

Pengaruh Jarak Celah *Absorber* Ganda kolektor Surya Pelat Datar Terhadap Efektifitas Pemanasan Air

Rudi Harwanto¹⁾, Gatut Rubiono²⁾.

¹⁾Alumni Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi. Email: rudiharwanto19@gmail.com

²⁾Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi.

Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi 68416

Abstrak - Kolektor surya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air. Penelitian-penelitian dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja pemanasan air ini. Hal ini dilakukan dengan perubahan di komponen kaca penutup, *absorber*, penambahan konsentrator panas, konfigurasi pipa pemanas dan pengaturan aliran fluida. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh jarak celah *absorber* ganda kolektor surya pelat datar terhadap unjuk kerja pemanasan air. Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menambahkan *absorber* ganda dengan jarak celah yang divariasikan sebesar 10; 12,5; 15 dan 17,5 cm. Laju aliran massa air divariasikan sebesar 1, 2, 3 dan 4 liter/menit. Pengambilan data dilakukan untuk suhu air masuk (T_{a1}), suhu air keluar (T_{a2}), suhu ruang kolektor (T_{k1} dan T_{k2}). Pengukuran suhu menggunakan termokopel jenis K, sedangkan radiasi matahari diukur dengan solarimeter. Pengukuran dilakukan untuk rentang waktu pukul 09.00-15.00 WIB dengan interval 15 menit. Data hasil percobaan diolah untuk mendapatkan efisiensi kolektor. Hasil pengolahan data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisa berdasarkan referensi yang sesuai. Dari hasil pengolahan dan analisa data maka jarak celah berpengaruh terhadap efisiensi kolektor, pengaruhnya adalah semakin besar jarak celah maka efisiensi kolektor akan meningkat. Jarak celah *absorber* ganda kolektor surya pelat datar berpengaruh terhadap proses pemanasan air. Pengaruhnya adalah semakin besar jarak celah *absorber* maka suhu air didalam pipa pemanas akan semakin meningkat. Debit aliran air berpengaruh terhadap proses pemanasan air. Pengaruhnya adalah semakin besar debit aliran air maka suhu air akan menurun. Beda suhu air maksimum terjadi pada variasi jarak celah 16 cm dengan debit aliran 1 liter/menit yaitu sebesar 2,60°C. Beda suhu air minimum terjadi pada variasi jarak celah 10 cm dengan debit aliran 4 liter/menit yaitu sebesar 0,60°C.

Kata kunci: kolektor surya pelat datar, jarak celah, *absorber* ganda, pemanasan air

Abstract - Solar collectors can be used to heat water. The studies carried out to improve the performance of this water heating. This is done with the change in the cover glass components, *absorber*, heat concentrators addition, the configuration of the heating pipe and fluid flow arrangement. This study aims to gain influence within the double slit *absorber* flat plate solar collector on the performance of heating water. The study was conducted experimentally by adding a double *absorber* with a gap distance is varied by 10; 12.5; 15 and 17.5 cm. Water mass flow rate is varied by 1, 2, 3 and 4 liters / minute. Data were collected for water inlet temperature (T_{a1}), the temperature of the water out (T_{a2}), the temperature of the collector chamber (T_{k1} and T_{k2}). Temperature measurement using a thermocouple types K, whereas solar radiation measured by solarimeters. Measures were taken to a span of at 09.00-15.00 pm with a 15 minute interval. Experimental data is processed to obtain the efficiency of the collector. Data processing results displayed in tables and charts, and analyzed based on the appropriate reference. From the results of data processing and analysis, the distance gap affect the efficiency of the collector, the effect is greater the distance gap then the efficiency of the collector will double slit *absorber* flat plate solar collector water affect the heating process. The effect is greater the distance gap *absorber*, the water temperature in the heating pipe will increase. Water flow rates affect the water heating process. The effect is greater the flow of water, the water temperature will decrease. The maximum water temperature difference occurs at 16 cm distance variation gap with a flow rate of 1 liter/minute is equal to 2.60°C. The minimum water temperature difference occurs at 10 cm distance variation gap with the flow 4 liters/minute is equal to 0.60°C.

