

STUDI NUMERIK PEMANAS UDARA DENGAN BENTUK SEGITIGA PADA SALURAN ZIG-ZAG

Arrad Ghani Safitra¹⁾, Lohdy Diana²⁾, Fifi Hesty Sholihah³⁾, Cantika Putri Rahayu⁴⁾

^{1,2,3,4}Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Sukolilo, Surabaya, 60111
E-mail: arradgs@pens.ac.id

Abstract

Many researches that utilize solar energy using solar collectors have been carried out. Currently solar collectors are experiencing rapid development to produce good quality hot air with very high temperatures. To make a solar collector with optimal performances, its thermal efficiency needs to be increased, as for the way to increase thermal efficiency by making innovations in the flow pattern carried out in this study. This researches was conducted using a zig-zag pattern collector with 7 flow variations. The purpose of this research is to multiply and extend the process of absorption of solar heat by the air. There are 3 variations of flow velocity used, 15m/s, 20 m/s, and 25 m/s. The results obtained from this study are the 15 m/s variation has the highest temperature increase of 48 K and has the lowest pressure drop of 700 Pa with the lowest occurrence of backflow and vortex.

Keywords: *solar collector, airflow, temperature, zig-zag, backflow*

Abstrak

Penelitian yang memanfaatkan energi surya dengan menggunakan kolektor surya telah banyak dilakukan. Saat ini kolektor surya mengalami perkembangan yang pesat untuk menghasilkan kualitas udara panas yang baik dengan temperature yang sangat tinggi. Untuk membuat sebuah kolektor surya dengan performansi yang optimal maka efisiensi termalnya perlu ditingkatkan, adapun cara untuk meningkatkan efisiensi termal dengan cara membuat inovasi pola aliran yang dilakukan pada penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kolektor pola zig-zag variasi 7 aliran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperbanyak dan memperpanjang proses penyerapan panas matahari oleh udara. Variasi kecepatan aliran yang digunakan ada 3 variasi yakni 15 m/s, 20 m/s dan 25 m/s. Hasil yang diperoleh dari pada penelitian ini adalah variasi 15m/s memiliki peningkatan temperatur yang paling tinggi sebesar 48K serta mempunyai penurunan tekanan terendah sebesar 700Pa dengan kemunculan aliran balik dan vortex yang paling rendah.

Kata Kunci: *kolektor surya, pola aliran, temperatur, zig-zag, aliran balik*

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas ekonomi industri di Indonesia terus mendorong kenaikan kebutuhan energi, sedangkan jumlah pasokan energi semakin terbatas. Indonesia memiliki ketergantungan terhadap energi fosil. Bahan bakar fosil merupakan salah satu jenis energi yang berasal dari dalam bumi yang tidak dapat diperbarui lagi. Menteri SDM Arifin Tasrif dalam acara webinar Potret Energi Indonesia mengatakan bahwa minyak bumi di Indonesia akan habis dalam 9 tahun ke depan, gas bumi akan habis 22

tahun lagi, dan batubara akan habis 65 tahun lagi (Arifin, 2020). Untuk itu, peralihan penggunaan energi fosil menuju EBT merupakan sesuatu yang mutlak dilakukan. (Anggita 2020).

Salah satu sumber EBT yang dapat digunakan manusia dari krisis energi saat ini yaitu energi surya. Matahari sebagai sumber energi tak terbatas yang memancarkan energi radiasi panas sebesar 1000 Watt/m^2 (A. Heydari, 2018). Energi matahari merupakan sumber yang sangat baik untuk memanaskan udara yang akan digunakan untuk berbagai aplikasi (Kulkarni, 2015). SAH digunakan karena desainnya yang sederhana, mudah dibuat dan dirawat, harganya yang murah (Esen 2008). Prinsip kerja dari SAH sendiri adalah panas matahari diserap kolektor yang nantinya panas tersebut digunakan untuk memanaskan udara (Jin Dongxu dkk, 2015). Penggunaan energi surya dengan menggunakan solar kolektor telah banyak diteliti untuk mengoptimalkan sumber energi surya yang ada. Kolektor solar air heater terdiri dari bingkai terisolasi yang mengelilingi pelat penyerap dan penutup kaca. (Sulaiman, 2017).

