

Analisis Performansi Pemanas Air Kolektor Surya Terkonsentrasi Berbentuk Trapezoidal dengan Minyak Nabati Sebagai Media Penyimpan Panas

Ketut Astawa, I Gst.Ngurah Putu Tenaya, Eka Dharma Setiawan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana-Bukit Jimbaran Badung-Bali

awatsa@yahoo.com

Abstrak

Kolektor surya merupakan salah satu komponen dalam pembuatan pemanas air. Kolektor yang digunakan adalah kolektor cermin datar yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai limas segi empat terpancung dan terbalik (trapezoidal). Dalam penyusunan pemanas air ini, terdapat juga komponen penyerap panas (absorber) yang didalamnya tersusun atas pelat tembaga, pipa tembaga, kaca bening dan minyak nabati sebagai media penyimpan panasnya. Media penyimpan panas ini berfungsi menyimpan panas matahari pada saat intensitas matahari redup / rendah, sehingga pada kondisi tersebut performansi dari pemanas air ini dapat terjaga (temperatur air panas yang dihasilkan tidak turun drastis / stabil).

Uji performansi pemanas air ini menggunakan variasi laju aliran fluida (air yang dipanaskan) 0.0026 l/detik, 0.0032 l/detik dan 0.0044 l/detik. Pengujian ini juga membandingkan performansi antara pemanas air tanpa media penyimpan panas dan pemanas air dengan media penyimpan panas berupa minyak nabati.

Dari pengujian yang dilakukan, diperoleh efisiensi harian rata – rata terbesar 30,99 % pada pemanas air tanpa media penyimpan panas minyak nabati pada laju aliran 0,0026 liter / detik.

Kata kunci : Kolektor surya berbentuk trapezoidal, media penyimpan panas, minyak nabati, laju aliran volume, efisiensi

Pendahuluan

Energi alternatif merupakan hal yang hangat dibicarakan saat ini. Selain untuk menghemat sumber energi tidak dapat diperbaharui (BBM dan Gas alam) yang keberadaannya semakin langka, tujuan penggunaan energi alternatif juga untuk menjaga kelestarian lingkungan dan mengurangi bencana – bencana alam yang secara tidak langsung dilakukan oleh manusia akibat aktivitas pengerusakan alam itu.

Energi matahari adalah salah satu energi alternatif yang keberadaannya sangat banyak dan belum banyak dimanfaatkan oleh manusia. Penggunaan sinar matahari oleh masyarakat Indonesia hanya terbatas pada proses pengeringan saja. Banyak manfaat yang belum bisa dirasakan, termasuk salah satunya sebagai pemanas air yang sumber panasnya berasal dari alam dan jumlahnya tidak terbatas.

Matahari merupakan suatu bentuk energi lain yang dapat menunjang kebutuhan energi yang terus meningkat, sehingga dapat mengganti energi yang tidak dapat diperbaharui dengan energi bentuk lain yang dapat diperbaharui. Besar energi alternatif ini bisa mencapai 1353 w/m^2 di atmosfer bumi. Hal ini perlu dikembangkan melihat dari begitu besarnya energi matahari yang tersedia.

Beranjak dari hal di atas, maka penulis berkeinginan untuk memanfaatkan energi matahari

