

SNTM 9

by Ekadewi Handoyo

Submission date: 27-Jun-2020 12:41AM (UTC+0700)

Submission ID: 1350094870

File name: KE_21_-_ekadewi.pdf (462.27K)

Word count: 2183

Character count: 11778



PENGARUH BENTUK DAN UKURAN GELOMBANG PLAT PENYERAP TERHADAP EFISIENSI KOLEKTOR SURYA

Ekadewi A. Hanono, Gideon Indrata

Prodi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra
Jalan. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia
E-mail :ekadewi@petra.ac.id

ABSTRAK

Kolektor surya merupakan piranti yang mengkonversi radiasi matahari menjadi energi termal. Meskipun kolektor surya memiliki konstruksi yang sederhana, namun sangat memungkinkan digunakan di daerah tropis. Fluida kerja yang umum digunakan adalah air atau udara. Efisiensi kolektor yang memanaskan udara lebih rendah dibandingkan air, karena kalor jenis dan konduktivitas termal udara yang lebih rendah dari air. Karenanya banyak penelitian dilakukan untuk memperbaiki kinerja kolektor pemanas udara. Kolektor yang umum digunakan adalah yang jenis plat datar. Namun, plat bergelombang memiliki luasan lebih besar, sehingga dapat menyerap lebih banyak radiasi dan memberikan hasil lebih baik daripada plat datar.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bentuk dan ukuran gelombang plat penyerap pada suatu kolektor surya yang memberikan efisiensi tinggi. Di samping plat gelombang, diteliti juga kolektor dengan plat penyerap plat datar. Penelitian dilakukan dengan simulasi numerik dan percobaan. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan hasil percobaan. Setelah model yang digunakan dalam simulasi numerik dinyatakan valid, penelitian dilanjutkan secara numerik untuk mencari perbandingan ukuran gelombang plat penyerap yang memiliki efisiensi paling tinggi dan pressure drop paling rendah dengan software ANSYS FLUENT.

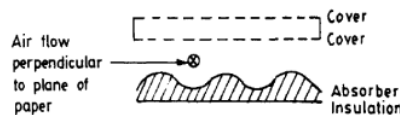
Hasil dari percobaan adalah bahwa plat penyerap bentuk gelombang memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan plat datar. Sedangkan menurut simulasi, perbandingan ukuran plat gelombang yang menghasilkan efisiensi kolektor paling tinggi dengan pressure drop paling rendah adalah pada $\omega = 4$, dan $\gamma = 8$.

Kata kunci: kolektor surya, plat penyerap bentuk gelombang, pemanas udara.

1. Pendahuluan

Dengan semakin menipisnya persediaan minyak bumi dan bahan bakar tidak terbarukan, maka pemanfaatan energi matahari semakin digalakkan. Salah satu peralatan untuk itu adalah kolektor surya yang umumnya digunakan untuk memanaskan air atau udara. Kolektor surya pemanas air memiliki efisiensi lebih tinggi dari udara, karena kalor jenis dan konduktivitas termal air yang lebih tinggi dibanding udara. Namun, kolektor surya pemanas udara juga mempunyai kelebihan, yaitu udara lebih ringan dibanding air sehingga peralatan lebih ringkas, udara tidak bersifat korosif dibandingkan air. Kelebihan lain adalah konstruksi kolektor surya pemanas udara lebih sederhana, karena tidak menghadapi masalah kebocoran seperti pada pemanas air.