Penelitian mengenai investigasi eksperimental kinerja termal kolektor air solar dengan porous (Atilla G. Devecioglu dkk, 2017) nilai efisiensi thermal dan nilai efisiensi thermo-hydraulicnya diperoleh sebesar 25% hingga 57% dan 14% hingga 44% untuk kasus tertutup. Nilai tersebut masih tinggi sehingga di perlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan plat penyerap pin-fin yang menghasilkan efisiensi thermo-hydraulic sebesar 3-35% lebih tinggi bila dibandingkan dengan plat penyerap datar. (R. Arul Kumar dkk, 2016).

Berdasarkan referensi tersebut maka dilakukan penelitian dengan menganalisa pengaruh jumlah saluran kolektor surya bentuk segitiga dengan pola aliran zig – zag variasi 7 aliran. Penelitian ini untuk inovasi pada proses pemanasan udara di dalam kolektor bentuk segitiga dengan pola aliran zig-zag dapat memperbanyak serta memperpanjang proses penyerapan panas matahari oleh udara. Penelitian ini menggunakan metode komputasi fluida dengan pemodelan 3 dimensi serta menganalisa pengaruh kecepatan udara masuk pada pemanas udara tenaga surya, variasi kecepatan terdiri dari 15 m/s, 20 m/s, dan 25 m/s. Dari hasil penelitian akan diperoleh karakteristik aliran berupa distribusi temperatur, distribusi tekanan, streamline aliran, dan vektor aliran fluida.

METODOLOGI

Pada penelitian ini menggunakan persamaan-persamaan umum antara lain:

1. Persamaan kekekalan masa

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla (\rho \vec{v}) = s_m$$

2. Persamaan kekekalan momentum

$$\frac{\partial (\rho \vec{v})}{\partial t} + \nabla (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\vec{v} p + \nabla (\bar{\tau}) + \rho \vec{g} + \mathbf{F}$$

3. Persamaan kekekalan energy

$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \nabla [v^{\rightarrow}(\rho E + p)] = -v^{\rightarrow}(\sum_j h_j J_j) + S \square$$

4. Pada perpindahan panas konveksi dipresentasikan dengan Bilangan Nusselt atau disingkat Nu dapat dicari menggunakan rumus:

$$Nu = \frac{h L}{k}$$

$$Nu = 0.332 (Re)^{1/2} (Pr)^{1/3}$$

Re = Reynolds number

Pr = Prandtl

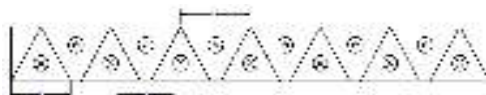
h = koefisien perpindahan panas

L = Panjang

k = konduktivitas termal

1. Geometri Solar Air Heater

Geometri kolektor berukuran panjang 500mm dan lebar 480mm seperti pada Gambar 1. Bentuk profil geometri yang dibuat mempunyai 2 macam saluran, yaitu bentuk saluran segitiga (sisi gelap) dan bentuk saluran trapesium terbalik (sisi terang):



Gambar 1. Geometri kolektor dengan 7 saluran segitiga zig-zag

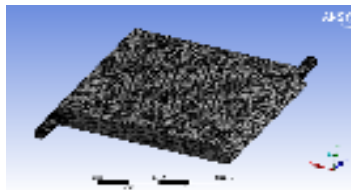
Tahapan awal simulasi melakukan pemodelan secara 3 dimensi. Bentuk saluran zig-zag adalah udara akan mengalir dari sisi gelap ke sisi terang, masuk kembali ke sisi gelap dan seterusnya sampai melewati 7 sisi gelap dan 6 sisi terang.



Gambar 2. Pemodelan geometri kolektor dengan 7 saluran segitiga zig-zag

2. Meshing

Mesh *tetrahedral* memiliki kemampuan adaptif terhadap bentuk-bentuk kurva yang tidak regular dan sudut yang kecil dapat di jangkau. Meshing pada ketiga geometri variasi kolektor dengan nilai *element size* yang berbeda beda mulai dari 0,02 - 0,003 dilakukan agar mendapatkan *element size* yang tepat dan akurat.



