

# Pengaruh Intensitas Radiasi terhadap Unjuk Kerja Kolektor Surya Tipe *V-corrugated* dengan Penambahan *Dimple Balls* Posisi *Stagger*

Muhammad Robbi Solikhin <sup>1</sup>, Mohamad Hakam <sup>2</sup>, Priyambodo Nur Ardi Nugroho <sup>3</sup>

D4-Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1,2</sup>  
D4-Teknik Desain dan Konstruksi Kapal, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: robbisolikhin25@gmail.com<sup>1</sup>

**Abstract** – Solar collector use solar heat as heat energy. The heat energy, used for heating and drying. The air of heater consists absorber plate that absorbs solar radiation, channel through the air flows, and transparent cover. In this study, the solar collector was given the addition of obstacles and dimple balls, it could be applied to the absorber plate in the stagger position. This study determined effects of radiation intensity on *V-corrugated* performance type solar air heater collector with addition of obstacles and dimple balls on absorber plate. This research conducted using experimental method with 12mm diameters dimple balls with 0.5L dimple distances from the obstacle. The highest (thermo) energy value is 718.9 Watt/m<sup>2</sup> intensities radiation, which is 59.108 Watt, while the highest (design) energy value is 718.9 Watt/m<sup>2</sup> intensities radiation, which is 67.363 Watt. The highest (thermo) efficiency value is 64.1% at 431.373 Watt/m<sup>2</sup> intensities, while the highest efficiency

(design) value is 59% at 431.373 Watt/m<sup>2</sup> intensities. This proved the value of efficiency is directly proportional to the heat received by the air and inversely proportional to the intensity of the radiation received, while the value of usefull energy is directly proportional to the intensity of the radiation received.

**Keyword:** Air heater solar collector, Efficiency, Usefull energy

## Nomenclature

□	efisiensi
<i>Q<sub>use</sub></i>	energi berguna
<i>I<sub>T</sub></i>	intensitas radiasi

## 1. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu energi yang berpotensi untuk dikelola dan dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber cadangan energi. Karena energi surya bersifat renewable yaitu energi yang tidak polutif bersifat kontinyu dan tidak akan habis [6]. Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa energi surya merupakan alternatif untuk mengatasi energi yang tidak dapat diperbarui. Energi panas matahari dapat dikonversikan menjadi energi panas berguna di dalam suatu kolektor surya (*solar collector*), dimana energi panas tersebut dapat digunakan untuk memanaskan air, udara, dan material lain yang memerlukan pemanasan dan pengeringan.

Kolektor surya pemanas udara pada dasarnya hanya terdiri dari pelat penyerap (*absorber plate*) yang menyerap radiasi surya, saluran tempat udara mengalir, dan kaca penutup (*transparent cover*) [5]. Kolektor surya diatas masih memiliki tingkat koefisiensi perpindahan panas konveksi yang rendah antara absorber plate dengan udara yang mengalir dibawahnya. Untuk meningkatkan koefisiensi perpindahan panas dilakukan modifikasi pada *absorber plate* yang dibentuk menjadi bentuk *v-corrugated*, hal ini memberi efisiensi lebih tinggi dari *absorber plate* datar [3]. Upaya efisiensi lainnya untuk meningkatkan perpindahan panas pada

*absorber plate* berbentuk *v-corrugated* yaitu dengan penambahan *obstacles plate* yang ditekuk vertical [5].

Berdasarkan uraian diatas diambil kesimpulan bahwa penelitian tentang kolektor surya untuk meningkatkan koefisien perpindahan kalor banyak dilakukan oleh peneliti dahulu dan terbukti dapat meningkatkan unjuk kerja. Dalam penelitian ini, penulis akan melakukan upaya untuk meningkatkan koefisien perpindahan kalor dengan mengembangkan penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu dengan penambahan *dimple ball* yang akan menambah luasan *absorber plate* dan penyempurnaan aliran fluida pada *v-corrugated absorber plate* [4].

