

Studi Eksperimental Pengaruh Laju Aliran Air terhadap Efisiensi *Thermal* pada Kolektor Surya Pemanas Air dengan Penambahan *External Helical Fins* pada Pipa

Sandy Pramirtha dan Bambang Arip Dwiyantoro

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: bambangads@me.its.ac.id

Abstrak—Energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif untuk menggantikan peran minyak bumi sebagai sumber energi utama. Kolektor surya pemanas air merupakan salah satu contoh pemanfaatan energi surya. Ada beberapa tipe kolektor surya salah satunya adalah kolektor surya pelat datar, tetapi kolektor surya pelat datar memiliki tingkat efisiensi yang rendah. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi dari kolektor surya pemanas air pelat datar adalah dengan menambahkan *fins* pada pipa-pipa yang mengalirkan air. Salah satu bentuk *fins* yang dapat digunakan adalah *helical fins*. Pengujian dilakukan dengan variasi debit aliran air yaitu 75 liter/jam, 150 liter/jam, 225 liter/jam dan 300 liter/jam serta variasi warna kaca penutup yaitu warna hitam dan bening. Kolektor surya diletakkan pada sudut kemiringan $\beta = 10^\circ$. Pengambilan data dimulai pukul 09.00-15.00 WIB. Setiap satu jam dilakukan pengambilan data berupa temperatur fluida masuk, temperatur fluida keluar, temperatur pelat *absorber*, temperatur *cover glass*, temperatur *base* dan intensitas matahari. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah efisiensi rerata kolektor terbesar terjadi pada kolektor dengan kaca penutup bening untuk variasi debit aliran air 300 liter/jam yaitu sebesar 63,06%, energi berguna terbesar terjadi pada kolektor dengan kaca penutup bening untuk variasi debit aliran air 300 liter/jam yaitu sebesar 1,24 MJ, serta temperatur air keluar kolektor terbesar terjadi pada kaca penutup bening dengan variasi debit aliran air 75 liter/jam yaitu sebesar 49°C. Penambahan *helical fins* pada pipa tembaga dapat meningkatkan efisiensi kolektor. Kolektor surya dengan *helical fins* mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan kolektor tanpa *fin* maupun *annular fins*.

Kata kunci: debit, efisiensi kolektor, *helical fins*, kolektor surya

I. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu energi alternatif yang potensial untuk menggantikan peran minyak bumi sebagai sumber energi utama, khususnya di Indonesia yang memiliki intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi. Upaya penggunaan energi surya sebagai energi alternatif merupakan upaya yang perlu didukung, hal ini sesuai dengan prinsip bahwa pengembangan sistem-sistem energi harus dapat menghasilkan energi dengan biaya murah serta tidak mengakibatkan dampak lingkungan.

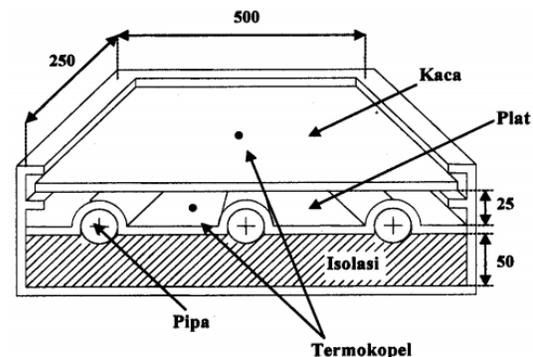
Pemanfaatan energi surya selain untuk pembangkit energi listrik adalah untuk pemanas air. *Solar water heater* merupakan salah satu contoh pemanfaatan energi surya. Pemanas air tenaga surya yang banyak digunakan pada umumnya memiliki tipe desain *flat-plate collector*. Namun

menurut Edo Wirapraja [1], pemanas air jenis ini memiliki tingkat efisiensi yang kecil sebesar 32,4% pada debit aliran 300 liter/jam menghasilkan temperatur keluar kolektor sebesar 40,4°C. Untuk mensiasati agar mendapatkan pemanas air dengan efisiensi yang lebih tinggi maka dibuat pemanas air tenaga surya dengan penambahan *fin* berbentuk helikal pada pipa-pipa yang mengalirkan air, dengan memperluas bidang penyerapan panas diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kolektor surya.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Penelitian Terdahulu

