

Studi Kinerja *Ground Heat Exchanger* (GHE) sebagai Media Pendingin Temperatur Permukaan Panel Surya dengan Variasi Kecepatan Udara

Pathur Razi Ansyah¹ Gunawan Rudi Cahyono¹ Aji Nihin¹ Zainal Aqli¹, Noviani Haty Lala¹

¹ Program Studi Program Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat

✉ pathur.razi@ulm.ac.id

Pembangkit listrik Photovoltaic (PV) dianggap sebagai cara yang efektif dalam mengurangi konsumsi bahan bakar fosil tetapi kekurangannya adalah permukaan yang terlalu panas dapat mengurangi kinerja panel. Pada penelitian ini, PV panel telah dikombinasikan dengan metode pendingin dari *Ground Heat Exchanger* (GHE) dengan variasi kecepatan udara GHE sebesar 1, 2, dan 3 m/s untuk mengetahui performa PV Panel. Performa panel meliputi: temperatur permukaan panel performa GHE yang diwakilkan dengan energi kalor udara (J) yang dibuang ke dalam tanah serta kondisi cuaca pada saat penelitian. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Intensitas radiasi matahari terjadi fluktuatif akibat dari anomali cuaca, tingginya intensitas radiasi matahari berkisar 1000-1250,50 W/m² diikuti oleh kenaikan temperatur lingkungan 30-33,80°C. Energi kalor udara yang dibuang ke tanah tertinggi variasi kecepatan udara, energi kalor udara yang dibuang sebesar 444,974 J pada pukul 11.00. Semakin cepat kecepatan udara GHE maka dapat meningkatkan energi kalor udara yang dibuang ke tanah. Temperatur permukaan panel terendah terjadi pada variasi kecepatan pada kecepatan udara 3 m/s yaitu 25,6°C. Semakin dalam posisi GHE dan semakin cepat kecepatan udara GHE dapat meningkatkan efisiensi dari panel surya.

Kata kunci: Pendingin Panel Surya, variasi kedalaman, Temperatur panel

Diajukan: 28 Oktober 2022

Direvisi: 16 Desember 2022

Diterima: 19 Januari 2023

Dipublikasikan online: 23 Januari 2023

Pendahuluan

Saat ini sudah banyak dikembangkan panel PhotoVoltaic (PV) yang terintegrasi dengan bangunan, seperti pada atap, dinding (fasad) atau beberapa lainnya yang terkena sinar matahari langsung yaitu Building Integrated Photovoltaic (BIPV), dan yang lain telah menggunakan konsentrator untuk mengumpulkan sinar matahari. berfokus pada panel untuk meningkatkan pembangkit listrik (Rabie et al., 2019), dan menjadi sumber energi terbarukan yang efektif dan ramah lingkungan (Hosenuzzaman et al., 2015). Penerapan teknologi PV untuk menghasilkan energi listrik, masih menyisakan permasalahan seputar efisiensi konversi energinya yang masih cukup rendah dari apa yang diharapkan jika dibandingkan dengan investasi awal yang relatif cukup mahal (Nižetić et al., 2015). Meskipun PV dianggap sebagai cara yang efektif dalam mengurangi konsumsi bahan bakar fosil tetapi kekurangannya adalah permukaan yang terlalu panas dapat mengurangi kinerja panel (Kaiser et al., 2014; Karthick et al., 2018; Singh et al., 2021). Radiasi matahari yang mengenai permukaan PV hanya sekitar 20% diubah menjadi energi listrik sementara sisanya diubah menjadi panas. Seiring kenaikan temperatur pada permukaan PV, akan mengakibatkan turunnya efisiensi konversi energi listriknya (Teo et al., 2012).

Oleh karena itu, metode pendinginan adalah kunci untuk menjaga kinerja Panel PV. Secara umum, metode pendinginan dapat berupa 3 cara yaitu aktif (Ansyah et al., 2020; Cahyono et al., 2020; Kant et al., 2019; Munthaha et al., 2020), pendinginan pasif (Sunarno, 2019; Thaib et al., 2018) dan menggabungkan kedua jenis pendingin (Sardarabadi et al., 2017).