Keywords: flat plate solar collector, the distance gap, double *absorber*, water heating.

I. PENDAHULUAN

Panas matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi untuk selalu dikembangkan. Energi ini bersifat tidak polutif, kontinu dan tidak dapat habis. Kebutuhan manusia akan energi yang semakin meningkat dapat dipenuhi dengan jenis energi ini. Negara-negara yang terletak di garis katulistiwa, termasuk Indonesia, dapat memanfaatkan energi ini karena di wilayah-wilayah katulistiwa, matahari bersinar sepanjang tahun.

Potensi energi matahari (energi surya) di Indonesia relatif sangat besar. Sinar matahari yang memasuki atmosfer memiliki kerapatan daya rata-rata sebesar $1,2 \text{ kW/m}^2$. Jumlah energi yang diserap bumi hanya sebesar 560 W/m^2 . Berdasarkan data ini maka energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas ± 2 juta km^2 adalah sebesar 5.108 MW .

Pemanfaatan energi surya secara langsung umumnya menggunakan pengumpul-pengumpul panas yang disebut dengan kolektor surya [1]. Komponen utama kolektor surya adalah *cover* yang berfungsi sebagai penutup kolektor yang transparan, *absorber* untuk menyerap energi dan mengkonversikan energi matahari menjadi energi thermal, isolasi untuk menahan panas dalam kolektor dan saluran atau kanal untuk mengalirkan fluida yang membawa energi matahari.

Salah satu pemanfaatan kolektor surya adalah proses pemanasan air. Kolektor surya tipe pelat datar akan menyerap energi dari radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi panas yang berguna untuk memanaskan air dalam pipa-pipa kolektor, sehingga suhu air akan meningkat dan terjadi konveksi alami berdasarkan efek *thermosipon* karena adanya perbedaan massa jenis fluida [2].

Kolektor surya memiliki beberapa jenis berdasarkan bentuk kolektornya. Kolektor pelat datar merupakan jenis yang umum dan banyak diteliti. Selain itu terdapat jenis kolektor surya jenis palung silindris dan jenis kolektor tubular. Penelitian telah dilakukan untuk variasi penutup kolektor ([2], [3], [4]), variasi *absorber* ([1], [5],[6]), penambahan konsentrator panas ([6], [7]) dan konfigurasi pipa pemanas dan pengaturan aliran fluida ([5], [8], [9]).

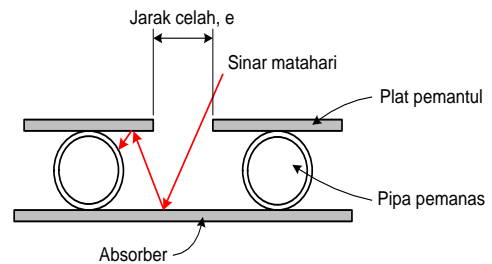
Upaya-upaya pengembangan kolektor surya bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja kolektor. Panas matahari yang dikonversikan dalam bentuk energi thermal dilakukan dengan menahan panas selama mungkin. Penelitian ini akan dilakukan dengan menambahkan *absorber* dengan jarak celah agar sinar matahari tetap dapat masuk ke *absorber* bawah. *Absorber* dengan jarak celah diharapkan dapat menahan pantulan sinar matahari yang akan mengenai pipa-pipa pemanas sehingga unjuk kerja kolektor dapat meningkat.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu yaitu:

- Bahan *absorber* dipilih aluminium dengan tebal $1,2 \text{ mm}$ berdasarkan penelitian referensi [1].
- Posisi pipa-pipa air di atas *absorber* berdasarkan penelitian referensi [1] dan [7].
- Penentuan jumlah pipa pemanas optimum sebesar $6-8$ pipa untuk luas kolektor $1,973 \text{ m}^2$ berdasarkan penelitian referensi [8].
- Penambahan elemen reflektor atau konsentrator berdasarkan penelitian referensi [6] dan [7].