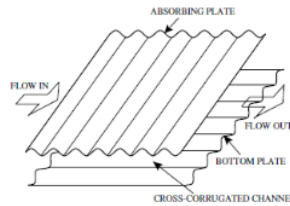
Banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan kinerja kolektor surya pemanas udara. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan meningkatkan luas permukaan perpindahan panas dan menambah turbulensi di dalam aliran fluida kerja, dalam hal ini udara. (Choudhury & Garg, 1991) meneliti kolektor surya pemanas udara dengan plat penyerap bentuk gelombang seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Plat penyerap bergelombang (Choudhury & Garg, 1991)

Ada pula penelitian untuk mengetahui pengaruh besarnya celah ketinggian dan arah aliran fluida terhadap efisiensi pada kolektor surya yang jenis fluida kerjanya mengalir di bawah plat penyerap berbentuk gelombang (Lin, Gao, & Liu, 2006). Kemudian juga terdapat penelitian untuk mengetahui pengaruh ditambahnya gelombang pada plat sebelah bawah dan arahnya dirubah menjadi tegak lurus arah gelombang plat penyerap dan arah kebalikannya terhadap efisiensi, seperti pada Gambar 2 (Gao, Lin, Liu, & Xia, 2007). Hasilnya adalah ternyata yang paling efisien adalah ketika arah aliran fluida sejajar dengan arah gelombang plat bawah dan tegak lurus arah gelombang plat penyerap yang berarti membuat turbulensi yang cukup pada aliran dan luas plat penyerap yang terbesar. Sehingga arah aliran yang digunakan

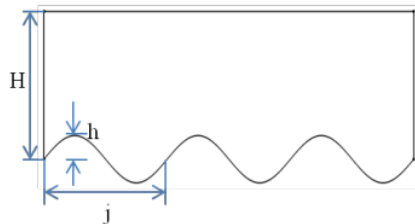
dalam tugas akhir ini adalah sejajar dengan gelombang plat penyerap pada tipe kolektor yang arah alirannya di atas plat penyerap.



Gambar 2. Aliran udara melintang plat penyerap bentuk gelombang (Gao, Lin, Liu, & Xia, 2007)

Plat penyerap dengan permukaan bergelombang memiliki luas permukaan yang lebih besar jika dibandingkan dengan plat datar. Selain itu, kolektor dengan plat gelombang juga cenderung membuat aliran udara memiliki turbulensi lebih besar daripada kolektor dengan plat datar, sehingga diharapkan efisiensi kolektor dengan plat gelombang lebih tinggi dari kolektor plat datar. Akan tetapi, belum ada penelitian yang mencari bentuk dan ukuran gelombang plat penyerap yang memberikan efisiensi terbaik suatu kolektor surya pemanas udara. Dalam penelitian ini, dicari rasio jarak/lebar gelombang, j , terhadap tinggi gelombang, h ($\frac{j}{h} = \omega$) dan rasio lebar celah, H , terhadap tinggi gelombang, h

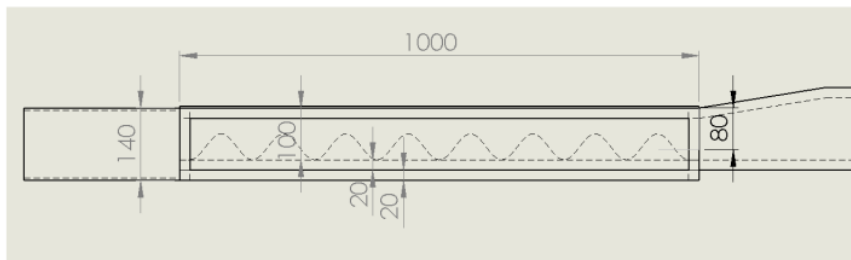
($\frac{H}{h} = \gamma$), seperti terlihat pada Gambar 3.



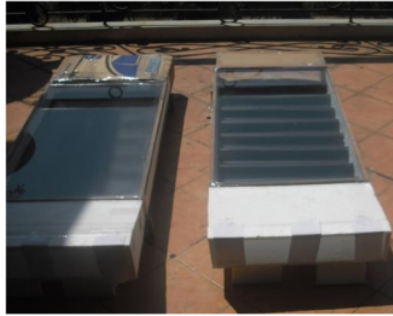
Gambar 3. Bentuk dan dimensi gelombang plat penyerap

2. Metodologi

Penelitian diawali dengan penentuan model kolektor yang akan diteliti secara eksperimen/percobaan. Ukuran plat penyerap plat datar adalah sama dengan ukuran kaca, yaitu $P \times L = 1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. Plat penyerap yang digunakan berupa aluminium yang dicat hitam dengan ketebalan 0,3 mm. Skema dan foto dari kolektor surya yang digunakan dalam percobaan adalah seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Skema kolektor surya plat gelombang yang digunakan dalam percobaan.



