



ANALISA NUMERIK PENGARUH SIRIP PEMBAGI ALIRAN PADA UNJUK KERJA TERMAL KOLEKTOR PANAS PLAT DATAR BERSIRIP

Angga Darma Prabowo^{1a}, Dondi Kurniawan¹, Rizal Nazarrudin¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Korespondensi: Angga darma Prabowo

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
anggaprabowo@eng.unila.ac.id

ABSTRAK

Kolektor panas merupakan salah satu jenis alat penangkap panas matahari yang banyak digunakan saat ini. Kolektor panas telah banyak dikembangkan untuk menangkap panas lebih baik. Penambahan sirip merupakan cara yang telah terbukti efektif untuk meningkatkan kinerja termal kolektor panas. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan secara numerik, aliran udara masuk diasumsikan merata pada penampang masuknya. Pada praktiknya, udara yang masuk ke sistem kolektor tidak merata melainkan terpusat pada penampang aliran masuk. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan terhadap penambahan sirip pembagi aliran udara masuk untuk mendistribusikan udara masuk secara merata menggunakan simulasi numerik. Hasil pengujian menunjukkan kolektor panas dengan tambahan sirip pembagi aliran udara masuk memiliki distribusi aliran udara yang lebih merata serta panas yang lebih banyak terserap dibanding tanpa sirip pembagi. Sudut sirip pembagi aliran juga divariasikan pada penelitian ini. Hasil simulasi numerik menunjukkan model kolektor dengan sudut sirip pembagi aliran udara masuk 30° dapat menangkap panas lebih baik dari model lainnya.

Kata kunci: sirip pembagi aliran, aliran udara masuk, kolektor panas bersirip

ABSTRACT

A solar thermal collector is a type of device widely used today for capturing solar heat. Thermal collectors have been extensively developed to improve their heat capture efficiency. The addition of fins has proven to be an effective method for enhancing the thermal performance of solar collectors. In previous numerical studies, the incoming airflow was assumed to be uniformly distributed across the inlet cross-section. However, in practice, the incoming air in a collector system tends to be unevenly distributed and concentrated at the inlet cross-section.

This study investigates the addition of airflow divider fins to distribute the incoming air more uniformly using numerical simulations. The results indicate that a thermal collector with airflow divider fins achieves more uniform airflow distribution and absorbs more heat compared to one without divider fins. In this study, the angle of the airflow divider fins was also varied. Numerical simulation results show that a collector model with a 30° airflow divider fin angle captures heat more effectively than other models.

Keywords: *airflow divider fin, incoming airflow, finned thermal collector.*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi terbarukan dalam beberapa dekade terakhir semakin meningkat akibat dari keterbatasan sumber daya energi fosil dan isu lingkungan. Salah satu teknologi yang berpotensi besar dalam pemanfaatan energi terbarukan adalah kolektor panas surya. Kolektor panas merupakan alat yang dirancang untuk menangkap dan mengonversi energi matahari menjadi energi panas yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi, seperti pemanas air, pemanas udara, pengering, dan lain-lain [1-4]. Unjuk kerja termal kolektor panas sangat dipengaruhi oleh desain geometris dan distribusi aliran fluida di dalam kolektor. Semakin banyak turbulensi yang terjadi pada interaksi antara fluida dan plat kolektor, semakin banyak panas yang dapat dipindahkan oleh fluida [5-7].

Penambahan sirip pada kolektor panas merupakan salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja termal kolektor panas plat datar, sirip pada kolektor berperan dalam memperluas area perpindahan panas sehingga panas yang berpindah dari kolektor ke aliran fluida lebih besar. Telah banyak dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan sirip pada kolektor panas plat datar. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan unjuk kerja termal yang signifikan [8].

Penelitian mengenai peningkatan unjuk kerja kolektor panas bersirip lebih lanjut telah banyak dilakukan dengan memvariasikan konfigurasi sirip pada kolektor panas surya. Dari beberapa penelitian, diperoleh peningkatan unjuk kerja termal yang signifikan dengan memodifikasi bentuk sirip dan konfigurasi sirip [9-10].