Konsep penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Konsep Penelitian

Pelat pemantul akan berfungsi sebagai *absorber* dan bidang pantulan sinar matahari yang memasuki kolektor. Aplikasi pelat ganda diharapkan dapat menahan panas matahari lebih lama. Selain itu tambahan *absorber* ini akan menggantikan bagian *absorber* bawah yang tidak terkena sinar matahari sehingga jumlah panas yang diterima relatif tidak berubah. Hal ini akan menambah besar perpindahan panas ke pipa pemanas sehingga dapat meningkatkan unjuk kerja pemanas air kolektor surya pelat datar.

Variabel Penelitian

- Variabel bebas meliputi:
 - Jarak celah (e): 10 ; 12 ; 14 dan 16 cm .
 - Laju aliran massa air: 1 , 2 , 3 dan 4 liter/menit
- Variabel terikat yaitu suhu air masuk (T_{a1}), suhu air keluar (T_{a2}), dan suhu ruang kolektor (T_{k1} dan T_{k2}). Pengukuran dilakukan untuk rentang waktu pukul $09.00-15.00$ dengan interval 15 menit .

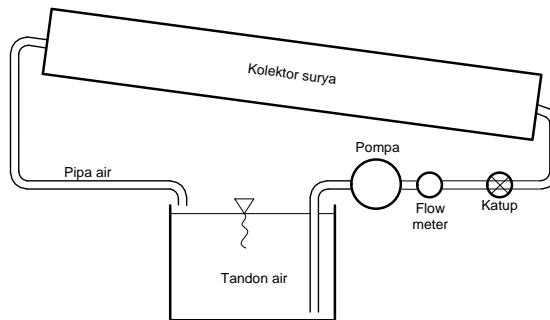
Alat

- Pompa air untuk sirkulasi air.
- Katup ukuran $0,5 \text{ inchi}$ untuk pengaturan laju aliran.
- Flowmeter* untuk mencatat volume air yang dialirkan.
- Stopwatch* untuk mengukur waktu aliran.
- Termokopel tipe K untuk pengukuran suhu.

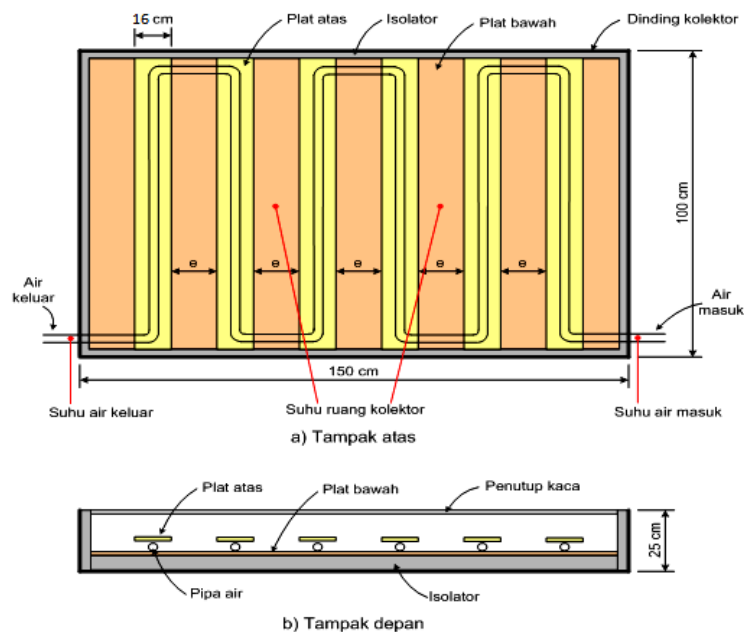
Bahan

- Kaca tebal 5 mm untuk penutup kolektor.
- Papan kayu tebal 2 cm untuk dinding kolektor.
- Pelat aluminium tebal $1,2 \text{ mm}$ untuk *absorber*.