Philip Kristanto dan Yoe Kiem San [2], menganalisa pengaruh tebal pelat dan jarak antar pipa terhadap performansi kolektor surya pelat datar. Terdapat hubungan yang cukup signifikan antara ketebalan pelat penyerap dan jarak antar pipa penyalur cairan terhadap performansi kolektor pelat datar yang dinyatakan dengan efisiensi siripnya. Hasil penelitian menunjukkan semakin tebal pelat penyerap dan semakin kecil jarak antar pipa-pipa kolektor maka efisiensi sirip dari kolektor semakin optimum. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa efisiensi sirip tertinggi dihasilkan dengan konfigurasi ketebalan pelat 1,2 mm dan jarak antar pipa penyalur cairan 73,6 mm.



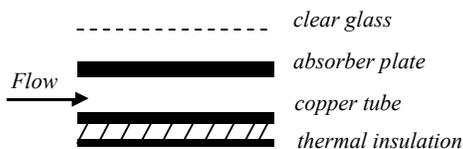
Gambar 1. Susunan dan dimensi alat [2]

B. Prinsip Kerja Solar collector

Solar collector adalah salah satu alat penukar panas yang merubah energi radiasi matahari menjadi energi panas. Secara umum kolektor surya dapat diklasifikasikan menjadi *non-concentrating flat-plate collectors* dan *concentrating*

collectors. *Concentrating collectors* dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi dibandingkan *non-concentrating collectors*. Dalam hal penggunaan kolektor surya, di daerah dengan intensitas matahari yang cukup tinggi, seperti di Indonesia lebih sesuai diterapkan kolektor jenis *non-concentrating flat-plate collectors*. Disamping itu untuk memanaskan air skala rumah tangga, *non-concentrating flat-plate collectors* sudah cukup mampu memberikan kenaikan temperatur yang diperlukan.

Komponen dasar kolektor surya pelat datar pemanas air terdiri atas empat komponen utama yaitu *clear glass*, *absorber plate*, *thermal insulation* dan *copper tube* (gambar 2). Prinsip kerja dari kolektor surya adalah sinar radiasi surya menembus kaca penutup lalu sinar tersebut akan diserap oleh pelat *absorber*. Energi radiasi matahari yang terakumulasi di pelat *absorber* akan ditransfer energi panasnya ke fluida yang mengalir pada *ducting* di bawah pelat *absorber* sehingga menyebabkan temperatur fluida keluar kolektor akan mengalami peningkatan. Isolator berfungsi untuk meminimalisir kehilangan panas secara konduksi dari pelat *absorber* ke lingkungan.



Gambar 2. Kolektor surya sederhana

C. Analisa Perpindahan Panas pada Kolektor Surya

Perpindahan panas yang terjadi pada kolektor surya antara lain konveksi, konduksi dan radiasi. Energi radiasi matahari yang diserap pelat *absorber* sebagian dimanfaatkan menjadi energi berguna (Q_u) dan sebagian lagi menjadi rugi-rugi panas yaitu kearah atas (U_T) dan kearah bawah (U_B).

1) Analisa Perpindahan pada Kaca Penutup

a. Konveksi

Koefisien perpindahan panas konveksi yang disebabkan oleh angin yang berhembus diatas kaca penutup, ditentukan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$h_c = Nu_{L_c} \frac{k_a}{L_c} \tag{1}$$

Dimana k_a merupakan konduktifitas thermal udara, L_c panjang karakteristik kaca sedangkan Nu merupakan bilangan *nusselt* untuk *free convection* yang ditentukan berdasarkan persamaan berikut [3]:

$$\overline{Nu}_{L_c} = 0.54 Ra_{L_c}^{1/4} (10^4 \leq Ra_{L_c} \leq 10^7) \tag{2}$$

$$\overline{Nu}_{L_c} = 0.15 Ra_{L_c}^{1/3} (10^7 \leq Ra_{L_c} \leq 10^{11}) \tag{3}$$

b. Radiasi

Koefisien perpindahan panas radiasi antara kaca penutup dengan udara luar, ditentukan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$h_{r_{c-a}} = \epsilon_c \sigma (T_c^2 + T_{sky}^2) (T_c + T_{sky}) \tag{4}$$

Emisivitas kaca penutup (ϵ_c), konstanta *Stephen Boltzman* (σ) yang besarnya $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, temperatur kaca (T_c) dan temperatur *sky* (T_{sky}).