Penelitian untuk mengetahui pengaruh konfigurasi sirip terhadap unjuk kerja termal kolektor panas cukup sulit dilakukan secara eksperimental. Hal tersebut dikarenakan dibutuhkan banyak model yang dibuat. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD) sebagai alat bantu dilakukan untuk mengetahui pengaruh sirip terhadap unjuk kerja termal kolektor panas [11]. Telah dilakukan validasi nilai hasil pengujian eksperimental dengan nilai hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD), hasilnya tidak ada perbedaan secara signifikan pada metode tersebut dan tren perubahan nilai pada masing-masing metode menunjukkan tren yang sama pada pengujian dengan variasi beberapa parameter [12].

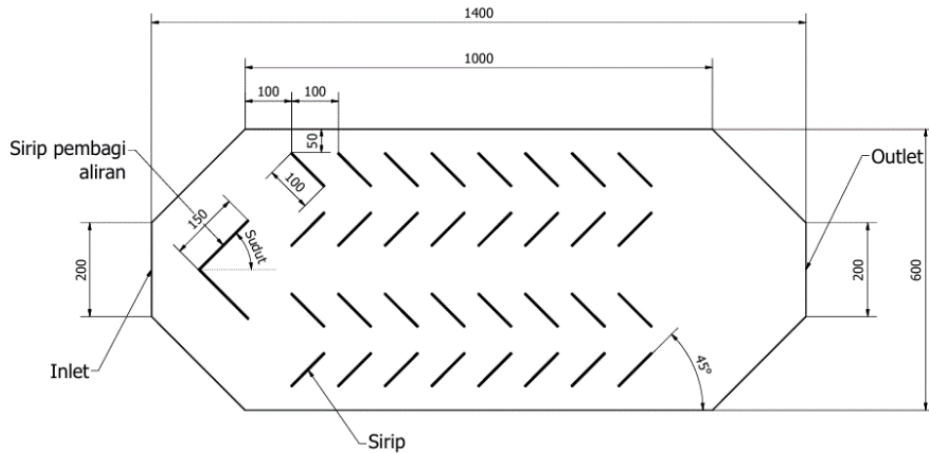
Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh konfigurasi sirip pada kolektor plat datar pada kolektor panas dengan kanal horizontal datar secara numerik. Konfigurasi sirip dengan sudut 45° menghasilkan unjuk kerja termal yang lebih baik dibanding konfigurasi lainnya [13]. Namun pada penelitian tersebut, aliran udara masuk diasumsikan memiliki kecepatan masuk yang merata pada arah horizontal sistem. Pada praktiknya, berdasarkan pengujian secara eksperimental, udara masuk secara terpusat melalui pipa saluran masuk udara dan geometri berbentuk *diffuser* pada sistem kolektor panas bersirip yang akan berperan dalam distribusi kecepatan masuk udara dalam arah horizontal [14].

Penambahan geometri saluran udara berbentuk *diffuser* dapat membantu distribusi kecepatan aliran udara masuk, namun kekurangannya dapat menambah dimensi dari kolektor panas secara signifikan. Oleh sebab itu diperlukan penelitian mengenai penambahan sirip pembagi aliran udara masuk yang berperan mendistribusikan aliran masuk udara secara merata tanpa menambah dimensi dari kolektor secara signifikan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