Penelitian tentang kolektor surya yang ditambahkan *dimple ball* posisi *stagger* dan *obstacle* secara bersamaan pada bagian laluan udara dibagian bawah pelat penyerap, belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, sehingga peneliti memfokuskan penelitian ini pada kolektor surya pemanas udara dengan menggunakan pelat penyerap berbentuk *v-corrugated*, *obstacle* terbuat dari pelat yang ditekuk vertikal dan ditambah *dimple ball* pada bagian dalam pelat penyerap. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen yang diujikan pada laboratorium.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1 Kolektor Surya

Kolektor surya merupakan alat penyerap energi panas matahari yang terdiri dari rangka, kaca penutup (*cover glass*), dan pelat penyerap (*absorber plate*). Tujuan dari kolektor surya adalah menyerap

panas radiasi matahari, dan kemudian memanfaatkan panas tersebut untuk memanaskan fluida (udara) yang mengalir melaluinya. Untuk memperbesar koefisien perpindahan panas yang dihasilkan, maka perlu dilakukan penambahan gangguan (*noise*) didalam saluran kolektor surya. Gangguan yang diberikan dapat berupa *obstacle* maupun *dimple ball*. Dengan adanya *obstacle* dan *dimple ball*, akan terjadi olakan pada fluida sehingga dapat meningkatkan temperatur keluaran dari kolektor surya. Kolektor surya yang dipakai pada penelitian ini adalah kolektor surya dengan pelat *absorber* berbentuk *V-corrugated* yang terdapat *obstacle* terbuat dari pelat ditebuk vertikal di sepanjang saluran dan diberikan tambahan *dimple ball* di dinding *absorber* bagian dalam. Pada umumnya, kolektor surya digunakan untuk memanaskan udara, misalnya sebagai alat pengering pada industri.

## 2.2 Efisiensi Kolektor Surya ( $\eta$ )

Efisiensi dari kolektor surya pemanas udara dengan pelat *absorber* berbentuk-V dijabarkan dalam persamaan di bawah ini:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_C \cdot I_T} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

$\square$  = Efisiensi kolektor surya (%)

$Q_u$  = Energi berguna (Watt)

$A_C$  = Luasan efektif kolektor ( $m^2$ )

$I_T$  = Intensitas radiasi lampu halogen ( $W/m^2$ )

## 2.3 Energi Berguna ( $Q_{use}$ )

Energi berupa panas yang berguna dari kolektor surya pemanas udara tipe aliran di bawah pelat penyerap *v-corrugated* dijabarkan dalam persamaan di bawah ini:

$$Q_{th} = m \cdot C_p [T_{fluida,out} - T_{fluida,in}] \quad (2)$$

Atau

$$Q_{sol} = A_p \cdot F_R [S - U_L (T_{f,in} - T_{amb})] \quad (3)$$

Dengan persamaan radiasi surya diserap adalah:

$$S = 1,01 \times \square_{cg} \times \alpha_{abs} \times I_T \quad (4)$$

Dimana:

$Q_{th}$  = energi berguna secara *thermodinamika* (Watt)

$Q_{sol}$  = energi berguna secara energi surya/solar (Watt)

$S$  = radiasi matahari per satuan luas yang diserap ( $W/m^2$ )

$U_L$  = koefisien kehilangan panas total ( $W/m^2K$ )

$m$  = laju aliran massa (kg/s)

$C_p$  = panas jenis fluida atau spesifik *heat of fluid* (J/kgC)

$T_{fluidain}$  = temperatur fluida masuk *ducting channel* (K)

$T_{fluidaout}$  = temperatur fluida keluar *ducting channel* (K)

$T_{amb}$  = temperatur lingkungan (K)

$T_{abs}$  = temperatur pelat penyerap (K)

$T_{base}$  = temperatur pelat bawah (K)

$I_T$  = Intensitas radiasi lampu halogen/matahari (W)

$F_R$  = *collector heat removal factor*

$\square_{cg}$  = transmissivitas *cover glass*

$\alpha_{abs}$  = absorptivitas *pelat absorber*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Menghitung Energi Berguna ( $Q_{useful}$ )