2) Analisa Perpindahan pada Pipa

a. Konveksi

Diantara *base* dan udara di dalam kolektor terjadi perpindahan panas secara konveksi, ditentukan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$h_b = Nu_D \frac{k_o}{D} \tag{5}$$

Dimana k_o merupakan konduktifitas thermal udara dalam kolektor, diameter pipa (D). *Nusselt number* antara dua bidang datar, ditentukan berdasarkan persamaan berikut [3]:

$$Nu_D = \left[0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.387/Pr)^{4/3}]^{1/4}} \right]^2 \tag{6}$$

b. Radiasi

Koefisien perpindahan panas radiasi yang terjadi antara *base* dengan kaca penutup, ditentukan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$h_{b-c} = \frac{\sigma (T_b^2 + T_c^2) (T_b + T_c)}{\frac{1}{\epsilon_b} + \frac{1 - \epsilon_c (A_b/A_c)}{\epsilon_c}} \tag{7}$$

Dimana ϵ_b merupakan emisivitas pipa tembaga, temperatur pipa (T_b), luasan pipa (A_b), dan luasan kaca (A_c).

3) Analisa Perpindahan pada Air

Air yang mengalir melalui pipa-pipa kolektor disebabkan oleh tekanan dari pompa, sehingga antara dinding pipa dengan air terjadi proses perpindahan panas konveksi secara paksa (*forced convection*). Koefisien perpindahan panas ditentukan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$h_f = Nu_D \frac{k_f}{D} \tag{8}$$

Dimana k_f merupakan konduktifitas thermal air, *Nusselt number* untuk aliran turbulen dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut [3]:

$$Nu_D = 4.36 (Re \leq 2300) \tag{9}$$

$$Nu_D = 0.0243 Re^{4/5} Pr^{0.4} (Re > 2300) \tag{10}$$

Dimana bilangan *Reynold* untuk persamaan di atas dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Re_D = \frac{4 \dot{m}}{\pi \mu D} \tag{11}$$

4) Analisa Perpindahan pada Absorber

a. Konveksi

Diantara pelat *absorber* dan udara di dalam kolektor terjadi perpindahan panas secara konveksi. Koefisien perpindahan panas ditentukan menggunakan persamaan berikut [3]:

$$h_{Abs-c} = Nu_{L_{Abs-c}} \frac{k_o}{L_{Abs-c}} \tag{12}$$

L_{Abs-c} merupakan jarak antara pelat absorber ke kaca penutup bagian bawah. Persamaan *Nusselt number* untuk konveksi antara dua bidang, dengan mempertimbangkan sudut kemiringan kolektor, ditentukan menggunakan persamaan berikut [4]:

$$Nu = 1 + 1,44 \left[1 - \frac{1708(\sin 1.8 \beta)^{1/4}}{Re \cos \beta} \right] \left[1 - \frac{1708}{Re \cos \beta} \right]^+ + \left[\left(\frac{Re \cos \beta}{5830} \right)^{1/4} - 1 \right]^+ \quad (13)$$

β merupakan sudut kemiringan kolektor. Pangkat positif pada persamaan di atas hanya menunjukkan harga positif yang diperhitungkan, bila berharga negatif maka dianggap nol.

b. Radiasi

Koefisien perpindahan panas radiasi yang terjadi antara pelat absorber dengan kaca penutup dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut [3]:

$$h_{r_{Abs-c}} = \frac{\sigma (T_{Abs}^2 + T_c^2) (F_{Abs} + F_c)}{\frac{1-\epsilon_{Abs}}{\epsilon_{Abs}} + \frac{1}{F_{Abs-c}} + \frac{1-\epsilon_c}{\epsilon_c}} \quad (14)$$

