

DESAIN *FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR* MENGGUNAKAN MATERIAL ALUMINIUM (Al) PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIKPANAS MATAHARI

Fatahillah Azhari Kurniawan¹, Margianto², Capi Yazirin³.

¹Universitas Islam Malang.

email: dispersi080800@gmail.com

²Universitas Islam Malang.

email: margianto@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang.

email: cepiyazirin10@unisma.ac.id

ABSTRACT

Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan dan memanfaatkan energi surya. Salah satu dari banyak sistem konversi energi surya yang tersedia dapat digunakan untuk mengatasi penurunan cadangan bahan bakar konvensional yang ada. Menurut standar ASHRAE, kolektor surya adalah alat yang dirancang untuk menyerap radiasi dan sinar matahari. Salah satu komponen utama kolektor surya adalah termoelektrik. Ini adalah alat berbentuk modul yang memiliki kemampuan untuk secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik. Panas yang diradiasikan oleh lampu sampai kepada kaca penutup kolektor, dimana respon dari kaca penutup ada dua, yaitu menyerap panas dan memantulkan panas. Panas yang berhasil diserap oleh kaca penutup akan ditransmisikan menuju ke plat dimana respon dari plat pun juga sama seperti kaca. Panas yang berhasil diserap oleh plat akan ditransmisikan menuju ke sisi panas termoelektrik generator (TEG). Termoelektrik generator memiliki dua sisi, yaitu panas dan dingin. Sisi panas dari termoelektrik generator menempel langsung dengan plat sehingga terjadi perpindahan panas secara konduksi dari plat ke termoelektrik generator. Termoelektrik generator memiliki prinsip kerja mengubah energi panas menjadi listrik berdasarkan perbedaan suhu, hal ini dapat diartikan bahwa ketika sisi panas termoelektrik generator mengalami kenaikan suhu akibat menerima panas dari plat, maka sisi dingin pada termoelektrik harus memiliki suhu yang rendah agar terjadi perbedaan suhu. Oleh karena itu, perlu dipasang alat penukar panas, juga dikenal sebagai heatsink, untuk menjaga suhu sisi dingin generator termoelektrik tetap rendah. Ketika ada perbedaan suhu antara kedua sisi termoelektrik, energi panas akan diubah menjadi listrik, yang dilepaskan dari generator termoelektrik melalui kabelnya. Hasil dari profil temperatur pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (75,60°C, 73,50°C, 71,10°C), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi ketinggian kaca dengan penyerapan panas paling optimal yaitu 3 cm. Hasil dari profil laju penyerapan panas pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (0,218°C/menit, 0,217°C/menit, 0,209°C/menit), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa laju penyerapan panas yang paling optimal adalah pada variasi ketinggian kaca 3 cm. Hasil dari profil *voltage density* pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (17,35 mV/°C, 16,16 mV/°C, 14,71 mV/°C), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *voltage density* yang paling tinggi adalah pada variasi ketinggian kaca 3 cm. Hasil dari profil efisiensi keseluruhan sistem pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (44,00%, 41,70%, 40,56%), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa efisiensi keseluruhan sistem yang paling tinggi adalah pada variasi ketinggian kaca 3 cm.

Kata Kunci: *flat plate solar collector*, aluminium, *Thermoelectric Generator*.

PENDAHULUAN

Karena era industri 4.0 sedang berkembang, masyarakat Indonesia harus beradaptasi dengan kemajuan teknologi saat ini. Untuk menjalankan teknologi saat ini, bahan bakar diperlukan. [1]. Indonesia masih sangat bergantung pada energi fosil, yang mencakup 95% dari kebutuhan energinya dan sebanyak 50% dari sumber energinya berasal dari minyak. Karena

cadangan energi fosil yang rendah dan kebutuhan energi yang terus meningkat, pemerintah mengutamakan penggunaan energi baru dan terbarukan. [2].

Kemajuan teknologi saat ini berkembang sangatlah pesat, apapun yang kita lakukan saat ini bergantung dengan teknologi, dan teknologi bergantung dengan energi, semua teknologi yang ada saat ini membutuhkan energi agar terus bisa berfungsi. Semakin bertambahnya penduduk di muka bumi ini juga berbanding lurus dengan kebutuhan akan

energi, sementara itu sumber energi yang selama ini kita pakai sebagian besar bergantung pada energi fosil, yang mana penggunaan energi tersebut mengakibatkan pencemaran udara dan bisa merubah iklim menjadikan pemanasan global.