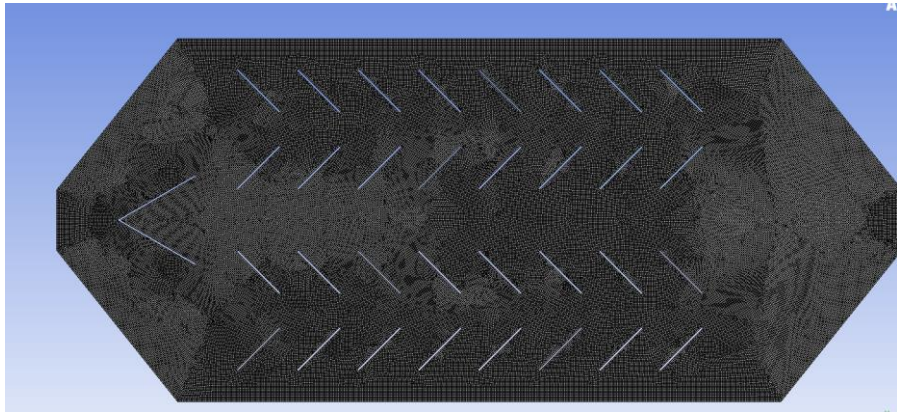
2.1.1. Pemodelan dan meshing

Model kolektor panas yang digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang total 1400mm dan lebar 600mm. Pada penelitian ini digunakan model berbentuk 2 dimensi karena tidak adanya variasi ketinggian yang dilakukan dan lebih berfokus pada distribusi secara horizontal. Konfigurasi sirip pada model terdiri dari 4 kolom sirip dengan masing-masing kolom berjumlah 8 sirip. Sirip pada model kolektor panas memiliki konfigurasi sudut 45° sesuai dengan sudut optimal pada penelitian sebelumnya [13]. Pembagi aliran udara diletakkan pada posisi inlet dengan tujuan membagi aliran udara yang masuk secara merata sebelum berinteraksi dengan sirip. Secara detail gambar model kolektor panas yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model kolektor panas dengan pembagi aliran udara

Setelah model dibuat menggunakan perangkat lunak pemodelan, dilakukan proses meshing. Proses meshing dilakukan dengan metode *hexahedral* dengan *refinement* pada area yang berkontak dengan sirip kolektor panas. Jumlah mesh atau partikel yang dihasilkan pada proses meshing sebanyak 118.000 partikel. Hasil dari proses *meshing* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model kolektor panas bersirip dengan pembagi aliran udara

2.1.2. Konfigurasi simulasi CFD

Konfigurasi simulasi CFD terdiri dari 4 model yaitu kolektor panas bersirip tanpa sirip pembagi, kolektor panas bersirip dengan sirip pembagi bersudut 30° , kolektor panas bersirip dengan sirip pembagi bersudut 45° , dan kolektor panas bersirip dengan sirip pembagi bersudut 60° . Masing masing model diberikan kondisi batas berupa laju aliran volume udara yang masuk pada sisi inlet. Laju aliran volum yang masuk divariasikan untuk masing-masing model dengan variasi 4,5 m³/menit, 9 m³/menit, dan 11 m³/menit. Nilai tersebut diperoleh dari spesifikasi blower udara yang ada di pasaran yaitu ukuran 2 inch, 3 inch, dan 4 inch. Pada semua konfigurasi simulasi CFD temperatur udara masuk ditetapkan sama yaitu 30°C .

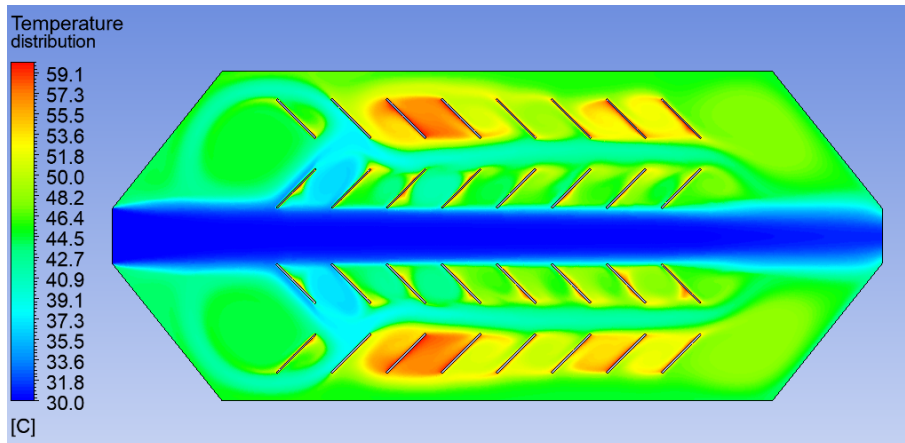
Kondisi batas lainnya yaitu pada sisi keluar udara ditetapkan sebagai *Outflow* yaitu kondisi dimana volume udara keluar dari sistem. Permukaan pada model dan profil sirip memiliki kondisi batas berupa temperatur sebesar 60°C .

Sementara sisi-sisi lainnya merupakan dinding terisolasi. Unjuk kerja termal dianalisa berdasarkan pada rata-rata temperatur permukaan kolektor panas dan distribusi aliran udara pada sistem kolektor panas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari rancangan pengujian, diperoleh 12 data uji simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang terdiri dari kolektor panas bersirip tanpa sirip pembagi dan kolektor panas bersirip dengan sirip pembagi besudut 30°, 45°, dan 60° serta variasi laju aliran volume untuk masing-masing model sebesar 4,5 m³/menit, 9 m³/menit, dan 11 m³/menit.