Dimana ϵ_{Abs} merupakan emisivitas pelat absorber dan F_{Abs-c} merupakan factor bentuk atau factor sudut pandang yaitu perbandingan antara radiasi absorber yang mengenai kaca penutup sebesar $1-F_{Abs-b}$. Sedangkan koefisien perpindahan panas radiasi yang terjadi antara pelat absorber dengan basedapat dihitung berdasarkan persamaan berikut [3]:

$$h_{r_{Abs-b}} = \frac{\sigma (T_b^2 + T_{Abs}^2) (F_b + F_{Abs})}{\frac{1-\epsilon_{Abs}}{\epsilon_{Abs}} + \frac{1}{F_{Abs-b}} + \frac{1-\epsilon_b}{\epsilon_b}} \quad (15)$$

F_{Abs-b} merupakan factor bentuk atau faktor sudut pandang yaitu perbandingan antara radiasi absorber yang mengenai base, ditentukan menggunakan persamaan berikut[3]:

$$F_{Abs-b} = \left[1 - \left(\frac{D}{W} \right)^2 \right]^{1/2} + \left(\frac{D}{W} \right) \tan^{-1} \left[\frac{W^2 - D^2}{D^2} \right]^{1/2} \quad (16)$$

Dimana W merupakan jarak antar pipa.

D. Overall Surface Efficiency

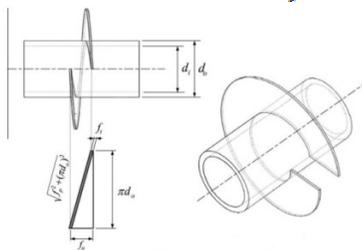
Overall surface efficiency merupakan rasio perpindahan panas pada luasan efektif dengan perpindahan panas pada luasan total, ditentukan menggunakan persamaan berikut[5]:

$$\eta_{10} = 1 - \frac{A_f}{A_o} (1 - \eta_{1f}) \quad (17)$$

Luas permukaan total fin (A_o), merupakan penjumlahan dari luas permukaan fin (A_f) dan luas permukaan dasar tanpa fin (A_b) pada fins berbentuk helical seperti pada gambar 3, persamaannya dapat dihitung sebagai berikut:

$$A_f = N_f \left(\frac{L_f}{f_p} \right) \left[0,5\pi D_f^2 - 0,5\pi D_o^2 + \pi D_f f_f \right] \quad (18)$$

$$A_b = \left[\pi D_o L_c - \left(\sqrt{f_p^2 + (\pi D_o)^2} \right) f_f \left(\frac{L_f}{f_p} \right) \right] \quad (19)$$



Gambar 3 Helical Fins [5]

E. Analisa Panas yang Berguna

Energi radiasi yang diserap oleh pelat absorber dipindahkan ke fluida kerja, kemudian digunakan untuk memanaskan fluida yang dikenal sebagai energi bermanfaat atau useful energy (Q_u), besarnya energi berguna yang diperoleh akan dihitung berdasarkan persamaan berikut[4]:

$$Q_{u,Solar.Kolektor} = A_c \cdot F_R [S - U_L (T_{fi} - T_a)] \quad (20)$$

$$Q_{u,Water.Heater} = \dot{m} C_p (T_{fo} - T_{fi}) \quad (21)$$

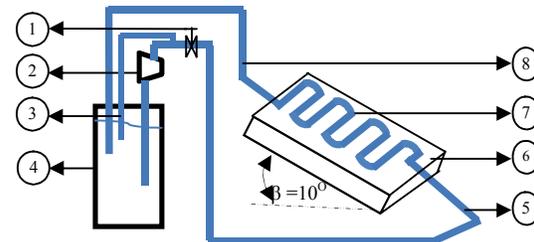
Dimana F_R merupakan faktor pelepasan panas, luasan kolektor (A_c), koefisien perpindahan panas total (U_L), radiasi matahari per satuan luas yang diserap pelat absorber (S),temperatur lingkungan (T_a), temperatur fluida masuk (T_{fi}), temperatur fluida keluar (T_{fo}), laju aliran massa fluida (\dot{m}), panas jenis fluida (C_p).