Para ilmuwan berkonsentrasi pada desain dan optimalisasi sistem pemulihan energi baru untuk mengurangi dampak pemanasan global dan pencemaran udara yang semakin meningkat. Matahari adalah sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan menjadi energi listrik. Indonesia adalah negara yang memiliki garis khatulistiwa yang mana memiliki sinar matahari sepanjang tahun, hal tersebut menjadikan pilihan untuk mengembangkan energi terbarukan [3]. Manfaat pemakaian energi matahari yaitu ramah terhadap lingkungan, tidak menyebabkan polusi, dan tidak menimbulkan limbah. Banyak orang telah memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik, seperti pembangkit listrik tenaga surya yang menggunakan panel surya untuk memanfaatkan energi matahari.

Penggunaan energi fosil saat ini menjadi perhatian besar karena semakin menipisnya sumber energi dan dampak negatif yang ditimbulkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (GRK). Meningkatnya gas rumah kaca menyebabkan peningkatan suhu permukaan sehingga menciptakan lingkungan yang tidak menguntungkan [4]. Energi matahari merupakan energi terbanyak di bumi yang dapat diubah menjadi energi listrik. Energi ini dimanfaatkan manusia untuk memenuhi kebutuhan yang sangat dibutuhkan pada masa kini dan masa depan [5]. Karena Indonesia terletak tepat di garis khatulistiwa, maka wilayah Indonesia selalu disinari matahari selama 10 hingga 12 jam sehari. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi untuk mengembangkan dan memanfaatkan energi surya sebagai salah satu sistem konversi energi surya. Sistem konversi energi surya ini dapat digunakan untuk mengatasi cadangan bahan bakar konvensional yang semakin menipis. [6].

Menurut standar ASHRAE, kolektor surya adalah perangkat yang dirancang untuk menyerap radiasi matahari dan mentransfer energi melaluinya [6]. Panel surya memiliki satu komponen utama: termoelektrik. Konverter termoelektrik merupakan perangkat modular yang dapat secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik [8]. Teknologi termoelektrik memiliki beberapa keunggulan seperti ramah lingkungan, tahan lama, dan mampu menghasilkan energi dalam skala besar maupun kecil [9].

Kolektor surya diklasifikasikan menjadi tiga jenis: kolektor datar, kolektor pusat, dan kolektor tabung evakuasi. Untuk mendapatkan hasil yang optimal,

permukaan kolektor dicat hitam yang bertujuan untuk menyerap radiasi matahari secara optimal [10]. Untuk menghindari kehilangan panas, digunakan kaca penutup yang transparan terhadap radiasi matahari dan mencegah panas keluar dari kolektor ke lingkungan [11].

Pada rangkaian sistem kolektor surya, terdapat suatu komponen berupa plat yang berfungsi sebagai penyerap panas matahari dan meneruskan panas tersebut ke termoelektrik. Hal ini menyebabkan berkembangnya teknologi termoelektrik, khususnya TEG (generator termoelektrik), yang digunakan untuk mengubah perbedaan suhu antara kedua sisi modul menjadi listrik. Keuntungan generator termoelektrik adalah sistem ini tidak memiliki bagian yang bergerak dan sangat kuat. Penyerapan yang optimal pada desain *flat plate solar collector* merupakan hal yang penting dalam meningkatkan performa pada konversi energi panas menjadi listrik. Penggunaan TEG pada solar membutuhkan perbedaan suhu yang besar antara material konduktor panas dan juga *heatsink*. Ditambah, proses penyerapan panas secara radiasi dari kaca menuju material konduktor panas dibutuhkan jarak yang optimal untuk dapat menyerap energi panas yang ditransmisikan oleh kaca. Oleh karena itu pada penelitian ini, jarak antara kaca dan konduktor panas divariasikan untuk mendapatkan jarak yang optimal dengan efisiensi yang besar. Untuk material plat yang digunakan oleh peneliti di sini adalah plat aluminium (Al) karena Aluminium merupakan konduktor panas yang baik (Shieddieque et al., 2023). Skripsi ini meneliti tentang pembangkit listrik menggunakan termoelektrik untuk memanfaatkan energi panas matahari dengan alat yang bisa menghasilkan sumber energi listrik terbarukan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental nyata, yang dilakukan dengan menggunakan alat yang dibuat dan mengumpulkan data berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian. Penelitian ini dilakukan di ruangan tertutup dengan kecepatan angin 1,5 m/s yang dilakukan selama 150 menit.