Penelitian-penelitian dengan berbagai teknik pendinginan seperti udara, air, heatsink dari aluminium blok, maupun sistem hybrid PV- Thermal (PV-T) dengan menggunakan sirip pendingin digunakan untuk menjaga temperatur permukaan PV (Cahyono et al., 2020; Ceylan et al., 2014; Jakhar et al., 2016; Sunarno, 2019), Untuk kasus penerapan PV dengan jumlah dan kapasitas daya besar yang di instalasi diatas permukaan tanah, diperlukan potensi lain yang dapat lebih meningkatkan efisiensi pendinginan, selain menggunakan berbagai media yang sudah disebutkan. Menurut Davids Bank dalam bukunya *An Introduction to Thermogeology—Ground Source Heating and Cooling Teknologi Geothermal, Pemanfaatan teknologi Geothermal Heat Pump (GHP) menggunakan temperatur tanah yang relatif konstan untuk menyediakan pemanas ruangan, pendinginan, dan air panas domestik untuk rumah, sekolah, pabrik, dan bangunan umum dan komersial (Banks, 2008). Seperti disebutkan, sistem GHP dapat juga memberikan*

Cara mensitasi artikel ini:

Ansyah, P. R., Cahyono, G.R., Nihin, A., Aqli, Z., Lala, N.H. (2023) Studi Kinerja *Ground Heat Exchanger* (GHE) sebagai Media Pendingin Temperatur Permukaan Panel Surya dengan Variasi Kecepatan Udara. *Buletin Profesi Insinyur* 6(1) 020-025



pendinginan ruang. Di iklim sedang, di musim panas, tanah di bawah sekitar kedalaman 15 m secara signifikan lebih dingin daripada udara luar (Rybach, 2012). Menurut penelitian Elminshawy et al, 2017, temperatur tanah pada kedalaman sekitar 1-3 m di bawah permukaan bumi selalu lebih rendah dari temperatur udara atmosfer sekelilingnya di musim panas (Elminshawy et al., 2019). Hal ini yang mendasari penggunaan *underground* untuk menelaah lebih lanjut peningkatan efektifitas pendinginan PV dengan menyalurkan media udara melalui pipa kapiler yang diletakkan di dalam tanah sebagai *Ground Heat Exchanger* (GHE) pada kedalaman tertentu, dan diteruskan ke bagian belakang permukaan PV untuk didinginkan. Penggunaan model pipa kapiler dengan bentuk spiral juga akan dipertimbangkan dengan melihat pengaruhnya terhadap penurunan tekanan udara yang disalurkan. Hal ini berkaitan dengan hubungan antara tekanan dan temperatur yang merupakan hubungan linier (Dodi Krisdianto, 2011). Penelitian sebelumnya yang dilakukan terkait pemanfaatan udara sebagai media pendingin dengan cara dihembuskan secara langsung (Cahyono et al., 2020), masih belum mendapat hasil yang signifikan, yaitu diperoleh efisiensi PV antara 3.106 - 3.206%. Dengan memadukan pemanfaatan kotak pendingin (*cooling box*) pada penelitian sebelumnya dan pemanfaatan udara yang dihembuskan melalui *underground heatsink* atau *ground heat exchanger* (GHE) pada kedalaman tertentu, akan diteliti bagaimana peningkatan pembuangan energi kalor dan output PV seiring dengan peningkatan variasi kecepatan hembusan udara yang dilakukan

Metode

Intensitas Radiasi Matahari

Jumlah radiasi matahari yang diterima bumi bergantung pada keadaan atmosfer, jarak bumi dari matahari, intensitas dari radiasi matahari dan lamanya penyinaran matahari (Sari et al., 2015). Perlu pengukuran khusus untuk mengetahui jumlah intensitas cahaya dalam satuan W/m^2 sebagai sumber energi panel surya menggunakan Pyranometer. Menurut data BPS Banjarbaru, lama penyinaran matahari pada bulan april sampai bulan September berkisar 60–75 % (BPS, 2017). Dengan potensi penyinaran matahari yang cukup besar, potensi pemanfaatan panel surya sangat besar untuk daerah Banjarbaru dan sekitarnya.