Pada penelitian ini memperhitungkan energi berguna secara desain dan energi berguna secara aktual dengan menggunakan Persamaan 2 dan 3 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a. \quad Q_{thermo} &= \dot{m} C_p [T_{f,out} - T_{f,in}] \\ &= 0,0063 \frac{kg}{s} \times 1007,241 \frac{J}{kg.K} \times \\ &\quad [309,65K - 302,4K] \\ &= 46,62 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. \quad Q_{ensur} &= A_p \cdot F_R [S - U_L (T_{f,in} - T_{amb})] \\ &= (0,1687 \text{ m}^2) \times 0,749 \\ &\quad \left[ 325,89 \frac{W}{m^2} - 18,39 \frac{W}{m^2.K} (302,4K - 303,15K) \right] \\ &= 42,93 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### 3.2 Menghitung Efisiensi ( $\eta$ )

Perhitungan efisiensi secara desain dan efisiensi secara aktual menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a. \quad \square_{thermo} &= \frac{Q_{thermo}}{A_C I} \times 100\% \\ &= \frac{46,62 \text{ Watt}}{0,1687 \text{ m}^2 \times 431 \text{ Watt/m}^2} \times 100\% \\ &= 64\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b. \quad \square_{ensur} &= \frac{Q_{ensur}}{A_C I} \times 100\% \\ &= \frac{42,93 \text{ Watt}}{0,1687 \text{ m}^2 \times 431 \text{ Watt/m}^2} \times 100\% \\ &= 0,590\% \end{aligned}$$

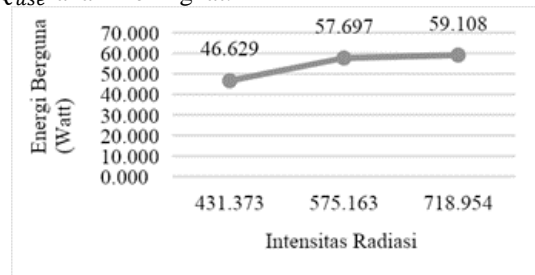
Hasil akhir dari perhitungan ini adalah performa dari kolektor surya yang ditunjukkan oleh nilai *usefull energy* ( $Q_{use}$ ) dan efisiensi ( $\eta$ ) secara desain dan aktual. Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh  $Q_{use}$  aktual dan  $\eta$  aktual yang menggambarkan besar energi yang dihasilkan kolektor surya, Sedangkan  $Q_{use}$  desain dan  $\eta$  desain merupakan nilai yang didapat berdasarkan desain kolektor surya yaitu dimensi dan beberapa data temperatur.

### 3.3 Analisis Energi Berguna terhadap Variasi Intensitas Radiasi

Energi berguna merupakan besar energi panas yang diserap oleh fluida kerja untuk meningkatkan temperatur keluar. Terdapat dua  $Q_{use}$  dari kolektor surya dengan tinjauan termodinamika dan perpindahan panas.

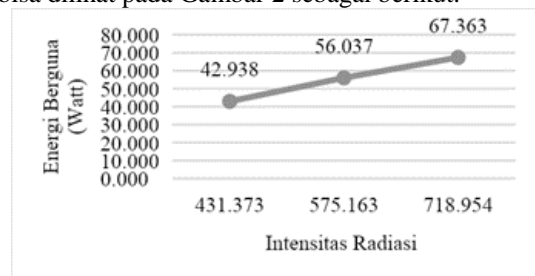
Berdasarkan grafik pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa tren grafik  $Q_{use,aktual}$  berubah terhadap

besarnya intensitas radiasi yang diberikan, semakin besar intensitas radiasi yang diberikan maka nilai  $Q_{use}$  akan meningkat.