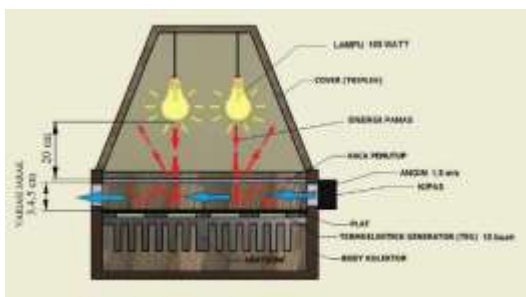


Gambar 1 Desain Kolektor Surya

Sebelum penelitian dilakukan, peralatan dibuat. Tahap ini meliputi pekerjaan persiapan perakitan alat uji

yang dirakit sesuai konsep yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah memeriksa kesiapan alat dan komponen pengujian Anda untuk memastikan bahwa alat tersebut berfungsi saat digunakan. Berikut hal-hal yang perlu dilakukan dan diperhatikan pada langkah ini:

1. Pemasangan modul generator termoelektrik (TEG), sesuai dengan karakteristik sampingnya, modul berada pada kolektor datar pada sisi panas. heat sink dipasang di sisi dingin.
2. Peneliti dapat menggunakan tegangan keluarannya untuk menentukan apakah modul generator termoelektrik (TEG) berfungsi



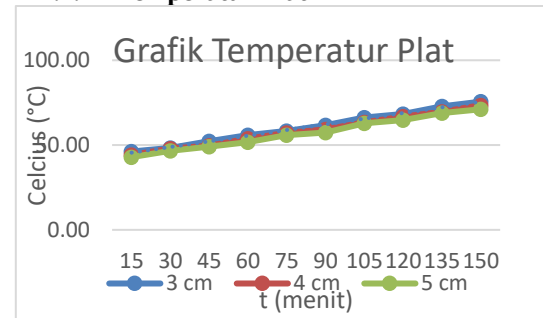
Gambar 2 Ilustrasi

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat eksperimental, yaitu melakukan percobaan langsung di lapangan untuk memperoleh data yang akan dihasilkan dari penelitian yang sebenarnya. Untuk mempermudah analisis data, pembacaan disusun dalam format tabel blok dan diambil datanya sebagai berikut.:

1. Pastikan rangkaian komponen sesuai dengan desain.
2. Mengoperasikan sistem menggunakan thermoelectric generator (TEG) dan menangkap data berupa suhu, arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan oleh perangkat.
3. Ulangi percobaan dengan mengumpulkan data selama 150 menit.
4. Melakukan pengambilan data yang telah dihasilkan pada keseluruhan penelitian yang meliputi
 - a. Intensitas radiasi matahari
 - b. Temperatur permukaan plat besi
 - c. Temperatur kaca
 - d. kolektor untuk temperatur udaraa masuk
 - e. kolektor untuk temperatur uudara keluar
 - f. Temperatur sirip *heatsink*
 - g. Temperatur permukaan *heatsink*
 - h. Temperatur lingkungan
 - i. Tegangan listrik
 - j. Arus listrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2.1 Temperatur Plat



Grafik 1 Temperatur Plat

Pada grafik 1 menunjukkan profil temperatur plat aluminium dari desain flat plate solar kolektor mengalami peningkatan yang cukup signifikan terhadap waktu dan jarak. Perbedaan suhu pada jarak 3 cm dengan 4 cm 2,04°C dan jarak 3 cm dengan 5 cm 3,44°C. Dari perbedaan suhu tersebut jarak 3 cm mengalami peningkatan suhu yang paling optimal, yang mana peningkatan temperatur ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: transmisivitas kaca, material plat, pelapisan warna hitam, variasi jarak, bilangan Reynolds.

Transmisivitas kaca merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan temperatur pada material konduktor panas, dimana semakin tipis kaca penutup maka akan semakin tinggi nilai transmisivitas kaca. Hal tersebut menyebabkan nilai transmisivitas kaca semakin tinggi dimana energi panas akan lebih cepat ditransmisikan menuju material konduktor panas, sehingga material konduktor panas tidak membutuhkan waktu lama untuk menampung panas dalam kapasitas yang relatif besar [13]. Ketika material konduktor panas menampung energi panas dalam kapasitas yang relatif besar, maka temperatur material konduktor panas akan meningkat secara optimal.