Energi kalor sensibel

Setiap benda memiliki energi yang terkandung di dalamnya. Salah satu energi yaitu dalam bentuk energi panas/kalor. Terdapat dua jenis energi kalor yaitu energi kalor laten dan energi kalor sensibel. Energi kalor laten dicirikan dengan perubahan fasa zat sedangkan kalor sensibel ditandai dengan perubahan temperatur zat. Kalor laten lebih besar dibandingkan kalor sensibel. Tanah sebagai media pendingin memiliki sifat storage (sebagai penyimpan kalor) dan kalor yang disimpan dapat berupa kalor sensibel. Sifat anomali temperatur di dalam tanah dan permukaan tanah merupakan

fenomena dimana kalor sensibel dari tanah menyimpan dan melepaskan kalor ketika terjadi perbedaan temperatur di antara keduanya. Kalor sensibel didapat dari rumus:

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (1)$$

di mana **Q** adalah Total energi kalor sensibel (J), **m** adalah aliran massa dari udara, **C_p** adalah kalor spesifik dari udara (tergantung dari temperatur udara), **T₂** adalah temperatur akhir, **T₁** adalah temperatur awal.

Alat dan bahan

Penelitian dilaksanakan di Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat di Banjarbaru (-3° 26' 46.04", 114° 50' 25.05"). Tahapan penelitian dapat terlihat dari Gambar 3. Pengukuran intensitas radiasi matahari menggunakan Solar Power Meter SM206. Evaluasi perubahan temperatur dan output panel surya dilakukan dengan setiap 30 menit, dari pukul 11.00-15.00 menggunakan Midi data logger GL840. Panel surya menggunakan bahan *Polycrystalline dengan Power: 100 Watt (Pmax), Rated Voltage: 18V (Vpm), dan Rated Current : 8A (Ipm)* seperti terlihat pada Gambar 2. Desain eksperimen penelitian dapat terlihat pada Gambar 3. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan udara GHE (1, 2, dan 3 m/s) pada kedalaman GHE 2 m dari atas permukaan tanah.

