STUDI NUMERIK PENGARUH *OBSTACLE* PRISMA SEGITIGA SUDUT TEKUK 40° TERHADAP PERPINDAHAN PANAS PADA PEMANAS UDARA SURYA BERBENTUK *TRAPEZOIDAL*

Naili Husna Dewi, Lohdy Diana, Arrad Ghani Safitra
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

ABSTRACT

Solar is one of renewable energy source. The energy can be use as air heater. Solar air heater works by transmitting solar energy by the glass then absorbed by absorber plate. The heat uses to heating air which flew to inside line of absorber plate with induced fan. This research explains about the effect of triangle prism obstacle to heat transfer and decreasing pressure inside air heater with trapezoidal shaped. This solar air heater uses obstacle with triangle prism shaped with angle 40° stack in line with S/H variation = 0,7; 1; 1,3. This research was done by numeric simulation with commercial CFD software. Simulation was done with three dimensional RNG k-ε viscous model. Convergent criteria are 10^{-6} for velocity residual, momentum, and energy. Boundary condition given are inlet velocity 2.62 m/s, heat fluxes along inside wall 620W/m^2, bottom wall isolated perfectly, and outside named outflow. Simulation result shows obstacle with angle 40° with parameter S/H=1.3 given temperature rising 17.37K, useful energy 132.12 watt, lowest decreasing pressure 31.59 Pa and highest effectiveness 0.78 so this is the most optimum variation.

Key words: *heat transfer, obstacle, air heater, trapezoidal.*

ABSTRAK

Matahari merupakan sumber energi terbarukan, Energi tersebut dapat digunakan sebagai pemanas udara. Prinsip kerja pemanas udara surya adalah energi panas matahari ditransmisikan oleh kaca kemudian diserap oleh plat penyerap. Panas tersebut digunakan untuk memanaskan udara yang dialirkan ke dalam saluran plat penyerap melalui bantuan *induced fan*. Pada penelitian ini, membahas tentang pengaruh *obstacle* berbentuk prisma segitiga terhadap perpindahan panas dan penurunan tekanan di dalam saluran pemanas udara yang berbentuk *trapezoidal*. *Obstacle* yang digunakan berbentuk prisma segitiga dengan sudut tekuk 40° disusun secara segaris atau *inline* dengan memvariasikan parameter S/H= 0.7; 1; 1.3. Penelitian dilakukan secara simulasi numerik dengan menggunakan *software* CFD komersial. Simulasi dilakukan secara tiga dimensi menggunakan model RNG *k-ε viscous model*. Kriteria konvergen 10^{-6} untuk residual kecepatan, momentum serta energi. Kondisi batas yang diberikan antara lain kecepatan sisi masukan 2.62m/s, sepanjang dinding saluran diberikan *heat fluxs 620W/m^2*, dinding bawah terisolasi sempurna serat sisi keluaran merupakan *outflow*. Hasil simulasi menunjukan *obstacle* dengan sudut tekuk 40° dengan parameter S/H=1.3 memiliki nilai kenaikan temperatur sebesar 17.73K, energi yang berguna 132.12watt, penurunan tekanan terendah sebesar 31.59Pa dan memiliki *effectiveness* tertinggi sebesar 0.78 sehingga dapat dikatakan paling optimum.

Kata kunci: perpindahan panas, *obstacle*, pemanas udara, *trapezoidal.*

PENDAHULUAN

Matahari memiliki jumlah energi yang melimpah. Energi radiasi matahari dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Contohnya digunakan sebagai pengering buah dan sayur seperti dilakukan oleh Ivanova dan Andonov (2000) [3]. Prinsip kerja *Solar Air Heater* (SAH) adalah energi panas matahari ditransmisikan oleh kaca kemudian diserap oleh plat penyerap. Penelitian mengenai peningkatan kinerja solar air heater jenis v-corrugated dilakukan oleh Ardiansyah (2010) disimpulkan v-corrugated dengan sudut 20° memiliki performansi terbaik dengan nilai Qu paling tinggi [1]. Penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan bentuk plat penyerap yang diperkirakan dapat menyerap energi radiasi matahari lebih banyak yakni bentuk *trapezoidal*. Bentuk *trapezoidal* memiliki luasan kolektor yang lebih besar dibandingkan bentuk *v-corrugated*. Bentuk ini diharapkan dapat menyerap panas lebih banyak sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Bentuk *obstacle* yang digunakan menggunakan prinsip dasar yang sama dengan penelitian Ekadewi (2014), pada penelitian ini *obstacle* yang awalnya berbentuk *trapesium* kemudian ditekuk dan dilakukan modifikasi pada bagian atas [2].