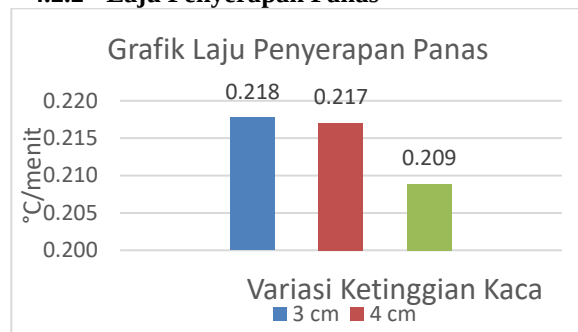
Faktor berikutnya adalah material konduktor penyerap panas, dimana material dengan nilai konduktivitas termal yang tinggi dapat mempengaruhi optimasi peningkatan temperatur [14]. Kemampuan menghantarkan panas yang baik membuat energi panas tersalurkan dengan maksimal. Selain itu ketebalan material konduktor panas juga berpengaruh terhadap peningkatan temperatur, dimana semakin tipis material konduktor panas, maka akan semakin cepat prosen penyaluran panas [15].

Pelapis warna hitam juga memiliki pengaruh terhadap peningkatan temperatur material konduktor panas, dikarenakan warna hitam merupakan warna yang paling baik dalam hal penyerapan panas sehingga dapat meningkatkan temperatur material konduktor panas dengan optimal [16].

Faktor lainnya yaitu bilangan Reynolds, pada tabel 4.3 menunjukkan kenaikan bilangan Reynolds pada jarak 3 cm, 4 cm, dan 5 cm. jarak 5 cm memiliki bilangan Reynolds

terbesar. Nilai bilangan reynolds dipengaruhi oleh kecepatan angin dan ukuran saluran pada kolektor, Di sini bilangan Reynolds mempengaruhi nilai koefisien perpindahan panas konvektif (h). Semakin tinggi nilai koefisien perpindahan panas konvektif maka semakin tinggi pula nilai energi efektifnya. (Q_u) [17], hal tersebut berpengaruh pada peningkatan temperatur material konduktor panas dimana semakin besar nilai (Q_u) yang diserap, maka temperatur material konduktor panas juga akan meningkat.

4.2.2 Laju Penyerapan Panas



Grafik 2 Laju Penyerapan Panas

Pada grafik 2 menunjukan profil laju penyerapan panas dari desain flat plate solar kolektor memiliki perbedaan yang relatif kecil dari variasi jarak (3cm, 4cm, 5cm), dengan penurunan yang cukup signifikan dari jarak 3cm ke 5 cm, yaitu sebesar 4%. Penyebab dari perbedaan laju penyerapan panas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain material plat, variasi ketinggian kaca, pelapisan warna hitam, dan bilangan Reynolds.

Material konduktor panas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju penyerapan panas, dimana material dengan nilai konduktivitas termal yang tinggi dapat mempengaruhi optimasi peningkatan temperatur [14]. Kemampuan menghantarkan panas yang baik membuat energi panas tersalurkan dengan maksimal. Selain itu ketebalan material konduktor panas juga berpengaruh terhadap peningkatan temperatur, dimana semakin tipis material konduktor panas, maka akan semakin cepat prosen penyaluran panas [15].

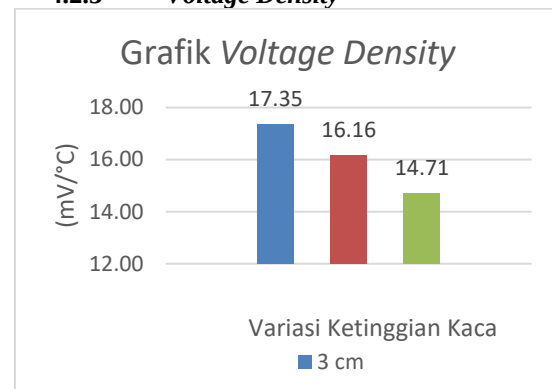
Variasi ketinggian kaca sangat mempengaruhi laju penyerapan yang dihasilkan [18], karena dengan perbedaan jarak maka ukuran saluran fluida juga akan berbeda, semakin besar ukuran saluran fluida maka semakin besar kehilangan panas yang terjadi hal ini terjadi karena fluida akan semakin banyak memasuki saluran yang memungkinkan kehilangan panasnya semakin besar.

Pelapis warna hitam juga memiliki pengaruh terhadap peningkatan temperatur material konduktor panas, dikarenakan warna hitam merupakan warna yang paling baik dalam hal penyerapan panas sehingga dapat meningkatkan temperatur material konduktor panas

dengan optimal [16].