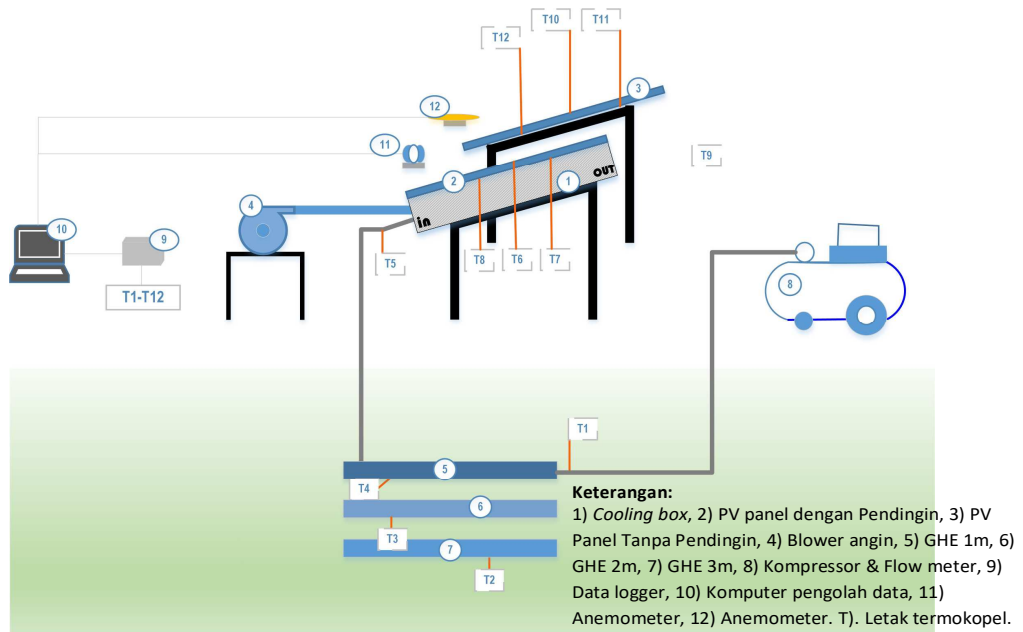


Gambar 1 Polycrystalline Panel

Hasil Kerja

Intensitas Radiasi Matahari dan Temperatur Lingkungan

Gambar 4 dan 5 menunjukkan data intensitas radiasi matahari dan temperatur lingkungan pada saat pengujian. Intensitas matahari tertinggi pada hari ke-4 pengujian yaitu 1305,70 W/m^2 . Intensitas matahari cenderung menurun seiring dengan waktu, namun pada hari ke-5 cenderung meningkat dikarenakan pada saat pengujian, matahari lebih banyak tertutup awan pada pukul 11.00-12.30 kemudian cerah kembali pukul 14.00. Pada cuaca cerah berawan, Intensitas radiasi matahari berkisar 1000-1250,50 W/m^2 hal ini berpengaruh kepada temperatur lingkungan (Gambar 5), Intensitas matahari yang meningkat diikuti oleh meningkatnya temperatur lingkungan yaitu 30-33,80°C. Peningkatan Intensitas radiasi matahari diikuti oleh kenaikan temperatur dan penurunan radiasi pun diikuti oleh penurunan temperatur lingkungan. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari maka semakin tinggi



Gambar 2 Desain Penelitian

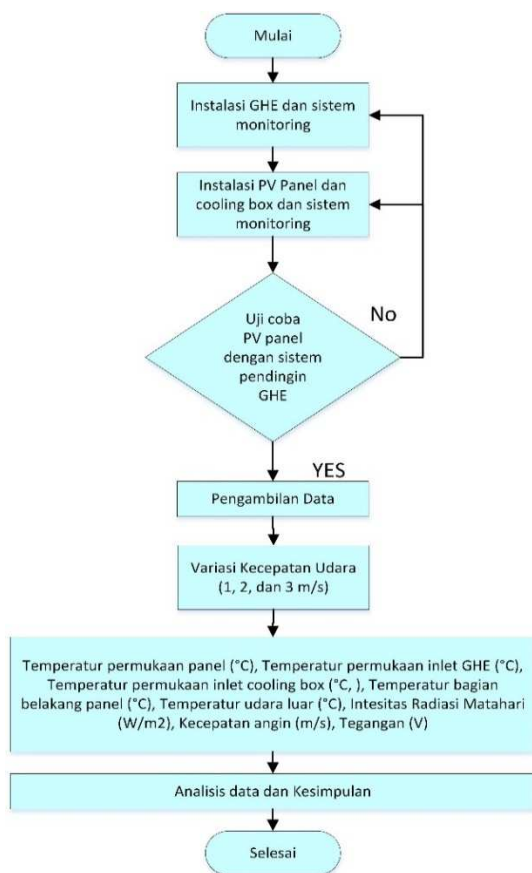
konsentrasi ozon, serta sangat berpengaruh kepada kenaikan temperatur lingkungan yang terjadi (Mairisdawenti et al., 2014). Peningkatan temperatur lingkungan ini akan meningkatkan temperatur permukaan panel sehingga dapat menurunkan efisiensi panel surya (Ansyah et al., 2020).