Efisiensi kolektor surya pemanas air dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{Q_{u,Solar.Kolektor}}{A_c I_T} \quad (22)$$

III. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian kolektor surya pemanas air ini dilakukan di laboratorium perpindahan panas yang terletak di kampus teknik mesin ITS Surabaya yang berada pada koordinat 7.3° LS-112.717° BT. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan debit aliran air dan jenis kaca penutup terhadap intensitas radiasi matahari serta penambahan fin berbentuk helical pada pipa, sehingga diharapkan dengan model eksperimental yang dibuat dapat menghasilkan kolektor surya yang dapat menyerap energi surya dengan efektif. Debit aliran air yang divariasikan sebesar 75 liter/jam, 150 liter/jam, 225 liter/jam dan 300 liter/jam. Sedang akan kaca penutup yang digunakan berwarna bening dan hitam dengan nilai transmisivitas untuk kaca bening sebesar 0,79 dan kaca hitam sebesar 0,63. Setiap pengujian dilakukan dengan sudut kemiringan kolektor yang sama yaitu $\beta = 10^0$. Adapun instalasi dari kolektor surya pemanas air adalah sebagai berikut:



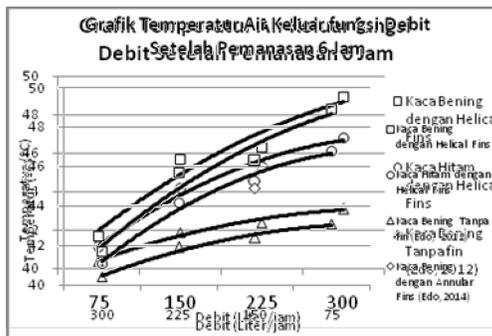
Gambar 4. Instalasi kolektor surya pemanas air

Keterangan:

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1. Valve | 5. Inlet |
| 2. Pompa | 6. Kolektor |
| 3. By Pass | 7. Pipa Jenis Serpentine |
| 4. Penampung Air | 8. Outlet |

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dampak Penambahan Helical Fins Terhadap Temperatur Keluar Kolektor

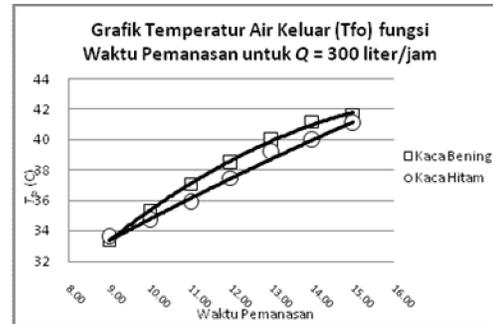


Gambar 5. Grafik dampak penambahan helical fins terhadap temperatur air keluar

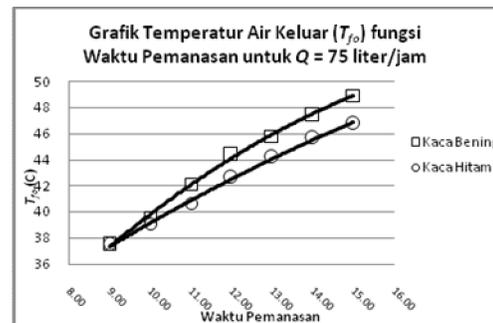
Berdasarkan grafik gambar di atas, dapat dilihat bahwa debit aliran air berbanding terbalik dengan temperatur air keluar pada kolektor, semakin kecil debit aliran air maka akan semakin besar temperatur air keluar kolektor. Kolektor surya dengan *fin* dan tanpa *fin* mempunyai trend yang relatif sama, namun temperatur air keluar tertinggi terjadi pada kolektor surya dengan penambahan *helical fins* dan penggunaan kaca bening. Temperatur air keluar tertinggi pada kolektor dengan penambahan *helical fins* dan penggunaan kaca bening terjadi ketika debit aliran air 75 liter/jam yaitu sebesar 49.0 °C dan terendah terjadi ketika debit aliran air 300 liter/jam yaitu sebesar 41.7°C. Sedangkan temperatur air keluar untuk penggunaan kaca hitam sedikit lebih rendah, temperatur tertinggi terjadi ketika debit aliran air 75 liter/jam sebesar 46.8 °C dan terendah terjadi ketika debit aliran air 300 liter/jam sebesar 40,9°C.

