628.
- [14] A. Amrizal, A. Amrul, C. P. Christian, and ..., “Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Masuk Terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya Hybrid Pv/T,” ... *J. Ilm. Tek. ...*, vol. 10, no. September 2019, pp. 49–53, 2019, [Online]. Available: <http://repository.lppm.unila.ac.id/21894/>
- [15] H. Sutjahjono and D. Djumhariyanto, “Penambahan Bahan Berbasis Minyak Pada Pcm Parafin Guna Meningkatkan Karakteristik Penyimpanan Termal Pada Kolektor Surya,” *J. Elem.*, vol. 4, no. 2, p. 86, 2017, doi: 10.34128/je.v4i2.54.
- [16] Rahmat Junaidi, Teuku Zulfadli, Muhammad Yusuf, “Kajian Perpindahan Panas Pada Solar Water Heater Dengan Sudut Kemiringan Kolektor 40°,” *J. Ilm. Tek. Unida*, vol. 2, no. 2, pp. 28–33, 2021, doi: 10.55616/jitu.v2i2.186.
- [17] Haslinda, Mahmuddin, and M. Syafrun, “Peningkatan Effisiensi Thermal Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Penutup Kaca Bersusun Pada Alat Pengering Jagung,” *J. Tek. AMATA*, vol. 3, no. 2, pp. 105–112, 2022, doi: 10.55334/jtam.v3i2.315.
- [18] M. Ali and J. Windarta, “Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Bersih yang Ramah Lingkungan,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 2, pp. 68–77, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.10059.
- [19] A. Yonanda, A. Amrizal, H. Harmen, and H. Prayitno, “Simulasi unjuk kerja kolektor surya hybrid PV/T berdasarkan jarak susunan pipa absorber berbentuk spiral,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 63–70, 2022, doi: 10.24127/trb.v11i1.1906.
- [20] M. Katibi Vanhas, N. Ilminnafik, R. R. Sakura, A. Sanata, M. Nurkoyim Kustanto, and F. X. Kristianta, “Penambahan Minyak Goreng pada Pcm Paraffin Guna Meningkatkan Karakteristik Penyimpanan Termal pada Media Penyimpan Panas,” *J. STATOR*, vol. 5, no. 2, pp. 61–63, 2022.
- [21] K. K. dan S. Arumugam, “Kinerja Paraffin Sebagai Energi Termal Surya PCM Penyimpanan,” *J. Int. Sumber Daya*, vol. 3, pp. 43–47, 2013.
- [22] A. D. Korawan, “Paraffin Sebagai Material Penyimpan Kalor Laten,” *Simetris*, vol. 13, no. 1, pp. 15–17, 2019.