Pembuangan Energi Kalor Udara ke tanah oleh GHE

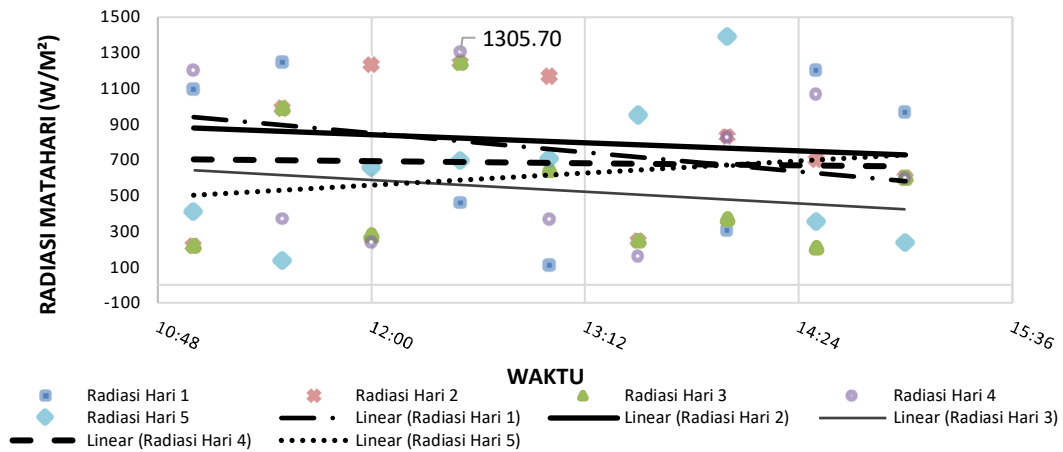
Gambar 6 menunjukkan data energi kalor sensibel udara yang dilepaskan ke dalam tanah oleh GHE saat pengujian dengan variasi kecepatan. Energi kalor udara yang dapat dibuang oleh GHE tertinggi adalah 444,974 J pada pukul 11.00 dengan selisih temperatur adalah 10,25°C. *Trendline* menunjukkan bahwa energi kalor yang dibuang oleh GHE semakin besar seiring waktu pengujian. Dilihat dari variasi kecepatan, Kecepatan 2 m/s menghasilkan buangan energi kalor terbesar, dibandingkan 1 dan 3 m/s hal ini dikarenakan kecilnya selisih temperatur udara masuk dan keluar dari GHE yang mana sangat tergantung dengan temperatur udara luar. Hal ini bisa terlihat dari Gambar grafik temperatur lingkungan pada hari ke 3 temperatur udara sekitar berkisar 24-26°C. Pada kondisi langit normal (cerah), Semakin besar kecepatan udara maka semakin besar energi yang tertansfer ke dalam tanah hal ini ditunjukkan pada kecepatan 1 dan 2 m/s.

Temperatur permukaan panel surya

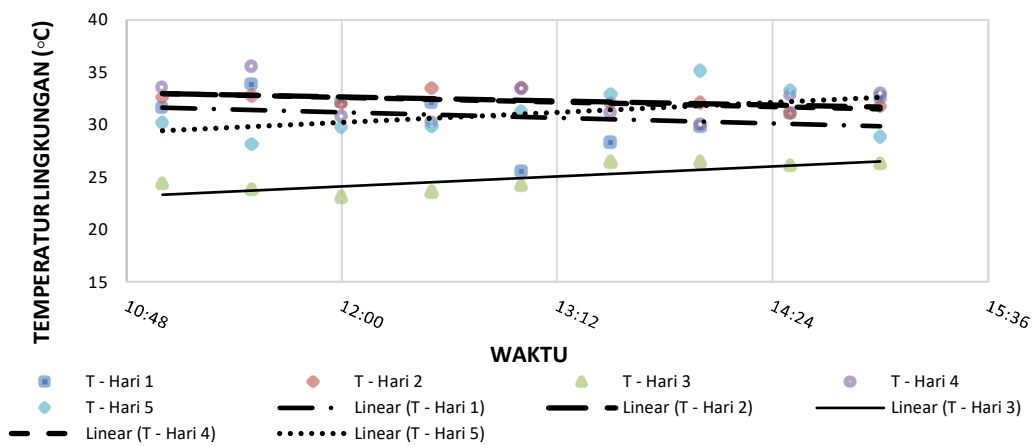
Hasil samping dari pemanfaatan energi surya adalah panas berlebih, namun dengan adanya hal tersebut menurunkan kinerja panel surya. Metode pendinginan dengan menggunakan variasi kecepatan menghasilkan temperatur panel yang berbeda-beda. Gambar 7 menunjukkan bahwa data temperatur permukaan panel yang dilepaskan ke dalam tanah oleh GHE saat pengujian dengan variasi kecepatan. Pada variasi kecepatan 1 m/s temperatur panel berkisar pada 45-50°C, sedangkan kecepatan 2 m/s temperatur panel menjadi lebih rendah sekitar 1-3°C. Pada variasi 3 m/s temperatur panel berkisar 25-32°C. Temperatur panel semakin turun seiring penambahan kecepatan udara yang dilewatkan dalam GHE. Temperatur panel terendah terjadi pada kecepatan 3 m/s yaitu 25,6°C. Semakin tinggi kecepatan udara yang dihembuskan maka temperatur panel semakin rendah hal ini