- d. Pipa aquarium dan sambungannya dengan diameter 0,5 inci untuk mengalirkan air.
- e. Tandon untuk menampung air yang disirkulasikan.
- f. *Styrofoam* tebal 2 cm untuk isolator.
- g. Fluida yang digunakan adalah air.
- h. Cat hitam untuk pengecatan bahan *absorber*.
- i. Besi siku 3 cm x 3 cm x 3 mm untuk rangka dan dudukan alat.
- j. Bahan-bahan pelengkap seperti lem, paku dan lain-lain.



Gambar 2. Skema Peralatan Penelitian



Gambar 3. Skema Kolektor

Langkah Pengambilan Data

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Pengaturan jarak celah.
3. Pompa dihidupkan.
4. Pengaturan laju aliran air.
5. Pencatatan data suhu air masuk (T_{a1}), suhu air keluar (T_{a2}), suhu ruang kolektor (T_{k1} dan T_{k2}).
6. Mengulangi percobaan untuk variasi laju aliran air dan variasi jarak celah yang lain.

Teknik Pengambilan Data

1. Laju aliran diatur dengan bukaan katup menggunakan *flowmeter* dan *stopwatch* untuk mendapatkan nilai debit aliran air.
2. Pengukuran data suhu menggunakan termokopel jenis K.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Nilai Radiasi Matahari

Contoh perhitungan nilai radiasi matahari untuk pengambilan data dengan variasi celah absorber 16 cm dengan laju aliran 1 liter/menit:

$$I_n = \sigma T^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N})$$

Dimana:

σ = konstanta Steven Boltzman

$$= (1,17 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2 \text{K}^4)$$

T = temperatur ($^{\circ}\text{K}$)

e_d = tekanan uap air di atas permukaan bumi (mm Hg)

n = durasi penyinaran matahari harian (%)

N = durasi penyinaran matahari maksimal yang mungkin terjadi (%)

Sehingga:

$$Ln = \sigma T^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{e_d}) (0,1 + 0,9 \frac{n}{N})$$

$$Ln = 1,17 \times 10^{-7} 297,9^4 (0,56 - 0,092 \sqrt{0,076}) (0,1 + 0,9 \frac{6}{8})$$

$$Ln = 381,79 \text{ W/m}^2$$

Perhitungan Efisiensi Kolektor

a. Menghitung nilai kalor :

$$Q = \dot{m} \times c_p \times \Delta t$$

Dimana:

\dot{m} = laju aliran massa zat (kg/s)

c_p = kapasitas panas air pada temperatur konstan

Δt = beda suhu (°C)

b. Efisiensi kolektor dihitung dengan persamaan :

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T}$$

Dimana:

I_T = intensitas radiasi matahari (W/m²)

Sehingga:

$$Q_u = 0,02 \times 4180 \times 1,60 = 111,47 \text{ Watt}$$

Sehingga efisiensi:

$$\eta = \frac{111,47}{1,5 \times 410,51} = 18,10\%$$

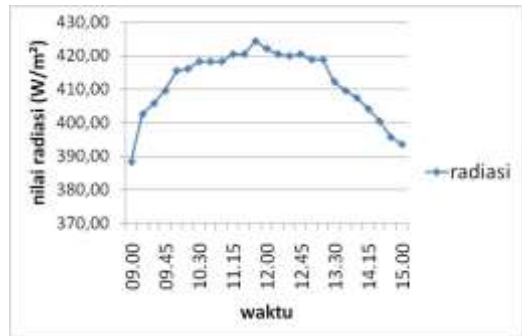
Grafik Hasil Perhitungan



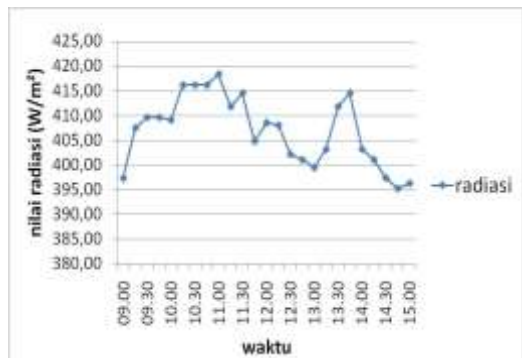
Gambar 4. Grafik radiasi matahari persatuan waktu hari 1