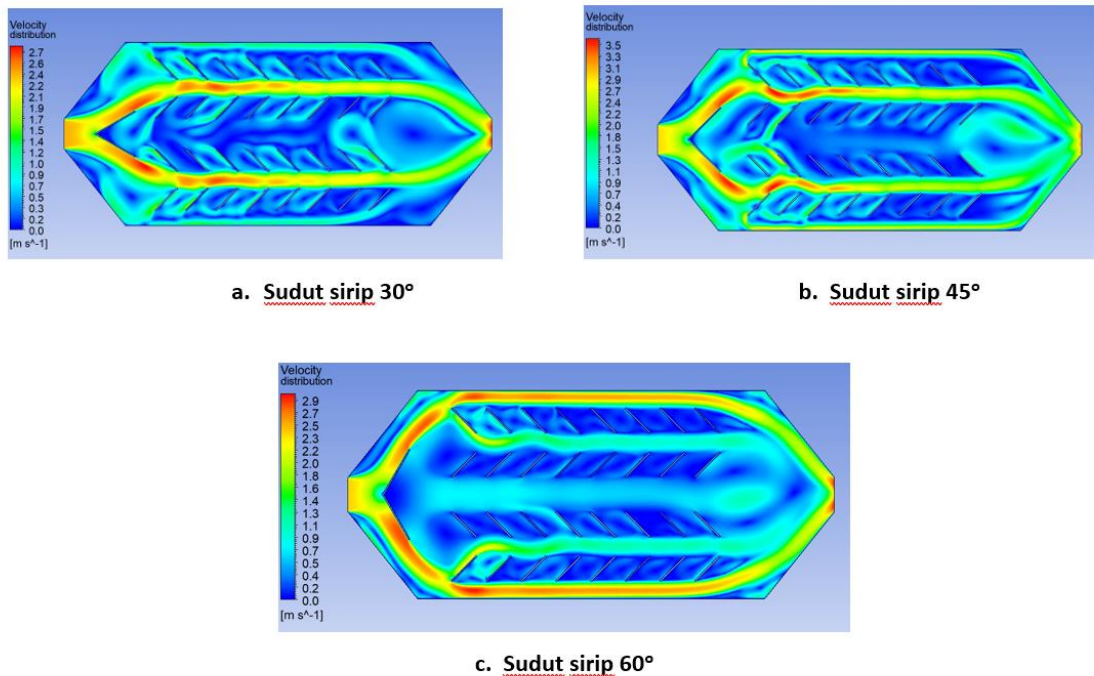
Simulasi CFD pertama dilakukan dengan model kolektor panas bersirip tanpa sirip pembagi aliran. Dari simulasi tersebut diperoleh gambar kontur temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Simulasi CFD kolektor panas bersirip tanpa sirip pembagi aliran

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa panas yang dapat diambil dari kolektor panas dengan cara konveksi paksa hanya pada area berwarna biru yang dialui oleh udara. Sementara area lainnya yang berwarna hijau hingga merah menandakan area tersebut hampir tidak terjadi konveksi paksa oleh udara yang masuk karena udara langsung keluar tanpa adanya distribusi udara ke seluruh area kolektor panas.