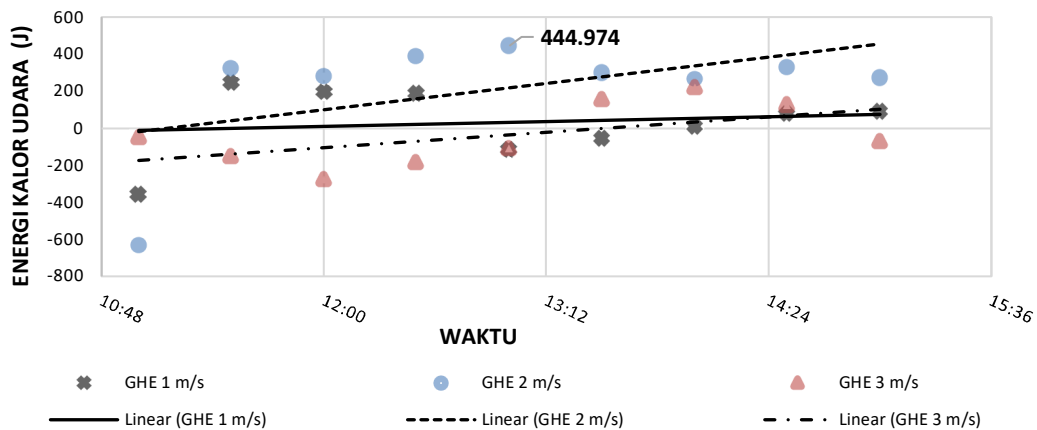
Gambar 2 Alur Penelitian



Gambar 4 Intensitas radiasi matahari terhadap waktu



Gambar 5 Temperatur lingkungan terhadap waktu



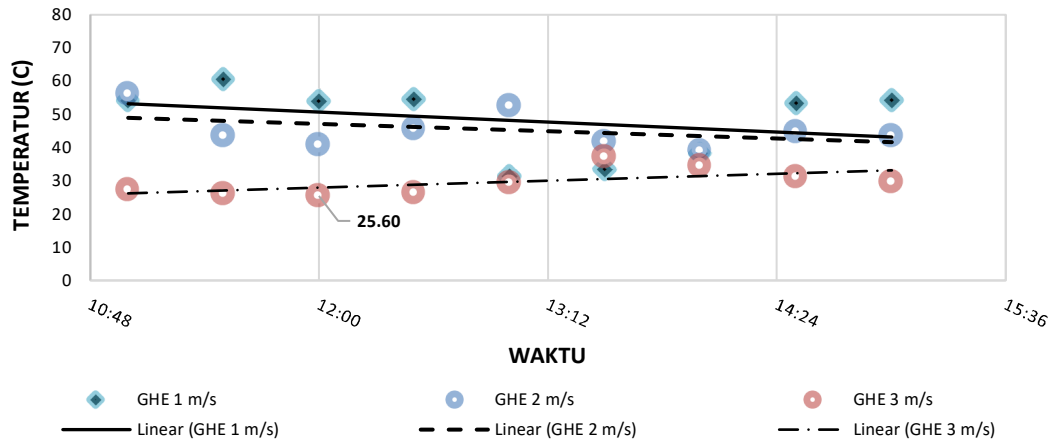
Gambar 6 Buangan energi kalor ke tanah pada variasi kecepatan terhadap waktu

disebabkan oleh pembuangan panas yang lebih besar ketika kecepatan udara bertambah.