Faktor lainnya yaitu bilangan Reynolds, pada tabel 4.3 dapat dilihat bahwa bilangan reynolds mengalami peningkatan dari variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm, dimana bilangan Reynolds berfungsi untuk mengidentifikasi jenis aliran pada fluida, dimana jika angka bilangan Reynolds semakin besar maka koefisien kehilangan panas total juga semakin besar sehingga energi berguna (Q_u) yang dihasilkan semakin kecil.

4.2.3 Voltage Density

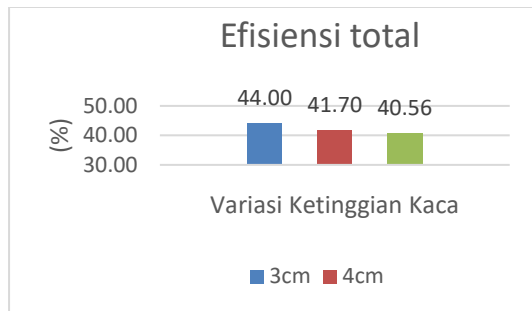


Grafik 1 Voltage Density

Pada grafik 3 menunjukan profil voltage density pada desain flat plate solar collector memiliki perbedaan yang signifikan dari variasi ketinggian kaca (3cm,4cm,5cm). jarak 3cm memiliki voltage density paling optimal, dimana jarak 3cm memiliki perbedaan 7% dengan jarak 4cm, dan 15% dengan jarak 5cm. Beberapa faktor yang mempengaruhi voltage density adalah :

Perbedaan suhu (ΔT), karena prinsip kerja Termoelektrik Generator adalah mengubah energi panas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan perbedaan temperatur pada kedua sisinya, yang mana jika semakin tinggi perbedaan temperatur maka semakin besar energi yang dapat dihasilkan (Voltage).

Faktor lainnya yaitu energi berguna (Q_u), dimana energi berguna merupakan energi yang diserap oleh material konduktor panas, sehingga besar kecilnya nilai energi berguna akan mempengaruhi temperatur material konduktor panas, yang mana hal tersebut mengakibatkan besarnya perbedaan temperatur antara kedua sisi Termoelektrik Generator. Semakin besar nilai energi berguna maka akan semakin besar perbedaan temperatur yang dihasilkan.



Grafik 2 Efisiensi Total

4.2.4 Efisiensi Total

Pada grafik 4 menunjukkan profil efisiensi total pada desain *flat plate solar collector* memiliki perbedaan yang signifikan dari variasi ketinggian kaca (3cm,4cm,5cm). jarak 3cm memiliki efisiensi total paling optimal, dimana jarak 3cm memiliki perbedaan 5% dengan jarak 4cm, dan 8% dengan jarak 5cm. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi total adalah : Energi berguna (Q_u) memiliki pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan, dimana energi berguna merupakan indikator optimasi dari efisiensi keseluruhan sistem pada kolektor surya, hal tersebut dapat diartikan bahwa semakin tinggi energi berguna (Q_u) maka akan semakin tinggi nilai efisiensi keseluruhan sistem (η_{total}) pada desain *flat plate solar collector*. Selain itu, daya yang dihasilkan (P_e) merupakan faktor lain yang mempengaruhi efisiensi keseluruhan sistem (η_{total}), dimana (P_e) merupakan hasil perkalian dari tegangan (V) dengan arus (I), sehingga dapat disimpulkan semakin besar tegangan dan arus maka akan semakin besar daya yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Hasil dari profil temperatur pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (75,60°C, 73,50°C, 71,10°C), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi ketinggian kaca dengan penyerapan panas paling optimal yaitu 3 cm. Hasil dari profil laju penyerapan panas pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (0,218°C/menit, 0,217°C/menit, 0,209°C/menit), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa laju penyerapan panas yang paling optimal adalah pada variasi ketinggian kaca 3 cm. Hasil dari profil *voltage density* pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (17,35 mV/°C, 16,16 mV/°C, 14,71 mV/°C), dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *voltage density* yang paling tinggi adalah pada variasi ketinggian kaca 3 cm. Hasil dari profil efisiensi keseluruhan sistem pada desain *flat plate solar collector* dengan variasi ketinggian kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm (44,00% 41,70%, 40,56%), dengan demikian dapat

disimpulkan bahwa efisiensi keseluruhan sistem yang paling tinggi adalah pada variasi ketinggian kaca 3 cm.