Gambar 3. Meshing pada kolektor dengan 7 aliran zig-zag

3. Kondisi Batas

Kondisi batas yang ditentukan adalah 15m/s, 20m/s, dan 25m/s dengan temperatur *inlet* 300K. Sisi *outlet* yaitu *pressure outlet* dan *heat flux* di sisi bagian *wall* atas saluran sebesar $750\text{W}/\text{m}^2$ serta *wall* bagian bawah terisolasi.

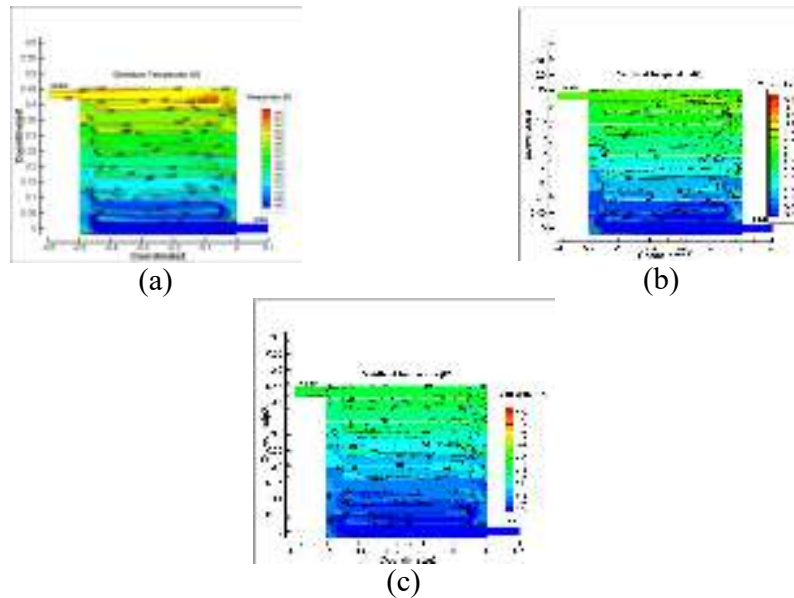
4. Parameter Setting

Material yang digunakan adalah logam aluminium dengan ketebalan 0,5 mm. Simulasi yang digunakan yaitu simulasi 3D dengan parameter model *energy on*, RNG k- ϵ viscous model dan solution methods menggunakan *scheme SIMPLEC*, momentum *second order upwind*, turbulent kinetic energy *second order upwind*, convergence menggunakan 10^{-4} untuk residual kecepatan, momentum dan energi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kontur Temperatur Udara

Berdasarkan Gambar 5(a) temperatur udara mengalami peningkatan, dari sisi gelap ke terang dan seterusnya hingga keluar melewati sisi gelap. Peningkatan aliran udara terjadi karena proses pemanasan terjadi secara zig-zag pada saluran kolektor segitiga.