Gambar 1. Grafik perbandingan energi berguna termo terhadap variasi intensitas radiasi

Berdasarkan grafik  $Q_{use}$  termo, nilai tertinggi dihasilkan intensitas radiasi tertinggi sebesar 718,9 Watt/m<sup>2</sup> yaitu 59,108 Watt. Hal ini disebabkan perhitungan  $Q_{use}$ , termo dipengaruhi oleh besar laju aliran massa dan beda temperatur yang dihasilkan. Pada semua variasi intensitas radiasi, penulis menggunakan laju aliran massa sebesar 0,0064 kg/s.  $Q_{use}$ , termo terkecil yaitu 46,629 Watt dengan intensitas radiasi 431,373 W/m<sup>2</sup>. Nilai  $Q_{use}$ , desain bisa dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.

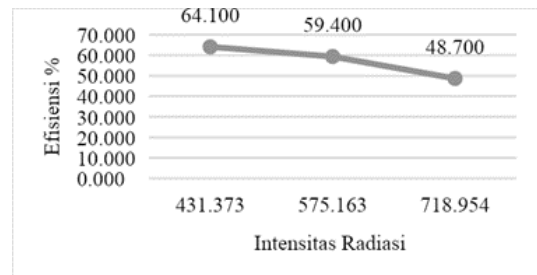


Gambar 2. Grafik perbandingan energi berguna desain terhadap variasi intensitas radiasi

Berdasarkan Grafik  $Q_{use}$ , desain seperti Gambar 2, dapat dilihat tren grafik berbanding lurus dengan intensitas radiasi yang diberikan. Berdasarkan grafik  $Q_{use}$  desain, nilai paling tinggi dihasilkan pada intensitas radiasi paling tinggi sebesar 718,9 Watt/m<sup>2</sup> yaitu 67,363 Watt, Sedangkan  $Q_{use}$  desain terendah terdapat pada intensitas radiasi 431,373 W/m<sup>2</sup> yaitu 42,938 Watt.

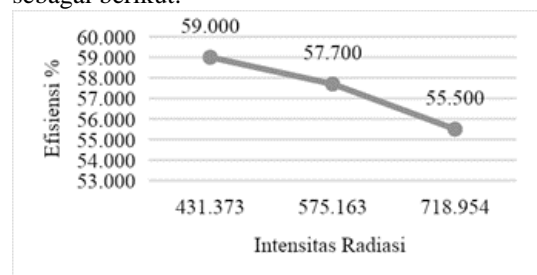
### 3.4 Analisis Efisiensi terhadap Variasi Intensitas Radiasi

Berdasarkan perhitungan energi berguna, kinerja kolektor surya dapat dilihat dari nilai efisiensi. Efisiensi adalah perbandingan antara energi berguna dengan energi yang masuk. Nilai efisiensi ini menunjukkan baik atau tidaknya kolektor surya yang diuji dalam mentransfer energi panas ke fluida kerja yaitu, udara. Besar efisiensi sebanding dengan energi berguna dan berbanding terbalik dengan intensitas radiasi. Semakin tinggi intensitas radiasi, maka nilai efisiensi semakin menurun. Grafik efisiensi termal dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Grafik perbandingan efisiensi termal terhadap variasi intensitas radiasi

Hal ini sesuai dengan Persamaan 1, sehingga tren grafik naik. Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat jika efisiensi termal paling tinggi yaitu 64,1% pada intensitas radiasi 431,373 Watt/m<sup>2</sup>. Sedangkan grafik efisiensi desain dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik perbandingan efisiensi desain terhadap variasi intensitas radiasi

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat grafik perbandingan efisiensi desain terhadap laju aliran massa udara semakin meningkat seiring dengan bertambahnya intensitas radiasi lampu yang diterima. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi desain tertinggi dicapai pada intensitas 431,373 Watt/m<sup>2</sup> yaitu 0,590 atau 59%. Sedangkan efisiensi desain terkecil dicapai pada intensitas 718,9 Watt/m<sup>2</sup> yaitu 0,555 atau 55,5%.

### 3.5 Data Perbandingan Nilai Unjuk Kerja

Pada Tabel 1, dapat dilihat nilai unjuk kerja kolektor surya tipe *V-corrugated absorber plate* dengan laju aliran massa sebesar 0,0064 kg/s dan variasi intensitas radiasi lampu halogen sebesar 431 Watt/m<sup>2</sup>, 575 Watt/m<sup>2</sup>, dan 719 Watt/m<sup>2</sup>.