DAFTAR RUJUKAN

Jurnal

- [1] J. Ekonomi, M. Teknologi, D. Septiansari, and T. Handayani, "Pengaruh Belanja Online Terhadap Perilaku Konsumtif pada Mahasiswa di Masa Pandemi Covid-19," *Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 53–65, 2021, doi: 10.35870/emt.v5i1.372.
- [2] D. Putra, D. Yoesgiantoro, and S. Thamrin, "Kebijakan Ketahanan Energi Berbasis Energi Listrik pada Bidang Transportasi Guna Mendukung Pertahanan Negara di Indonesia: Sebuah Kerangka Konseptual," *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, vol. 7, no. 3, pp. 658–672, 2020.
- [3] M. Fakhriansyah, L. D. Fathimahhayti, and S. Gunawan, "G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan," *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022.
- [4] D. Septiadi, P. Nanlohy, M. Souissa, and F. Y. Rumlawang, "Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan," *Meteorologi Dan Geofisika*, vol. 10, no. 1, pp. 22–28, 2009.
- [5] Y. D. Arfita, "Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi padang," *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya*, vol. 2, no. 3, pp. 20–28, 2019.
- [6] D. Dzulfikar and W. Broto, "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga," vol. V, pp. SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76, 2016, doi: 10.21009/0305020614.
- [7] . R., "Analisis Termal Kolektor Surya Tipe Plat Datar Dengan Fluida Kerja Etanol 96% Pada Sistem Solar Water Heater," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 4, p. 244, 2017, doi: 10.22441/jtm.v6i4.2063.
- [8] S. C. Puspita, H. Sunarno, and B. Indarto, "Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 13, no. 2, p. 84, 2017, doi: 10.12962/j24604682.v13i2.2748.
- [9] R. I. Mainil, G. Andrapica, and A. Aziz,

- “Pengaruh Laju Aliran Air Pendingin terhadap Kinerja Pembangkit Listrik berbasis Thermoelectric Generator (TEG),” *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 36–41, 2020.
- [10] K. Astawa and I. G. Ngurah Putu Tenaya, “Analisis performansi kolektor surya pelat datar dengan diameter lubang sirip berbeda sebagai impinging jet,” *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 14, no. 2, p. 49, 2022, doi: 10.24843/jem.2021.v14.i02.p03.
- [11] F. R. Arikundo and M. Hazwi, “Rancang Bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar untuk Penghasil Panas pada Pengering Produk Pertanian dan Perkebunan,” *E-Dinamis*, vol. 8, no. 4, pp. 1–23, 2014.
- [12] A. D. Shieddieque, W. A. Nugraha, S. T. Mesin, S. Tinggi, and T. Wastukencana, “PERANCANGAN MOLD SET KOMPONEN HANDLE PINTU MOBIL DENGAN MATERIAL ALUMUNIUM 6061 MOLD SET DESIGN OF CAR DOOR HANDLE COMPONENTS USING MATERIAL ALUMUNIUM 6061”.
- [13] M. J. Ankira E. N. Saputro, Ben V. Tarigan, “Pengaruh Sudut Kaca Penutup dan Jenis Kaca terhadap Efisiensi Kolektor Surya pada Proses Destilasi Air Laut,” *Lontar Jurnal Teknik Mesin UNDANA*, vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2016.
- [14] P. K. Pertiwi, D. Ristiana, and N. Isnaini, “Uji Konduktivitas Termal pada Interaksi Dua Logam Besi (Fe) dengan 3 Variasi Bahan Berbentuk Silinder,” *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, pp. 1–4, 2015.
- [15] Philip Kristanto and Yoe Kiem San, “Pengaruh Tebal Plat Dan Jarak Antar Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Plat Datar,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 47–51, 2001.
- [16] F. A. dan T. M. Dwinta, “Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji eksperimen dengan menggunakan alat uji eksperimen untuk mendapatkan data hasil pengukuran . Adapun sesi uji yang,” *Materi dan Pembelajaran Fisika*, vol. 6, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [17] E. Wirapraja and B. A. Dwiyanoro, “Studi Eksperimental Efektivitas Penambahan Annular Fins pada Kolektor Surya Pemanas Air dengan Satu dan Dua Kaca Penutup,” *Teknik Pomits*, vol. 3, no. 2, pp. B204–B209, 2014.
- [18] Ekadewi Anggraini Handoyo, “Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas Yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 52–56, 2001.