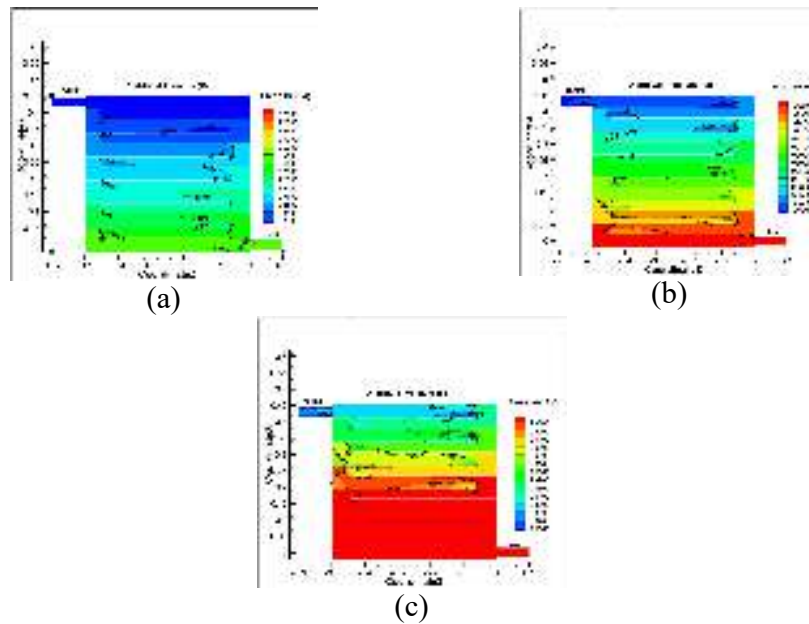


Gambar 5. Kontur Temperatur Udara Pada Bidang XZ dengan (a) velocity 15 m/s, (b) velocity 20 m/s, dan (c) velocity 25 m/s

Aliran udara mengalami pemanasan pada sisi gelap yang berasal dari panas plat absorber dan pada bagian sisi terang berasal dari radiasi langsung yang diwakili dengan heat flux 750W/m^2 . Gambar 5(b) dan 5(c) merupakan kontur temperatur udara saat kecepatan udara masuk 20m/s, dan 25m/s. Bentuk kontur identik mengalami kenaikan temperatur dengan proses zig-zag. Dengan adanya kenaikan kecepatan udara yang masuk ke dalam saluran maka temperatur keluar saluran semakin menurun yang disebabkan karena proses penyerapan panas oleh plat absorber terlalu cepat.

Kontur temperatur udara 15m/s memiliki area udara panas terluas, sedangkan area udara panas yang tersempit saat kecepatan udara masuk 25m/s. Hal tersebut menunjukkan kecepatan udara masuk memiliki pengaruh terhadap kontur temperatur udara di dalam kolektor.

2. Kontur Tekanan Udara

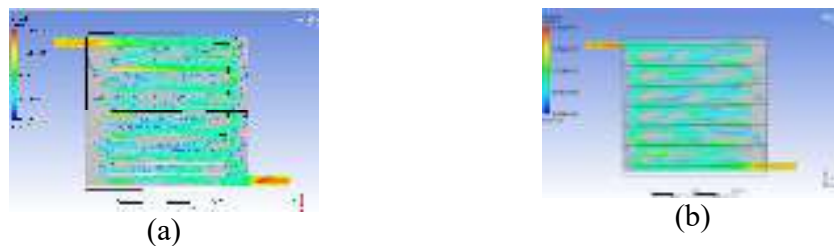


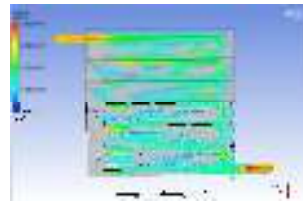
Gambar 6. Kontur Tekanan Udara Pada Bidang XZ dengan (a) velocity 15 m/s, (b) velocity 20 m/s, dan (c) velocity 25 m/s

Tekanan udara mengalami penurunan dari sisi gelap ke terang. Penurunan aliran udara terjadi karena proses aliran yang terjadi secara zig-zag pada saluran kolektor dengan bentuk segitiga. Bentuk saluran yang berkelok akan menyebabkan aliran tertahan dan tekanan menjadi berkurang karena jarak tempuh udara di dalam saluran semakin jauh.

Kontur tekanan udara di kecepatan 15m/s mempunyai penurunan tekanan terkecil karena mempunyai kecepatan masuk saluran yang terendah. Berkebalikan dengan tekanan udara pada kecepatan 25m/s memiliki penurunan tekanan yang terbesar yang disebabkan karena kecepatan masuk aliran yang tertinggi. Hal tersebut menunjukkan kecepatan udara masuk memiliki pengaruh terhadap kontur tekanan udara.