Gambar 5. Kolektor plat datar dan gelombang yang digunakan dalam percobaan.

Setelah peralatan siap, percobaan dilakukan di *outdoor*. Untuk mengalirkan udara melalui kolektor digunakan dua kipas komputer yang dilengkapi dengan potensiometer untuk mengatur kecepatan aliran udara. Udara dialirkan dengan kecepatan 0,5 m/s dan 0,8 m/s. Kecepatan udara diukur dengan anemometer. Temperatur udara diukur pada masukan dan keluaran. Percobaan dilakukan secara bersamaan untuk kolektor plat gelombang dan plat datar seperti pada Gambar 5.

Data yang didapat dari percobaan digunakan untuk memvalidasi model yang digunakan dalam simulasi numerik. Setelah model numerik dinyatakan valid, maka penelitian dilanjutkan secara numerik saja untuk mendapatkan rasio ω dan rasio γ yang memberikan efisiensi kolektor terbaik.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil percobaan yang dilakukan di *outdoor* dengan pengukuran serentak adalah seperti pada Tabel 1 untuk kecepatan aliran udara sebesar 0,8 m/s dan Tabel 2 untuk 0,5 m/s.

Tabel 1. Hasil percobaan ketika kecepatan aliran udara 0,8 m/s

Jenis plat	T_i, C	T_o, C	$\Delta T, C$	T_{amb}, C	$V_{fan}, m/s$	Jenis plat	T_i, C	T_o, C	$\Delta T, C$	T_{amb}, C	$V_{fan}, m/s$
Datar	34,7	39,3	4,6	34,7	0,8	gelombang	34,4	40	5,6	34,4	0,8
	34,8	38,7	3,9	34,8	0,8		35,2	41,3	6,1	35,2	0,8
	34,6	41,3	6,7	34,6	0,9		35,2	40,4	5,2	35,2	0,9
	34,8	41,1	6,3	34,8	0,9		34,9	43,4	8,5	34,9	0,8
	35	41,6	6,6	35	0,8		35	40,5	5,5	35	0,8

Tabel 2. Hasil percobaan ketika kecepatan aliran udara 0,5 m/s

Jenis plat	T_i, C	T_o, C	$\Delta T, C$	T_{amb}, C	$V_{fan}, m/s$	Jenis plat	T_i, C	T_o, C	$\Delta T, C$	T_{amb}, C	$V_{fan}, m/s$
Datar	33,6	36,5	2,9	33,6	0,5	gelombang	34	40,8	6,8	34	0,6
	33,8	39,1	5,3	33,8	0,6		34,2	40,4	6,2	34,2	0,6
	33,7	38,7	5	33,7	0,6		33,7	39,7	6	33,7	0,5
	34	39,3	5,3	34	0,5		33,8	39,6	5,8	33,8	0,6
	33,8	39,6	5,8	33,8	0,5		33,9	41	7,1	33,9	0,5

Efisiensi kolektor tergantung pada kalor yang diserap udara, Q_u , luasan kolektor, A_c , dan intensitas radiasi, I_T , sesuai dengan persamaan: $\eta = \frac{Q_u}{I_T \cdot x A_c}$ (Duffie, 1991). Pada percobaan, I_T diukur dengan Pyranometer berkisar 800 W/m².