Kolektor surya dengan penambahan *fins* lebih banyak menyerap panas yang diterima, dibandingkan kolektor surya tanpa *fins*. Hal ini dikarenakan luas penyerapan panas pada pipa dengan penambahan *fins* lebih besar dibandingkan pipa tanpa *fin*. Sehingga semakin besar area penyerapan panas maka laju perpindahan panas yang diterima oleh air semakin tinggi. Dari grafik gambar 5, terdapat suatu fenomena menarik khususnya pada kolektor dengan penambahan *fins* untuk penggunaan kaca bening dan hitam. Temperatur air keluar kolektor setelah pemanasan 6 jam untuk kolektor dengan penggunaan kaca bening lebih tinggi dibandingkan kaca hitam. Hal ini terjadi karena ada perbedaan nilai transmisivitas pada jenis kaca bening dan hitam. Nilai transmisivitas berbanding lurus dengan panas yang diserap oleh pelat *absorber*, semakin tinggi nilai transmisivitas maka akan semakin tinggi pula panas yang dapat diserap pelat *absorber*. Transmisivitas kaca hitam lebih rendah dibandingkan kaca bening. Kaca dengan transmisivitas lebih rendah menyebabkan intensitas radiasi matahari yang ditransmisikan ke *absorber* membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai permukaan *absorber* tersebut, sehingga dapat mengurangi intensitas yang ditransmisikan ke air. Dari analisa tersebut dapat disimpulkan bahwa kolektor surya pemanas air dengan *helical fins* pada penggunaan kaca bening memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan yang lainnya.

B. Analisa Temperatur Keluar Kolektor Terhadap Waktu Pemanasan



(a)



(b)

Gambar 6. Grafik temperatur air keluar fungsi waktu pemanasan (a) Q=300 liter/jam dan (b) Q= 75 liter/jam

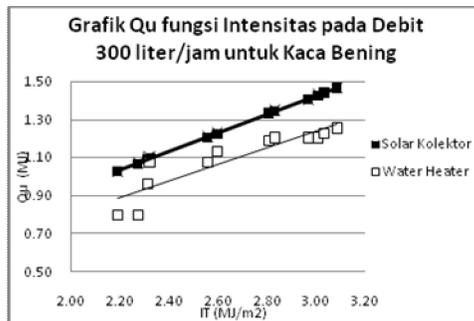
Berdasarkan grafik gambar 6 di atas, dapat dilihat bahwa temperatur air keluar kolektor semakin meningkat seiring lamanya waktu pemanasan. Semakin kecil debit aliran air, maka akan semakin besar temperatur air keluar pada kolektor. Temperatur air keluar kolektor (T_{fo}) pada penggunaan kaca bening lebih tinggi dibandingkan kaca hitam. Temperatur air keluar tertinggi untuk debit aliran air 75 liter/jam sebesar 49°C, sedangkan pada debit aliran air 300 liter/jam sebesar 41.7°C.

Peningkatan temperatur air keluar kolektor (T_{fo}) berbanding lurus dengan meningkatnya waktu penelitian. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu penelitian maka semakin banyak panas yang dapat diserap pelat *absorber*, sehingga panas yang didistribusikan ke air semakin besar. Gambar 6 diatas juga menunjukkan bahwa panas besar kalor yang digunakan untuk menaikkan temperatur air pada kolektor dengan kaca penutup bening lebih besar dari pada kolektor dengan kaca penutup hitam. Hal ini terjadi karena ada perbedaan temperatur permukaan *absorber* pada kolektor dengan penggunaan kaca hitam dan bening. Temperatur permukaan untuk kolektor dengan penggunaan kaca hitam sebesar 80,3°C sedangkan penggunaan kaca bening mencapai 91,3 °C.