Tabel 1: Nilai energi berguna dan efisiensi dengan laju aliran massa 0,0064 kg/s

No	Intensitas Radiasi (Watt)	Qu (Watt)		s	η	
		Term	desain		Term	desain
1	431	46,62	42,93	325,89	0,64	0,590
		9	8		3	
2	575	57,69	56,03	434,52	0,59	0,577
		7	7		4	
3	719	59,10	67,36	543,15	0,48	0,555
		8	3		6	

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai energi berguna aktual (termo) tertinggi pada intensitas radiasi 718,9 Watt/m<sup>2</sup>, yaitu 59,108 Watt dan paling rendah pada intensitas radiasi 431,373 Watt/m<sup>2</sup>,

yaitu 46,629 Watt, sedangkan untuk nilai energi berguna (desain) tertinggi pada intensitas radiasi 718,9 Watt/m<sup>2</sup>, yaitu 67,363 Watt dan paling rendah pada intensitas radiasi 431,373 Watt/m<sup>2</sup>, yaitu 42,938 Watt. Untuk nilai efisiensi aktual (termo) paling tinggi yakni sebesar 0,641 atau 64,1% pada intensitas 431,373 Watt/m<sup>2</sup> dan efisiensi aktual (termo) paling rendah yaitu 0,487 atau 48,7% dengan intensitas radiasi 718,9 Watt/m<sup>2</sup>, sedangkan nilai efisiensi (desain) paling tinggi yakni sebesar 0,590 atau 59% pada intensitas 431,373 Watt/m<sup>2</sup> dan efisiensi (desain) paling rendah yaitu 0,555 atau 55,5% dengan intensitas radiasi 718,9 Watt/m<sup>2</sup>. Hal tersebut membuktikan bahwa nilai efisiensi berbanding lurus dengan kalor yang diterima udara dan berbanding terbalik dengan intensitas radiasi yang diterima, sedangkan nilai energi berguna berbanding lurus dengan intensitas radiasi yang diterima.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berjalan dengan lancar tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan teknisi Laboratorium Rekayasa Thermal dan Sistem Energi ITS serta dukungan dari teman-teman yang telah membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

## 6. PUSTAKA

- [1] Cengel, Y. A., 2003. **Heat Transfer: A Practical Approach**. 2<sup>nd</sup> McGraw-Hill.
- [2] Duffie, J., dan Beckman, W. (1991). **Solar Engineering of Thermal Processes** (2<sup>nd</sup> ed). Madison, Wisconsin: A Wiley-Interscience Publication.
- [3] Handoyo, E. A., Sudyanto, N. A., Prabowo, P., dan Ichسانی, D. (2011). *Unjuk Kerja Kolektor Surya dengan Absorber Bentuk V yang Dilengkapi Honeycomb dengan Beberapa Aspek Rasio*. **Jurnal Teknik Mesin**, 12(2), pp.83–88.
- [4] Hanmina, M. M. F., Ichسانی, D., dan Hakam, M. (2019). *The Experiment Study of The Performance of Air Heater Solar Collector Type Dimple Inline Plate V-Corrugated Absorber*. **AIP Conference Proceedings** 2187, pp. 020005-1-020005-8. AIP Publishing.
- [5] Pangukir, F. S. L., dan Ichسانی, D. (2016). *Studi Simulasi Numerik dan Eksperimental Pengaruh Penambahan Fin Berbentuk Setengah Silinder Tegak Lurus Aliran yang Dipasang pada Bagian Bawah Plat Absorber Berbentuk V Terhadap Efisiensi Kolektor Surya Pemanas Udara*. **Jurnal Teknik ITS**, 5(2).
- [6] Wirawan, M., dan Sutanto, R. (2011). *Analisa Laju Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar Dengan Absorber Pasir*. **Dinamika Teknik Mesin**, 1(2).