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai radiasi matahari cenderung naik mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 11.45 WIB dan cenderung turun pada pukul 11.45 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Kenaikan puncak terjadi pada pukul 13.15 WIB dengan nilai radiasi matahari sebesar 437,97 W/m². Selanjutnya perubahan nilai radiasi matahari ini cenderung tidak stabil, hal ini dipengaruhi oleh perubahan cuaca.

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai radiasi matahari cenderung naik mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 11.45 WIB dan cenderung turun pada pukul 11.45 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Kenaikan puncak terjadi pada pukul 11.45 WIB dengan nilai radiasi matahari sebesar 424,49 W/m². Kenaikan dan penurunan nilai radiasi matahari pada hari kedua ini cenderung stabil.



Gambar 5. Grafik radiasi matahari persatuan waktu hari 2



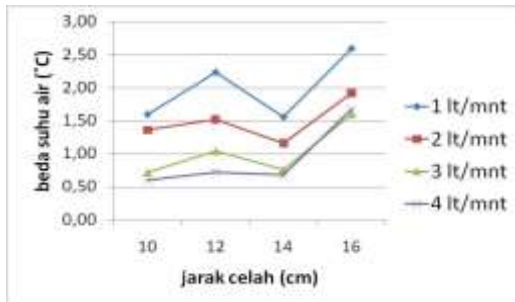
Gambar 6. Grafik radiasi matahari persatuan waktu hari 3

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai radiasi matahari cenderung naik mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 11.00 WIB dan cenderung turun pada pukul 11.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Kenaikan puncak terjadi pada pukul 11.00 WIB dengan nilai radiasi matahari sebesar 418,41 W/m², selanjutnya perubahan nilai radiasi matahari ini cenderung tidak stabil.



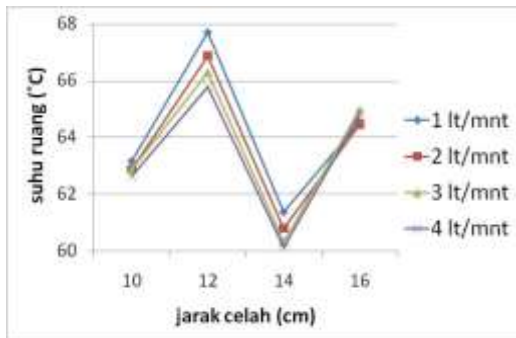
Gambar 7. Grafik radiasi matahari persatuan waktu hari 4

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai radiasi matahari cenderung naik mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 11.00 WIB dan cenderung turun pada pukul 11.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Kenaikan puncak terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan nilai radiasi matahari sebesar 420,62 W/m², selanjutnya perubahan nilai radiasi matahari ini cenderung tidak stabil.



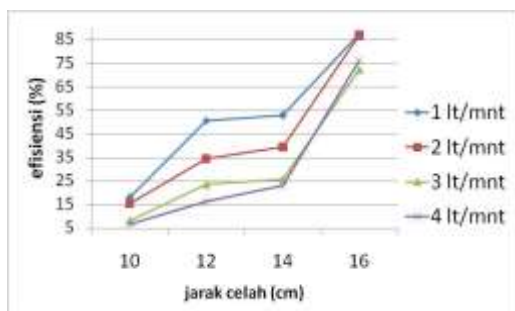
Gambar 8. Grafik beda suhu air

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar jarak celah *absorber* maka beda suhu air akan semakin besar pula. Selain itu semakin besar debit aliran air maka beda suhu air semakin turun. Beda suhu air maksimum terjadi pada variasi jarak celah *absorber* 16 cm dengan debit aliran 1 liter/menit yaitu sebesar 2,60°C. Beda suhu air minimum terjadi pada variasi jarak celah *absorber* 10 cm dengan debit aliran 4 liter/menit yaitu sebesar 0,60°C.