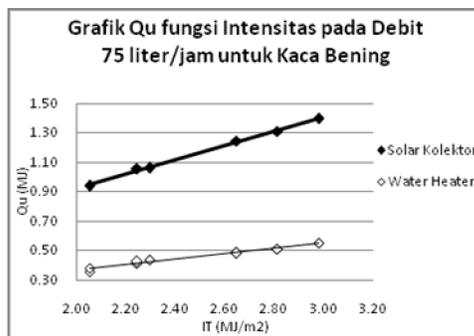
C. Analisa Energi Berguna Terhadap Intensitas Radiasi Matahari

Berdasarkan grafik gambar 7 di bawah ini, dapat dilihat bahwa intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan energi berguna, semakin tinggi intensitas radiasi matahari maka akan semakin besar energi berguna yang dihasilkan. Energi berguna solar kolektor selalu lebih besar dibandingkan energi berguna *water heater*. Energi berguna

solar kolektor terbesar didapat pada kolektor dengan kaca bening sebesar 1,47 MJ, terjadi ketika debit aliran air 300 liter/jam pada intensitas 3,03 MJ/m². Sedangkan energi berguna *water heater* terbesar didapat pada kolektor dengan kaca bening sebesar 1,25 MJ, terjadi ketika debit aliran air 300 liter/jam pada intensitas 3,03 MJ/m².



(a)

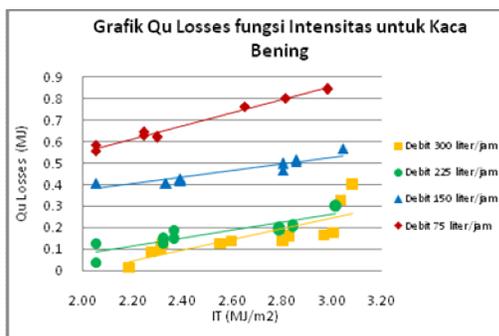


(b)

Gambar 7. Grafik energi berguna fungsi intensitas radiasi matahari (a) $Q=300$ liter/jam dan (b) $Q=75$ liter/jam

Terdapat selisih antara nilai $Q_{u,Solar.Kolektor}$ dan $Q_{u,Water.Heater}$ yang semakin meningkat seiring bertambahnya intensitas radiasi matahari. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar temperatur permukaan sistem maka akan semakin besar kerugian kalor yang terjadi. Kerugian kalor (*losses*) juga dipengaruhi oleh debit aliran air, debit aliran air berbanding terbalik dengan kerugian kalor (*losses*). Dari analisa ini dapat disimpulkan bahwa debit aliran air 300 liter/jam merupakan laju aliran air yang paling baik untuk meningkatkan energi berguna solar kolektor dan mengurangi *losses*.

D. Analisa Energi Losses Terhadap Intensitas Radiasi Matahari

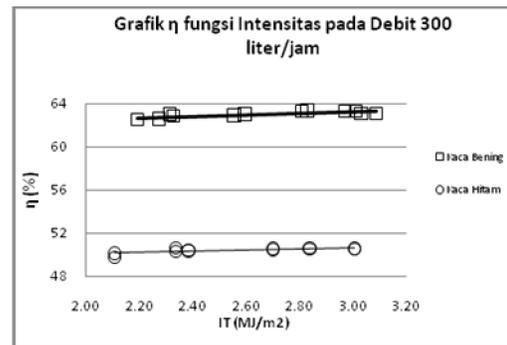


Gambar 8. Grafik kerugian kalor fungsi intensitas untuk kaca bening

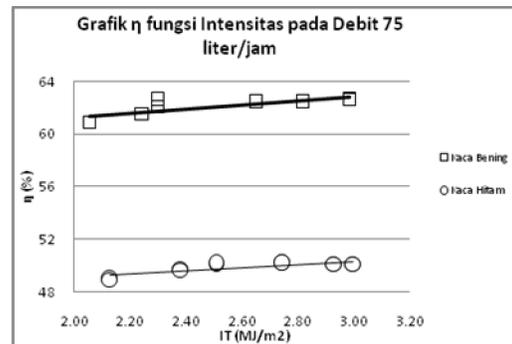
Berdasarkan gambar 8 grafik diatas, dapat dilihat bahwa kerugian kalor semakin tinggi seiring dengan bertambahnya radiasi matahari dimana kerugian kalor tertinggi terjadi ketika debit aliran air 75 liter/jam sebesar 0,82 MJ, 150 liter/jam sebesar 0,52 MJ, 225 liter/jam sebesar 0,33 MJ, dan terkecil 300 liter/jam sebesar 0,3 MJ.