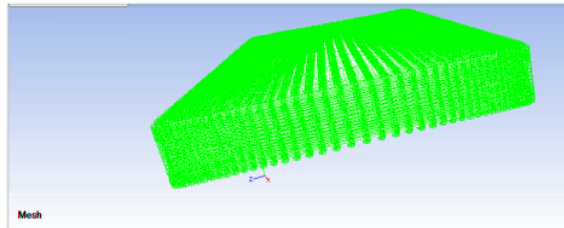
Perbandingan hasil perhitungan efisiensi kedua kolektor pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan kinerja kolektor dengan plat datar dan gelombang

Bentuk	Kenaikan temperatur, K		Efisiensi	
	$v_{udara} = 0,8 m/s$	$v_{udara} = 0,5 m/s$	$v_{udara} = 0,8 m/s$	$v_{udara} = 0,5 m/s$
Datar	4,6	4,9	0,55	0,36
gelombang	6,2	6,4	0,64	0,45

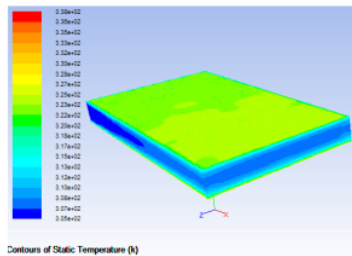
Mesh dari model numerik dibuat sesuai dengan model pada percobaan seperti pada Gambar 6. Selain mendapatkan

distribusi temperatur, juga didapatkan hasil numerik temperatur dan tekanan udara di masukan-keluaran. Arah aliran fluida kerja diambil searah dengan sumbu x positif, dan arah radiasi matahari searah dengan sumbu y negatif.



Gambar 6. Mesh dari model kolektor surya plat datar.

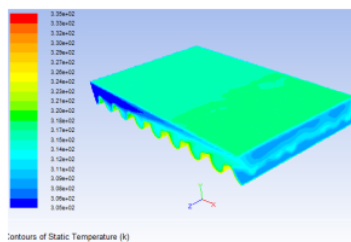
Distribusi temperatur pada aliran udara yang mengalir di bawah plat penyerap dari tiap bentuk kolektor dengan kecepatan 0,8 m/s sebagai hasil simulasi numerik dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8. Pada kedua gambar tersebut juga ditunjukkan hasil numerik dari simulasi untuk temperatur udara serta penurunan tekanan aliran masuk dan ke luar saluran.



Area-Weighted Average Static Pressure (pascal)	
inlet	0.14272104
outlet	0
Net	0.071360521
Area-Weighted Average Static Temperature (k)	
inlet	305
outlet	309.56711
Net	307.28354

Gambar 7. Distribusi temperatur pada kolektor datar

Dapat terlihat pada Gambar 7 bahwa temperatur keluar dari kolektor datar tidak merata atas-bawah dan temperatur pada pertengahan adalah sekitar 306-307 K. Dari Gambar 7 dan 8, temperatur udara keluar kolektor dengan plat gelombang terlihat lebih tinggi daripada kolektor plat datar. Sedang dari rata-rata temperatur yang didapatkan, terlihat bahwa kolektor plat datar memiliki temperatur rata-rata keluar yang lebih tinggi dari plat gelombang. Pada plat datar, temperatur rata-rata keluaran udara adalah 309,567 K. Sedangkan pada kolektor plat gelombang, temperatur keluaran udara adalah 310,175 K. Perbandingan kenaikan temperatur udara dan efisiensi dari hasil simulasi numerik ditunjukkan pada Tabel 4.



Area-Weighted Average Static Pressure (pascal)	
inlet	1.8917694
outlet	-0.00087021792
Net	0.94544959
Area-Weighted Average Static Temperature (k)	
inlet	305
outlet	310.17505
Net	307.58752

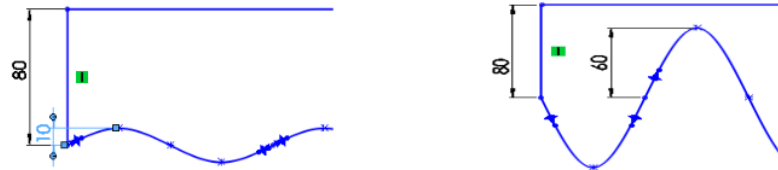
Gambar 8. Distribusi temperatur pada kolektor gelombang