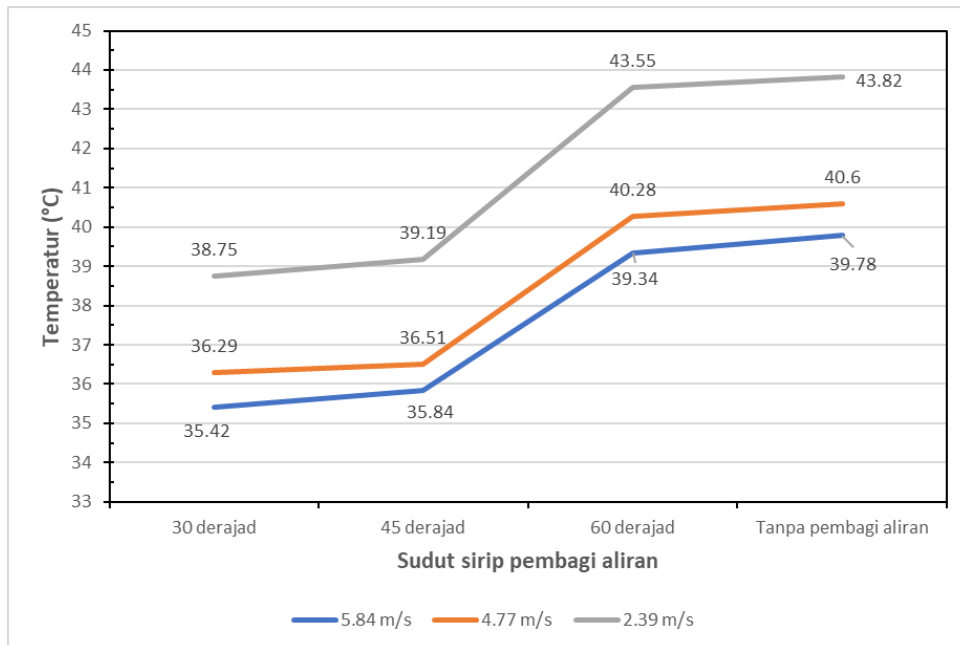
Berbeda dengan hasil simulasi pada kolektor panas bersirip dengan tambahan sirip pembagi aliran, udara yang masuk lebih menyebar ke berbagai arah pada sistem kolektor panas. Distribusi aliran udara yang terjadi pada kolektor panas bersirip dengan tambahan sirip pembagi aliran dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi kecepatan aliran udara pada kolektor panas bersirip dengan tambahan sirip pembagi aliran.

Pada Gambar 4 dapat dilihat distribusi kecepatan aliran udara pada kolektor panas bersirip dengan sirip pembagi. Model dengan sudut sirip pembagi aliran 30° memiliki arah aliran udara menuju celah antara dua susunan sirip yang berhadapan dan terjadi turbulensi pada lintasan aliran celah sirip tersebut. Model dengan sudut pembagi aliran 45° memiliki arah tepat menabrak sirip pertama, sebagian aliran udara berbalik ke arah saluran udara masuk dan sebagian lainnya mengalir menuju celah antara dua susunan sirip. Model dengan sudut sirip pembagi aliran 60° cenderung memiliki arah aliran udara menuju dinding samping kolektor panas. Hal tersebut mengakibatkan lebih sedikit aliran udara yang berinteraksi dengan sirip pada kolektor panas. Model kolektor panas bersirip dengan sudut sirip pembagi aliran 30° dan 45° terlihat dari kontur laju kecepatan aliran udara memiliki distribusi aliran udara yang lebih baik dibanding model kolektor panas bersirip dengan sudut sirip pembagi aliran 60°.

Selain analisa distribusi kecepatan aliran udara, juga dilakukan pengamatan pada temperatur rata-rata kolektor panas untuk mengetahui sudut mana yang lebih baik. Jika pada analisa kontur distribusi kecepatan aliran udara belum diperoleh sudut sirip pembagi yang lebih baik antara sudut 30° dan 45°, pada analisa rata-rata temperatur udara diperoleh nilai temperatur rata-rata sebagai parameter jumlah energi yang terserap oleh aliran udara. Dari simulasi CFD keempat model yang divariasikan dengan laju volume aliran 4,5 m³/menit, 9 m³/menit, dan 11 m³/menit, diperoleh nilai rata-rata temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai rata-rata temperatur pada aliran udara

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa sirip dengan sudut 30° memiliki nilai temperatur udara rata-rata yang paling rendah dibanding variasi sudut 45° dan 60°. Nilai temperatur rata-rata yang lebih rendah menandakan unjuk kerja termal yang lebih baik karena panas dari sirip kolektor dapat diserap lebih banyak oleh udara untuk dialirkan ke saluran keluar kolektor. Pada model yang dianalisa di penelitian ini, semakin besar sudut sirip pembagi aliran, semakin tinggi nilai temperatur udara rata-rata pada kolektor hal ini menunjukkan udara lebih sedikit mengambil panas kolektor pada sudut sirip yang lebih besar. Dibandingkan dengan tanpa sirip pembagi, unjuk kerja termal ketiga variasi kolektor dengan sirip pembagi masih lebih baik. Hal tersebut menunjukkan bahwa sirip pembagi aliran udara dapat meningkatkan unjuk kerja termal kolektor panas bersirip.