Kerugian kalor akan meningkat seiring bertambahnya intensitas radiasi matahari. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari maka akan semakin tinggi pula temperatur pelat *absorber*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar temperatur permukaan sistem maka akan semakin besar kerugian kalor yang terjadi. Kerugian kalor (*losses*) juga dipengaruhi oleh debit aliran air, debit aliran air berbanding terbalik dengan kerugian kalor (*losses*).

E. Analisa Efisiensi Solar Kolektor terhadap Intensitas Radiasi Matahari



(a)



(b)

Gambar 9. Grafik efisiensi solar kolektor fungsi intensitas radiasi matahari a. $Q=300$ liter/jam, b. $Q=75$ liter/jam

Berdasarkan grafik gambar 9 di atas, menunjukkan bahwa semakin besar laju aliran air maka akan semakin besar efisiensi solar kolektor. Fakta ini berlaku untuk kolektor dengan penggunaan kaca bening maupun kaca hitam. Sebagai satu analisa data pada kolektor dengan penggunaan kaca bening. Efisiensi rerata terendah saat laju aliran air 75 liter/jam sebesar 62,08% dan tertinggi pada laju aliran air 300 liter/jam sebesar 63,06%. Fenomena yang sama juga terjadi pada kolektor dengan penggunaan kaca hitam.

Pada kolektor yang menggunakan kaca bening memiliki efisiensi rerata yang lebih tinggi dibandingkan kolektor dengan penggunaan kaca hitam. Hal ini disebabkan karena penggunaan kaca bening mampu meningkatkan intensitas radiasi matahari masuk ke kolektor sehingga fluks kalor yang diserap *absorber* akan meningkat dan kalor yang

ditransfer secara konduksi dari pelat *absorber* ke pipa-pipa kolektor akan lebih besar.

V. KESIMPULAN DAN RINGKASAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kolektor surya pemanas air dengan *helical fins* pada penggunaan kaca bening memiliki efisiensi yang lebih baik dibandingkan tanpa *fin* maupun *annular fins*. Efisiensi rerata tertinggi terjadi pada debit aliran air 300 liter/jam sebesar 63,06% pada kolektor dengan penggunaan kaca bening.
2. Semakin kecil debit aliran air yang mengalir didalam pipa, maka *losses* energi berguna yang dihasilkan akan semakin besar. *Losses* energi berguna terbesar terjadi ketika debit aliran air 75 liter/jam sebesar 0,84 MJ
3. Kolektor surya untuk penggunaan kaca hitam memiliki efisiensi rerata yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan kolektor surya untuk penggunaan kaca bening. Efisiensi rerata tertinggi pada kolektor dengan kaca bening sebesar 63,06% sedangkan kolektor dengan kaca hitam sebesar 50,45% yang terjadi pada debit aliran air 300 liter/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wirapraja, Edo. 2012. "Analisa Kinerja Pemanas Air Menggunakan Kolektor Surya Pelat Datar dengan Satu Kaca Penutup". Tugas Akhir. Surabaya. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Philip, Kristanto, & San, Yoe Kiem. Oktober 2001. "Pengaruh Tebal Pelat dan Jarak Antara Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Pelat Datar". Jurnal Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra. Volume 3 No.2.
- [3] Incropera, Frank P & Dewitt, David P. 1996. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Sixth Edition. John Wiley and Sons inc, New York.
- [4] J.A, Duffie & W.A, Beckman. 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes*. Second Edition. John Willey and Sons inc. New York.
- [5] Pongso, P., Promoppatu, P., Pikulkajorn, S. & Wongsises, S. 2013. "Effect of fin pitches on the air side performance of L-footed spiral fin-and-tube heat exchangers". Bangkok, Thailand. *International Journal of Heat and Mass Transfer. University of Technology Thonburi*.
- [6] Pongso, P., Pikulkajorn, S. & Wongsises, S. 2012. "Effect of fin pitches on the optimum heat transfer performance of crimped spiral fin-and-tube heat exchangers". Bangkok, Thailand. *International Journal of Heat and Mass Transfer. University of Technology Thonburi*.