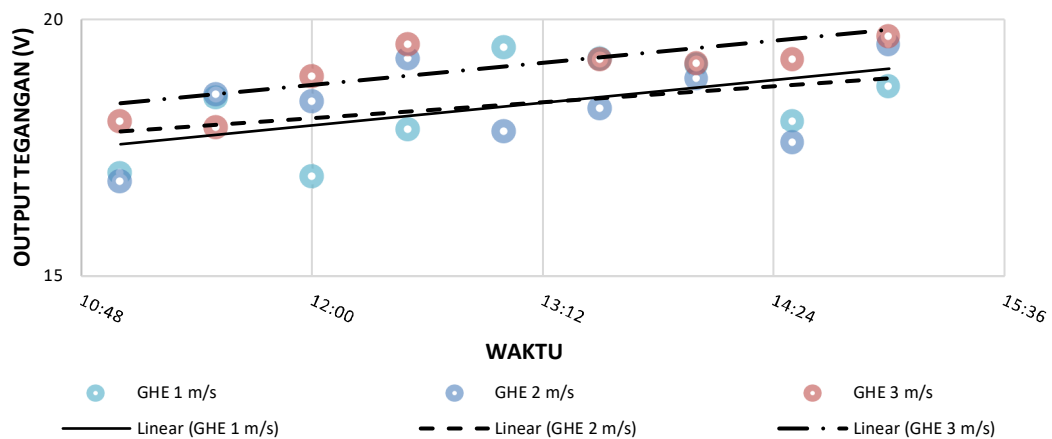
Output panel surya

Gambar 8 menunjukkan tegangan panel surya variasi kecepatan hembusan udara terhadap waktu. Output tegangan panel terjadi peningkatan seiring dengan penambahan kecepatan udara 1, 2, dan 3 m/s. Hasil output energi pada kecepatan 1 m/s yaitu 17-19 V, pada

kecepatan 2 m/s berkisar pada 16-19 V, dan pada kecepatan 3 m/s berkisar pada 18-20 V. Terjadi anomali cuaca pada pukul 13.00-13.30 yang membuat output panel 1 m/s lebih tinggi dibandingkan 2 m/s. secara trendline menunjukkan bahwa output tegangan panel semakin meningkat seiring dengan waktu proporsional dengan penambahan kecepatan udara GHE yang dihembuskan ke belakang panel surya.



Gambar 7 Temperatur panel surya pada variasi kecepatan terhadap waktu



Gambar 8 Output tegangan panel surya variasi kecepatan terhadap waktu

Kesimpulan

1. Intensitas radiasi matahari tertinggi yaitu 1305,70 W/m² pada hari ke-4. Intesitas radiasi matahari diikuti oleh kenaikan temperatur dan penurunan radiasi diikuti oleh penurunan temperatur lingkungan.
2. Semakin tinggi kecepatan udara maka semakin rendah temperatur permukaan panel surya. Temperatur permukaan terbaik pada kecepatan udara 3 m/s adalah 25,60°C
3. Semakin tinggi kecepatan udara maka energi kalor yang dibuang ke tanah semakin besar yaitu pada kecepatan udara 3 m/s masing-masing 444,974 J.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini telah menjadi salah satu Program Dosen Wajib Meneliti (PDWM) Universitas Lambung Mangkurat, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Sesuai dengan SK Rektor Universitas Lambung Mangkurat Nomor: 458/UN8/PG/2022 Tanggal 28/03/2022

Referensi

Ansyah, P. R., Cahyono, G. R., & Riadi, J. (2020). *PERFORMA PANEL SURYA DENGAN BEBAN LAMPU LED*. 12(2), 66–

71. BPS, K. S. (2017). *Kecepatan Angin Penyinaran Matahari*. <https://kalsel.bps.go.id/statictable/2017/02/09/1131/kecepatan-angin-dan-penyinaran-matahari-tahun-2012-.html>
- Cahyono, G. R., Ansyah, P. R., & Munthaha, M. (2020). Pengaruh Variasi Kecepatan Hembusan Udara Terhadap Temperatur, Daya Output dan Efisiensi Pada Pendinginan Panel Surya. *Infotekmesin*, 11(02), 141–146. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v11i2.259>
- Ceylan, I., Gürel, A. E., Demircan, H., & Aksu, B. (2014). Cooling of a photovoltaic module with temperature controlled solar collector. *Energy and Buildings*, 72(2014), 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.058>
- Dodi Krisdianto, A. P. dan S. (2011). PROFIL PERUBAHAN TEKANAN GAS TERHADAP SUHU PADA VOLUME TETAP Kajian Teori Metode Penelitian. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 207–212.
- Elminshawy, N. A. S., El Ghandour, M., Gad, H. M., El-Damhoggi, D. G., El-Nahhas, K., & Addas, M. F. (2019). The performance of a buried heat exchanger system for PV panel cooling under elevated air temperatures. *Geothermics*, 82(May), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.05.012>