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan simulasi CFD untuk melihat pengaruh penambahan sirip pembagi aliran pada kolektor panas bersirip. Kolektor panas bersirip dengan penambahan sirip pembagi menunjukkan distribusi kecepatan aliran udara yang lebih merata pada permukaan kolektor panas. Hal tersebut mengakibatkan lebih banyak panas yang dapat diserap oleh aliran udara pada sistem kolektor panas bersirip. Sudut sirip pembagi juga divariasikan pada penelitian ini. Hasil simulasi CFD menunjukkan kolektor panas bersirip dengan tambahan sudut pembagi 30° memiliki unjuk kerja termal yang lebih baik dibanding sirip pembagi aliran dengan sudut 45° dan 60° karena sirip pembagi dengan sudut 30° lebih baik dalam menjangkau ke seluruh area kolektor sehingga dapat mengambil panas lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmadi, A., Ehyaei, M. A., Doustgani, A., el Haj Assad, M., Hmida, A., Jamali, D. H., Kumar, R., Li, Z. X., & Razmjoo, A. (2021). Recent residential applications of low-temperature solar collector. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 279). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123549>
- [2] Bande, Y. M., & Mariah, N. A. (2014). Flat plate solar collectors and applications: A review. In *Pertanika Journal of Science and Technology* (Vol. 22, Issue 2).
- [3] Fudholi, A., & Sopian, K. (2019). A review of solar air flat plate collector for drying application. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 102). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.032>

- [4] Menni, Y., Azzi, A., & Chamkha, A. (2018). A review of solar energy collectors: Models and applications. In *Journal of Applied and Computational Mechanics* (Vol. 4, Issue 4). <https://doi.org/10.22055/JACM.2018.25686.1286>
- [5] Lahori, R., Gupta, V., & Yadav, A. (2016). A Review on Different Methods Used for Performance Enhancement of Solar Air Heater. *Journal of Energy Technologies and Policy*, 6(4)
- [6] Teh, A. L., Phoo, Y. W., Chin, W. M., Ooi, E. H., & Foo, J. J. (2020). Forced convective heat transfer enhancement of 90° bend plate-fin heat sink with grid generated turbulence. *Chemical Engineering Research and Design*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.12.004>
- [7] Mousavi, H., Rabienataj Darzi, A. A., Farhadi, M., & Omid, M. (2018). A novel heat sink design with interrupted, staggered and capped fins. *International Journal of Thermal Sciences*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.02.003>
- [8] Gopi, R., Ponnusamy, P., Arokiaraj, A. F., & Raji, A. (2020). Performance comparison of flat plate collectors in solar air heater by theoretical and computational method. *Materials Today: Proceedings*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.809>
- [9] Badescu, V. (2006). Optimum fin geometry in flat plate solar collector systems. *Energy Conversion and Management*, 47(15–16). <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2005.11.006>
- [10] Astawa, K., Suarnadwipa, I. N., Tenaya, I. G., & Junianto, A. (2021). ANALISIS UNJUK KERJA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR DENGAN PENAMBAHAN SIRIP BERLUBANG BERDIAMETER BEDA SEBAGAI NOSEL YANG DISUSUN SECARA STAGGERED. *POROS*, 17(1). <https://doi.org/10.24912/poros.v17i1.15391>
- [11] Junaid, M. A., & Sadaq, S. I. (2017). Design and Optimization of Fins in Solar Flat Plate Collector Using CFD. In *International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN* (Vol. 6). www.ijsr.net
- [12] Amrizal, Prabowo, A. D., Amrul, & Prayitno, H. (2023). Effects of Fin Height, Fin Thickness and Reynolds Number on Heat Transfer Enhancement of Flat-Plate Thermal Collector: A Numerical Analysis. *CFD Letters*, 15(4), 53–63. <https://doi.org/10.37934/cfdl.15.4.5363>
- [13] Mokhtari, M., Barzegar Gerdroodbary, M., Yeganeh, R., & Fallah, K. (2017). Numerical study of mixed convection heat transfer of various fin arrangements in a horizontal channel. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20(3). <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.12.007>
- [14] Homod, R. Z., Abood, F. A., Shrama, S. M., & Alshara, A. K. (2019). Empirical correlations for mixed convection heat transfer through a fin array based on various orientations. *International Journal of Thermal Sciences*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.12.012>