3. Vektor Aliran Udara



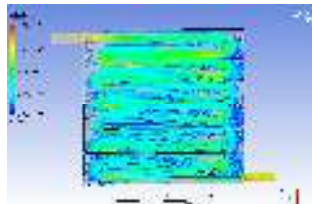


(c)

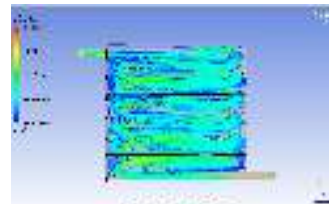
Gambar 7. Pola vektor aliran udara dengan (a) velocity 15 m/s, (b) velocity 20 m/s, dan (c) velocity 25 m/s

Aliran udara balik banyak terjadi di sisi belokkan. Vektor aliran udara balik terjelast saat kecepatan udara 25m/s. Hal tersebut dikarenakan semakin besar kecepatan aliran udara maka udara bergerak turbulen sehingga terjadi aliran balik. Aliran balik yang besar merugikan proses perpindahan panas yang berakibat pada terganggunya proses perpindahan panas radiasi dan konveksi sehingga menurunkan penyerapan panas.

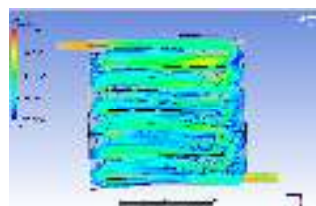
4. Streamline Aliran Udara



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Pola aliran Udara Pada Bidang XZ dengan (a) velocity 15 m/s, (b) velocity 20 m/s dan (c) velocity 25 m/s

Aliran udara balik paling banyak terjadi di sisi belokkan. Streamline aliran udara balik terjelast saat kecepatan udara masuk 25m/s. Hal tersebut dikarenakan semakin besar kecepatan aliran udara maka akan membuat udara bergerak turbulen sehingga memungkinkan terjadinya vorteks di belokkan saluran.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa:

1. Peningkatan temperatur udara tertinggi pada variasi kecepatan udara 15m/s yaitu sebesar 48 K dan terendah pada kecepatan udara 25m/s yaitu 28 K.
2. Penurunan tekanan udara tertinggi pada variasi kecepatan udara 15m/s yaitu 1200Pa sedangkan penurunan tekanan udara terendah pada variasi kecepatan udara 25m/s yaitu 700Pa.
3. Vektor dan streamline aliran udara paling jelas di variasi kecepatan udara 25m/s yang menunjukkan terjadi aliran balik dan muncul vortex dan menyebabkan penurunan perpindahan panas pada sisi belokan.

DAFTAR PUSTAKA

- A Heydari, M Mesgarpour. (2018). Experimental analysis and numerical modeling of solar air heater with helical flow path. *Solar Energy J.* vol 162. 278-288.
- Anggita Amelia. (2020,Juli,12). 5 Fakta unik gas alam, Sumber Energi Fosil yang Minim Emisi. *IDN TIMES*. Retrieved from: <https://www.idntimes.com/science/discovery/anggita-rezki-a/5-fakta-unik-gas-alam-sumber-energi-fosil-yang-minim-emisi-exp-c1c2/5>
- Atilla G. Devecioglu, Vedat Oruc.(2017). Experimental investigation of thermal performance of a new solar air collector with porous surface. *Energy procedia*.vol 113. 251-258.
- Esen H. (2008). Experimental energy and exergy analysis of a double-flow solar air heater having different obstacles on absorber plates. *Building and Environment Journal*. 1046-1054.
- Humas EBTKE (2020,Oktober,22). Menteri Arifin : Transisi energi mutlak. *Direktoral Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE)*. Retrieved from : <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/10/22/2667/menteri.arifin.transisi.energi.mutlak.diperlukan?lang=en>
- Jin Dongxu, Zhang Manman. (2015). Numerical investigation of heat transfer and fluid flow in a solar air heater duct with v-shaped ribs on the absorber plate.
- Kulkarni K, Afzal A, Kim K-Y. (2015). Multi-objective optimization of solar air heater with obstacles on absorber plate. *Solar Energy* Vol 114. 364-377.
- Sulaiman Ali. (2017). Numerical simulation and experimental study of half cylinder fins addition influence in staggered arrangement to performance of solar collector of air heater with plat v-corrugated absorber. 1-2.
- R A Kumar, B G Babu, M Mohanraj. (2016). Thermodynamic performance of forced convection solar air heaters using fin-pin absorber plate packed with latent heat storage materials. *Therm Anal Calorim J.*