- Hosenuzzaman, M., Rahim, N. A., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., Malek, A. B. M. A., & Nahar, A. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 284–297.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.046>
- Jakhar, S., Soni, M. S., & Gakkhar, N. (2016). Performance Analysis of Photovoltaic Panels with Earth Water Heat Exchanger Cooling. *MATEC Web of Conferences*, 55, 0–5.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/20165502003>
- Kaiser, A. S., Zamora, B., Mazón, R., García, J. R., & Vera, F. (2014). Experimental study of cooling BIPV modules by forced convection in the air channel. *Applied Energy*, 135, 88–97.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.079>
- Kant, K., Pitchumani, R., Shukla, A., & Sharma, A. (2019). Analysis and design of air ventilated building integrated photovoltaic (BIPV) system incorporating phase change materials. *Energy Conversion and Management*, 196(June), 149–164.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.05.073>
- Karthick, A., Murugavel, K. K., & Ramanan, P. (2018). Performance enhancement of a building-integrated photovoltaic module using phase change material. *Energy*, 142, 803–812.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.090>
- Mairisdawenti, Pujiastuti, D., & Ilahi, A. F. (2014). Fluktuasi Konsentrasi Ozon Permukaan Di Bukit Kototabang Tahun 2005-2010. *Jurnal Fisika Unand*, 3(3), 177–183.
- Munthaha, M., Cahyono, G. R., & Ansyah, P. R. (2020). PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP PANEL SURYA. *Poros Teknik*, 12(1), 29–34.
<https://doi.org/https://doi.org/10.31961/porosteknik.v12i1.941>
- Nižetić, S., Duić, N., Papadopoulos, A. M., Tina, G. M., & Grubišić-Čabo, F. (2015). Energy efficiency evaluation of a hybrid energy system for building applications in a Mediterranean climate and its feasibility aspect. *Energy*, 90, 1171–1179.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.06.053>
- Rabie, R., Emam, M., Ookawara, S., & Ahmed, M. (2019). Thermal management of concentrator photovoltaic systems using new configurations of phase change material heat sinks. *Solar Energy*, 183(March), 632–652.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.03.061>
- Rybach, L. (2012). Shallow systems: Geothermal heat pumps. In *Comprehensive Renewable Energy* (Vol. 7). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00704-6>
- Sardarabadi, M., Passandideh-Fard, M., Maghrebi, M. J., & Ghazikhani, M. (2017). Experimental study of using both ZnO/ water nanofluid and phase change material (PCM) in photovoltaic thermal systems. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 161(November 2016), 62–69.
<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.11.032>
- Sari, B., Yulkifli, & Kamus, Z. (2015). Sistem Pengukuran Intensitas dan Durasi Penyinaran Matahari Realtime PC berbasis LDR dan Motor Stepper. *J.Oto.Ktrl.Inst*, 7(1), 37–52.
- Singh, D., Kumar Gautam, A., & Chaudhary, R. (2021). Application of phase change material in building integrated photovoltaics: A review. *Materials Today: Proceedings*, 1–5.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.021>
- Sunarno, A. R. (2019). Sistem Pendingin Pasif untuk Meningkatkan Daya Keluaran Panel Sel Surya. In *Repositori Institusi USU*.
- Teo, H. G., Lee, P. S., & Hawlader, M. N. A. (2012). An active cooling system for photovoltaic modules. *Applied Energy*, 90(1), 309–315.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.01.017>
- Thaib, R., Rizal, S., Hamdani, Mahlia, T. M. I., & Pambudi, N. A. (2018). Experimental analysis of using beeswax as phase change materials for limiting temperature rise in building integrated photovoltaics. *Case Studies in Thermal Engineering*, 12(November 2017), 223–227.
<https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.12.005>