Tabel 4. Perbandingan hasil simulasi numerik pada kecepatan aliran 0,8 m/s

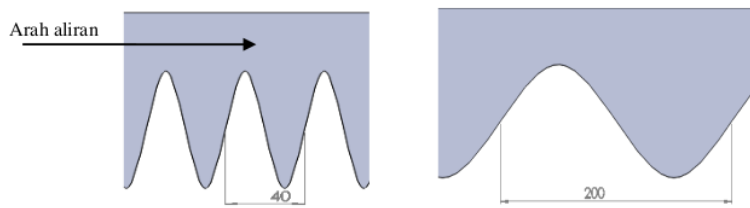
Bentuk	ΔP (Pa)	ΔT (K)	η
Datar	0,143	4,567	0,46
Gelombang	1,892	5,175	0,52

Dari Tabel 3 dan 4 terlihat bahwa kenaikan temperatur udara dan efisiensi kolektor dengan plat penyerap bentuk gelombang lebih tinggi daripada plat datar. Terdapat perbedaan antara angka yang didapat dari percobaan dengan simulasi. Hal ini disebabkan kontur gelombang pada simulasi didekati dengan kurva sinus, sedangkan pada percobaan lebih menyerupai setengah lingkaran. Penyebab lain adalah pada simulasi intensitas radiasi dijaga konstan 800 W/m², sedangkan pada percobaan dapat lebih tinggi.

Selanjutnya adalah meneliti rasio ω dan γ terbaik. Dari beberapa kali simulasi, didapatkan hasil seperti berikut ini. Tinggi gelombang, h , diteliti dengan interval 10 mm dari ketinggian minimum 10 mm hingga tinggi maksimum 60 mm, seperti pada Gambar 9. Jarak atau panjang gelombang, j , diteliti dengan interval 40 mm, dari panjang terpendek 40 mm hingga 200 cm, seperti pada Gambar 10.

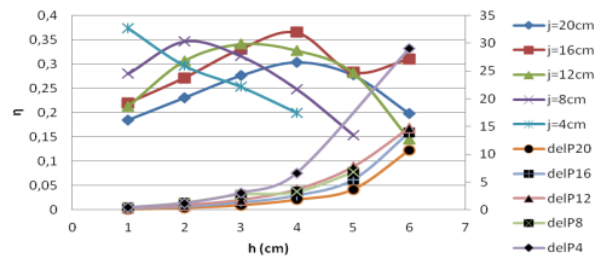


Gambar 9. Ketinggian gelombang minimum 10 mm dan maksimum 60 mm



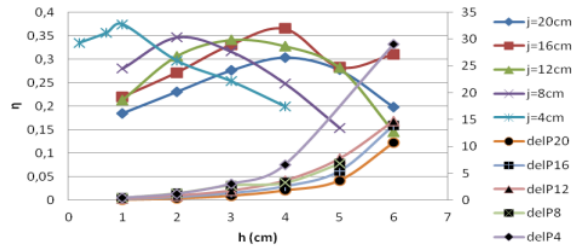
Gambar 10. Panjang gelombang minimum 40 mm dan maksimum 200 mm

Dari hasil simulasi numerik untuk tinggi gelombang, h , dari 10 mm hingga 60 mm dan panjang gelombang, j , dari 40 mm hingga 200 mm, didapatkan efisiensi kolektor seperti pada Gambar 11. Semakin tinggi gelombang maka semakin tinggi pula pressure drop. Dari Gambar 11 terlihat bahwa pressure drop untuk plat dengan tinggi gelombang, h , lebih dari 4 sangat tinggi dan sebaiknya dihindari. Jarak antar gelombang atau panjang gelombang yang memberikan efisiensi paling tinggi adalah ketika 4 cm pada ketinggian gelombang 1 cm. Pada Gambar 11 terlihat bahwa ketika tinggi gelombang, $h = 1$ cm, semakin kecil jarak antar gelombang, j , semakin tinggi efisiensi kolektor. Ada kemungkinan efisiensi tertinggi tercapai ketika tinggi gelombang di bawah 1 cm. Oleh karena itu diadakan simulasi 2 kali lagi, yaitu pada tinggi gelombang 0,3 dan 0,7 cm dengan hasil pada Gambar 12.