Dongxu et al. (2015) melakukan simulasi numerik untuk mengetahui perpindahan panas dan aliran fluida pada solar air heater dengan menambahkan plat bentuk V pada plat *absorber*. Model RNG k-ε merupakan model yang paling sesuai untuk digunakan dikarenakan hasil berupa bilangan Nu mendekati hasil eksperimen [4]. Hal serupa juga dipaparkan oleh Yadav dan Bhagoria (2013) yang meneliti perpindahan panas dan aliran fluida pada solar air heater dengan penambahan kawat sirkular yang dipasang melintang pada plat *absorber*. *Pressure-velocity coupling* diselesaikan menggunakan SIMPLE pada kedua penelitan tersebut [5].

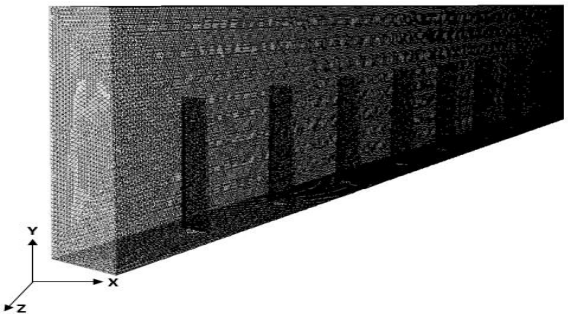
METODE

Metode Numerik

Penelitian ini dilakukan dengan metode numerik dengan menggunakan *software* CFD komersial. Simulasi dilakukan tiga dimensi dengan RNG *k-ε viscous model*. *Convergence criterion* menggunakan 10^{-6} untuk residual kecepatan, momentum, dan energi.

Boundary condition atau kondisi batas yang ditentukan antara lain adalah kecepatan pada sisi *inlet* sebesar 2.62 m/s dengan heat flux di sepanjang dinding saluran sebear 620 W/m^2 serta dinding bawah terisolasi sempurna. Sisi keluaran merupakan *outflow.*

Ilustrasi mesh yang digunakan menggunakan tipe *Hex Core (native)* seperti ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Meshing yang digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Obstacle dapat meningkatkan perpindahan panas dalam saluran kolektor. Peningkatan perpindahan panas ditandai dengan kenaikan temperatur. Kenaikan temperatur merupakan selisih temperatur udara masuk dan temperatur udara keluar. Kenaikan temperatur ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Simulasi untuk Obstacle Variasi S/H

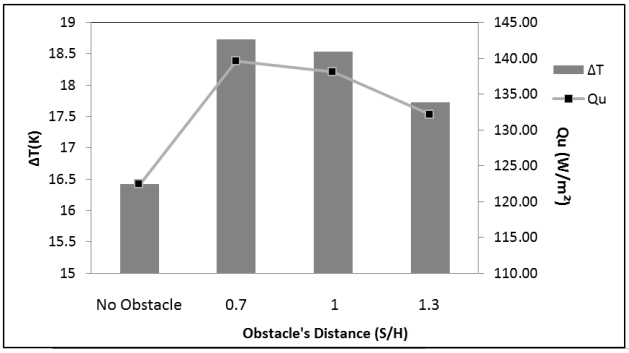
Jarak (S/H)	ΔT(K)	ΔP(Pa)	Qu(Watt)	Effectiveness
No Obs	16.42	6.36	122.36	-
0.7	18.73	37.09	139.57	0.029
1	18.53	33.44	138.08	0.109
1.3	17.73	31.59	132.12	0.780

Dari hasil simulasi diperoleh data selisih temperatur (ΔT), penurunan tekanan atau *pressure drop* (ΔP), energi berguna (Qu) serta *effectiveness* seperti pada Tabel 1.1. Kemudian, untuk memperlihatkan perbedaannya data-data tersebut diplotkan ke dalam grafik seperti pada Gambar 1.1. Penentuan obstacle yang paling optimum yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan memilih *effectiveness* yang memiliki nilai paling besar atau dapat dinyatakan dalam persamaa matematis : $\left|\frac{Qu^*}{\Delta P^*}\right| = \left|\frac{\frac{Qu_2-Qu_1}{Qu_1}}{\frac{\Delta P_2-\Delta P_1}{\Delta P_1}}\right|$. Pada simulasi tanpa penggunaan *obstacle* perbedaan