Gambar 9. Grafik bedasuhu ruang

Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin besar jarak celah *absorber* maka suhu ruang kolektor akan semakin besar pula. Selain itu semakin besar debit aliran air maka suhu ruang kolektor semakin turun. Suhu ruang kolektor maksimum terjadi pada variasi jarak celah *absorber* 12 cm dengan debit aliran 1 liter/menit yaitu sebesar 67,72°C. Suhu ruang kolektor minimum terjadi pada variasi jarak celah *absorber* 14 cm dengan debit aliran 4 liter/menit yaitu sebesar 60,14°C.



Gambar 10. Grafik efisiensi kolektor

Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin besar jarak celah *absorber* maka efisiensi kolektor akan semakin besar pula. Selain itu semakin besar debit aliran air maka efisiensi kolektor semakin turun. Efisiensi kolektor maksimum terjadi pada variasi jarak celah *absorber* 16 cm dengan debit aliran 1 liter/menit yaitu sebesar 87,46 %. Efisiensi kolektor minimum terjadi pada variasi jarak celah *absorber* 10 cm dengan debit aliran 4 liter/menit yaitu sebesar 6,79 %.

Pembahasan Radiasi Matahari

Nilai radiasi matahari cenderung naik mulai pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 11.45 WIB dan cenderung turun pada pukul 11.45 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB. Kenaikan puncak terjadi pada pukul 11.45 WIB. Hal ini berarti hasil pengukuran sudah sesuai dengan kejadian di alam dimana sinar matahari semakin siang akan semakin panas dan semakin sore akan cenderung turun.

Hasil pengukuran radiasi matahari yang tidak stabil disebabkan karena pada saat pengujian terjadi perubahan cuaca. Perubahan cuaca dalam hal ini adalah adanya awan atau mendung. Awan atau mendung ini akan menghalangi sinar matahari yang masuk ke kolektor. Sehingga akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran.

Beda Suhu Air

Semakin besar jarak celah *absorber* maka beda suhu air akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena sinar matahari yang masuk ke arah pipa air di dalam kolektor semakin banyak. Dengan demikian maka suhu udara disekitar pipa pemanas akan semakin meningkat. Hal ini akan menyebabkan suhu air di dalam pipa akan meningkat. Selain itu semakin besar debit aliran air maka beda suhu air semakin turun. Hal ini disebabkan karena debit aliran air yang besar memerlukan waktu yang singkat untuk mengalir di dalam pipa pemanas. Waktu yang singkat ini akan menyebabkan proses pemanasan air kurang maksimal. Hal ini akan menyebabkan suhu air di dalam pipa pemanas akan menurun.

Suhu Ruang Kolektor

Semakin besar jarak celah *absorber* maka suhu ruang kolektor akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena sinar matahari yang masuk ke ruang kolektor semakin banyak. Dengan demikian maka suhu udara di dalam ruang kolektor akan semakin meningkat. Selain itu semakin besar debit aliran air maka suhu ruang kolektor semakin turun. Hal ini disebabkan karena perbedaan suhu air di dalam pipa pemanas terhadap suhu ruang kolektor. Dengan demikian maka suhu udara didalam ruang kolektor akan menurun.

Pembahasan Efisiensi Kolektor

Semakin besar jarak celah *absorber* maka efisiensi kolektor akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh semakin besar jarak celah *absorber* maka beda suhu air akan semakin besar. Selain itu semakin besar debit aliran air maka efisiensi kolektor semakin turun. Hal ini disebabkan oleh debit aliran yang besar maka laju aliran massa semakin besar pula. Selanjutnya kalor yang diterima oleh kolektor semakin besar sehingga efisiensi kolektor akan meningkat.