Gambar 11. Efisiensi terhadap ketinggian gelombang beserta *pressure drop* pada lima panjang gelombang yang diteliti

Dari Gambar 12, ternyata efisiensi kolektor paling tinggi tetap pada tinggi gelombang, h , 1 cm. Jika dibandingkan dengan plat datar yang efisiensinya sekitar 0,29, maka titik tertinggi plat gelombang memiliki efisiensi lebih tinggi. Jarak antar gelombang atau panjang gelombang terbaik adalah 4 cm dengan tinggi gelombang 1 cm. Dengan demikian, rasio $\omega = j/h = 4$, dan $\gamma = H/h = 8$. Hasil ini bersesuaian dengan hasil yang didapatkan Naphon yang meneliti untuk plat diberi pemanas yang dibuat bergerigi. Naphon menemukan bahwa semakin kecil gerigi yang digunakan, efisiensi perpindahan panas semakin tinggi (Naphon, 2007).



Gambar 12. Efisiensi kolektor dengan tambahan tinjauan tinggi gelombang di bawah 1 cm

4. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan simulasi numerik, didapatkan bahwa:

- Efisiensi kolektor surya dengan plat penyerap bentuk gelombang lebih tinggi daripada kolektor plat datar.
- Penurunan tekanan aliran udara semakin tinggi ketika panjang gelombang lebih pendek dan tinggi gelombang lebih besar. Pada tinggi gelombang kurang atau sama dengan 2 cm, penurunan tekanan hampir tidak berbeda untuk panjang gelombang berapapun.
- Efisiensi kolektor dengan plat penyerap bentuk gelombang tertinggi saat perbandingan ukuran $\omega = 4$, dan $\gamma = 8$.

5. Daftar Pustaka

- Choudhury, C., & Garg, H. P. (1991). Design Analysis of Corrugated and Flat Plate Solar Air Heaters. *Renewable Energy Vol 1, No. 5/6*, p. 595 – 607.
- Duffie, J. A. (1991). *Solar Engineering Of Thermal Processes, 2nd ed.* (2nd ed. ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Gao, W., Lin, W., Liu, T., & Xia, C. (2007). Analytical and experimental studies on the thermal performance of cross-corrugated and flat-plate solar air heaters. *Applied Energy 84*, 425-441.
- Lin, W., Gao, W., & Liu, T. (2006). A parametric study on the thermal performance of cross-corrugated solar air collectors. *Applied Thermal Engineering 26*, 1043–1053.
- Naphon, P. (2007). Heat transfer characteristics and pressure drop in channel with V corrugated upper and lower plates. *Energy conversion and management 48*, 1516 – 1524.

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	dewey.petra.ac.id Internet Source	3%
2	digilib.its.ac.id Internet Source	2%
3	Feijó-Muñoz Jesús, Poza-Casado Irene, González-Lezcano Roberto Alonso, Pardal Cristina et al. "Methodology for the Study of the Envelope Airtightness of Residential Buildings in Spain: A Case Study", <i>Energies</i> , 2018 Publication	1%
4	researchonline.jcu.edu.au Internet Source	1%
5	www.thaiscience.info Internet Source	1%
6	Abhishek Priyam, Prabha Chand. "Heat transfer and pressure drop characteristics of wavy fin solar air heater", <i>International Journal of Heat and Technology</i> , 2017 Publication	1%

7	www.tibtd.org.tr Internet Source	1 %
8	core.ac.uk Internet Source	1 %
9	edoc.pub Internet Source	1 %
10	es.scribd.com Internet Source	1 %
11	Submitted to Forum Komunikasi Perpustakaan Perguruan Tinggi Kristen Indonesia (FKPPTKI) Student Paper	1 %
12	Submitted to University of Greenwich Student Paper	1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On