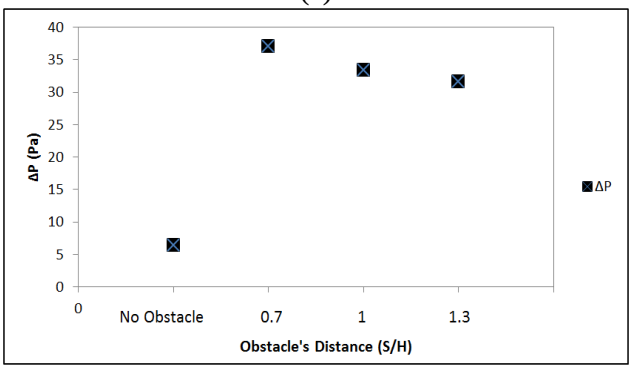
temperatur sebesar 16.42 K, perbedaan tekanan sebesar 6.36 Pa, dan panas yang digunakan sebesar 122,36 Watt. Pada variasi jarak S/H=0,7 perbedaan temperatur sebesar 18.73 K sedangkan perbedaan tekanan sebesar 37.09 Pa dan panas yang digunakan sebesar 139.57 Watt, dengan begitu dapat dihitung keefektifitasnya sebesar 0.029. Pada variasi selanjutnya jarak S/H=1 perbedaan temperatur sebesar 18.53 K dengan perbedaan tekanan sebesar 37.09 Pa dan panas yang berguna sebesar 138.08 Watt sehingga keefektifitasnya sebesar 0.109. Selanjutnya untuk variasi S/H=1.3 perbedaan temperatur sebesar 17.73 K dengan perbedaan tekanan sebesar 31.59 Pa sedangkan panas yang berguna sebesar 132.12 Watt, sehingga keefektifitasnya sebesar 0.780. Berdasarkan simulasi diperoleh grafik seperti pada Gambar 1.1, menunjukkan nilai kenaikan temperatur dan penurunan tekanan untuk setiap jarak S/H obstacle. Berdasarkan grafik Gambar 1.1c diperoleh hasil *effectiveness* terbesar pada S/H 1.3 yakni sebesar 0.78, nilai tersebut memiliki arti obstacle dengan S/H 1.3 dapat menghasilkan energi yang besar dengan usaha *induced fan* yang kecil. Sehingga, obstacle sudut 40° dengan S/H 1.3 dinyatakan paling optimum.

Gambar 1.2a menunjukkan obstacle sudut 40° dengan S/H=0.7 mengalami kenaikan temperatur tertinggi. Hal ini yang membuat selisih antara temperatur masuk dan temperatur keluar saluran kolektor menjadi besar. Berdasarkan Gambar 1.2b terlihat obstacle dengan sudut 40° memiliki nilai penurunan tekanan terendah. Hal ini yang membuat selisih antara tekanan masuk dan tekanan keluar saluran kolektor menjadi kecil.

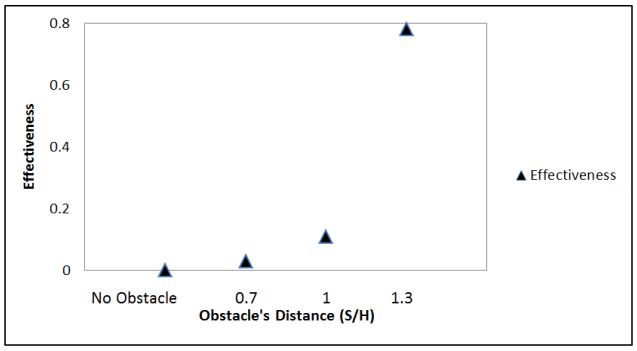
Sedangkan, Gambar 1.5 menunjukkan vektor kecepatan pada simulasi dengan variasi jarak S/H=1.3, simulasi pada variasi jarak S/H=1 dan S/H=0.7 juga dilakukan. Pada saluran dengan obstacle, aliran udara mengalami *backflow* atau aliran balik, aliran balik inilah yang menyebabkan terjadinya *vortex*. Aliran udara pada saluran dengan obstacle tidak lancar mengalir, melainkan ada yang terdistribusi ke atas dan ke samping celah obstacle serta ada sebagian yang berbalik arah ketika mengenai bagian depan obstacle. Aliran udara balik inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan.



(a)



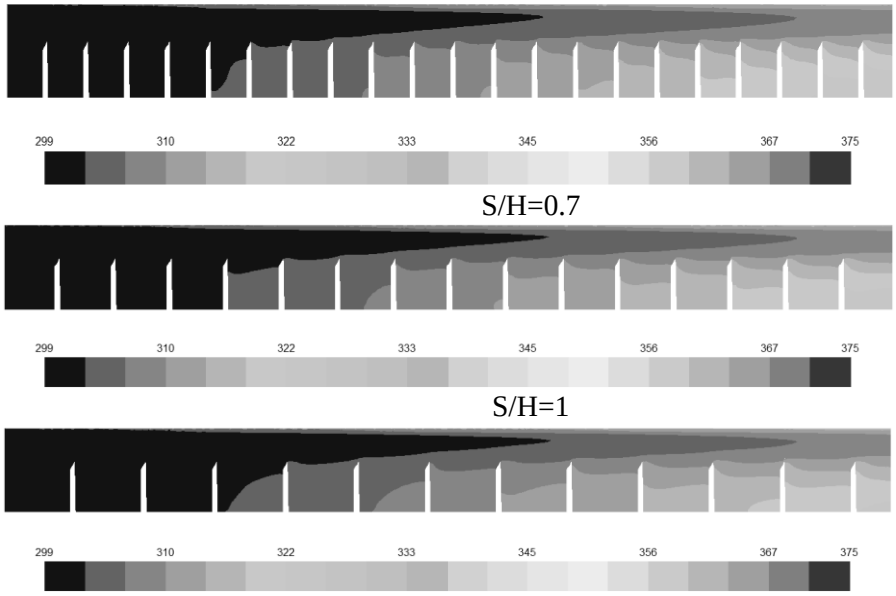
(b)