Pembahasan Umum

Dari hasil pengolahan dan analisa data jarak celah *absorber* ganda kolektor surya pelat datar berpengaruh terhadap proses pemanasan air. Semakin besar jarak celah *absorber* maka suhu air di dalam pipa pemanas akan semakin meningkat. Selain itu debit aliran air berpengaruh terhadap proses pemanasan air. Semakin besar debit aliran air maka suhu air akan menurun. Jarak celah *absorber* berpengaruh terhadap efisiensi kolektor, semakin besar jarak celah *absorber* maka efisiensi kolektor akan meningkat. Untuk mendapatkan hasil yang maksimum maka jarak celah *absorber* ganda kolektor surya pelat datar harus dirancang dengan jarak celah sebesar 16 cm dengan debit aliran air 1 liter/menit.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisa data maka dapat diambil kesimpulan :

1. Jarak celah *absorber* ganda kolektor surya pelat datar berpengaruh terhadap efisiensi kolektor, semakin besar jarak celah *absorber* maka efisiensi kolektor akan meningkat.
2. Jarak celah *absorber* ganda kolektor surya pelat datar berpengaruh terhadap proses pemanasan air, semakin besar jarak celah *absorber* maka suhu air didalam pipa pemanas akan semakin meningkat.
3. Debit aliran air berpengaruh terhadap proses pemanasan air, semakin besar debit aliran air maka suhu air akan menurun.
4. Beda suhu air maksimum terjadi pada variasi jarak celah 16 cm dengan debit aliran 1 liter/menit yaitu sebesar 2,60 °C.
5. Beda suhu air minimum terjadi pada variasi jarak celah 10 cm dengan debit aliran 4 liter/menit yaitu sebesar 0,60 °C.

V. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan cara:

1. Memvariasi bahan *absorber*.
2. Memvariasi pipa aliran air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Wirawan, R. Sutanto. 2011. Analisa Laju Perpindahan Panas pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar Dengan *Absorber* Pasir. Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram NTB.
- [2] D. Hayati, M. Ginting, W. Tambunan, 2014. Pembuatan Kolektor Pelat Datar Sebagai Pemanas Air Energi Surya Dengan Jumlah Penutup Satu Lapis dan Dua Lapis. Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Kampus Binawidya, Pekanbaru.
- [3] R. Oktova, S. Santoso, 2012. Pengaruh Cacah Kaca Penutup Terhadap Kenaikan Suhu Maksimum Air Tandon pada Kolektor Surya Pelat Datar. *Berkala Fisika Indonesia* 4(1&2): 33-42.
- [4] Ansar, Cahyawan, Sahfrani, 2012. Karakteristik Pengeringan *Chips* Mangga Menggunakan Kolektor Surya Kaca Ganda. *J. Teknol. dan Industri Pangan* 23(2): 153-157.
- [5] P. Kristanto, Y.K. San, 2001. Pengaruh Tebal Pelat dan Jarak Antar Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Pelat Datar. *Jurnal Teknik Mesin* 3(2): 47 – 51.
- [6] M. Sucipta, K. Astawa, K.K.A.A Dharmawan, 2011. Performansi Kolektor Surya Tubular Terkonsentrasi Dengan Pipa Penyerap Dibentuk Anulus Dengan Variasi Posisi Pipa Penyerap. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M5*(1): 98-103
- [7] B. Sudia, 2010. Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar Menggunakan Konsentrator Dua Cermin Datar, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Dinamika* 1(2): 85-91
- [8] M. Sumarsono, 2005. Optimasi Jumlah Pipa-Pemanas Terhadap Kinerja Kolektor Surya Pemanas Air. *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi* 1(1): 46-55
- [9] Sulaeman, D. Mapasid, 2013. Analisa Efisiensi Kolektor Surya Plat Datar Dengan Debit Aliran Fluida 3-10 Liter/Menit. *Jurnal Teknik Mesin* 3(1): 29-32