(c)

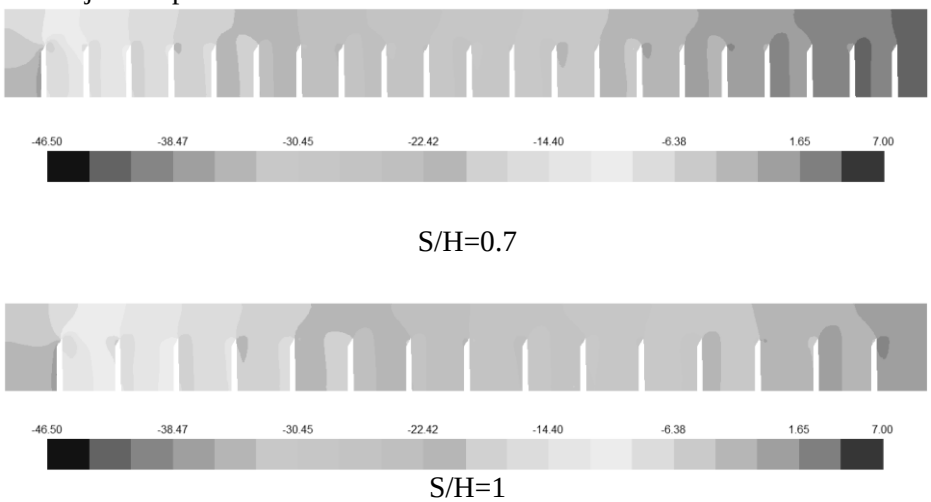
Gambar 2. Grafik (a) ΔT,ΔQu, (b)ΔP, (c) Effectiveness

Proses simulasi dilakukan untuk mengetahui distribusi temperatur pada S/H 0.7, 1 dan 1.3 seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Distribusi temperatur di center plane x=0

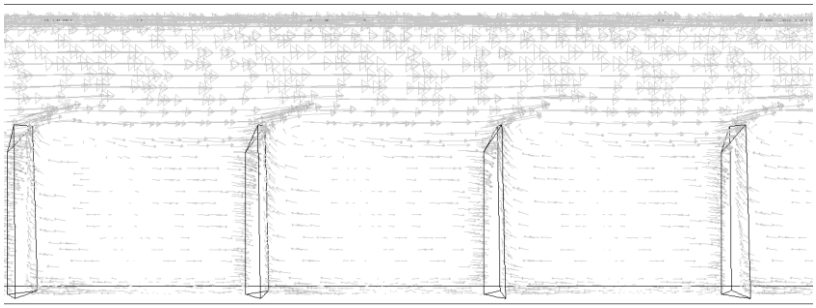
Proses simulasi dilakukan untuk mengetahui distribusi tekanan pada S/H 0.7, 1 dan 1.3 seperti ditunjukkan pada Gambar 1.4.





S/H=1.3

Gambar 4. Distribusi tekanan di center plane x=0



S/H=1.3

Gambar 5. Vektor kecepatan

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ardiansyah, R, 2010. *Studi eksperimental performansi kolektor surya absorber gelombang tipe-V*. Tugas Akhir Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[2] Handoyo, Ekadewi, 2014. *Experimental Studies on a Solar Air Heater Having V-Corrugated Absorber Plate with Obstacles Bent Vertically*. Applied Mechanics and Materials Vol. 493 (2014) pp 86-92.

[3] Ivanova, D. & Andonov, K. 2001. *Analytical and experimental study of combined fruit and vegetable dryer*. Energi conversion and management 42 pp 975-983.

[4] 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*.

[5] Yadav, A. S & Bhagoria, J.L, 2013. *A CFD (computational fluid dynamics) based heat transfer and fluid flow analysis of a solar air heater provided with circular transverse wire rib roughness on the absorber plate.*

ISBN 978-602-98569-1-0

- halaman ini sengaja dikosongkan -