sebagai sumber energi pemanas air. Dalam penelitian terdahulu, (Dwi Saputra, 2010) pemanas air dibuat menggunakan kolektor surya yang berbentuk setengah tabung, dengan $\dot{v} = 0,002 \text{ l/s}$ dan $\dot{v} = 0,004 \text{ l/s}$ pada pukul 12.00 wita dimana saat waktu tersebut besar intensitas sama yaitu 1001 w/m^2 , efisiensi kolektor surya yang dihasilkan yaitu masing-masing 30,18% dan 27,44%. Saat ini, penulis mempunyai ide untuk menggunakan kolektor surya limas segi empat terpancung terbalik (*Trapezoidal*). Di dalam sisi limas akan diisi cermin datar yang ukurannya sudah ditentukan, hal ini dilakukan dengan harapan energi surya yang terkoleksi maksimal (tidak terhalang oleh pecahan – pecahan cemin) dan faktor angin dapat diminimalisir. Pada sisi absorbernya akan ditambahkan minyak nabati sebagai media penyimpan panas. Pemilihan minyak nabati sebagai media penyimpan panas dilatarbelakangi oleh kapasitas panas (C_p) yang lebih besar dari pasir yaitu sebesar $1,861 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$, sedangkan pasir $1,3 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$. Selain itu minyak nabati memiliki titik didih pada $175^\circ - 200^\circ \text{ C}$ sehingga pada nantinya minyak ini mampu memanaskan pipa absorber. Selain itu, aliran fluida juga akan divariasikan, sehingga pada nantinya minyak ini mampu memanaskan pipa absorber. Selain itu, aliran fluida juga akan divariasikan, sehingga pada nantinya kolektor surya ini diharapkan mampu memberikan efisiensi yang maksimal.

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Bila energi radiasi menimpa permukaan suatu bahan, maka sebagian energi radiasi tersebut akan dipantulkan (*refleksi*), sebagian akan diserap (*absorpsi*), dan sebagian lagi akan diteruskan (*transmisi*). Fraksi yang dipantulkan dinamakan reflektivitas (ρ), fraksi yang diserap dinamakan absorptivitas (α), dan fraksi yang diteruskan dinamakan transmisivitas (τ). Maka (Holman, 1997) $\rho + \alpha + \tau = 1$. Kebanyakan benda padat tidak meneruskan radiasi thermal dan transmisivitas dapat dianggap nol, sehingga (Holman, 1997) $\rho + \alpha = 1$

Efisiensi kolektor merupakan perbandingan panas yang diserap fluida dan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi dari kolektor dapat dinyatakan dengan efisiensinya.

Ada dua cara atau prosedur yang dipakai untuk mengidentifikasi efisiensi kolektor yaitu :

1. *Instantaneous procedure* yaitu pengukuran laju aliran massa dari fluida, beda temperatur fluida masuk dengan keluar, radiasi matahari (*insolation*) dilakukan dalam keadaan steady state. Efisiensi ini ditentukan oleh persamaan berikut : (Duffie et.al, 1991)

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{\text{matahari}}} = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_o - T_i)}{A_c \cdot I_T}$$

Dimana :

η = efisiensi kolektor
 A_c = luas permukaan kolektor (m²)

I_T = total energi surya yang datang pada permukaan kolektor (W/m²)

\dot{m} = laju aliran massa (kg/s)
 c_p = kapasitas panas jenis fluida (J/(kg.°C))

Q_u = panas yang berguna (J/s)

2. *Calorimetric procedure* yaitu : pengukuran efisiensi pada sistem tertutup dimana perubahan temperatur merupakan fungsi waktu dan berhubungan dengan sudut datang sinar matahari. Perhitungan efisiensinya adalah : (Duffie et.al, 1991)

$$\eta = \frac{Q_u}{I_T \cdot A_C}$$

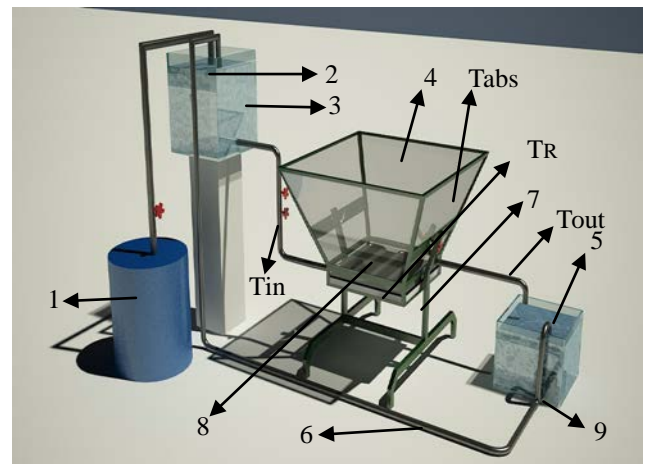
Kolektor yang digunakan adalah cermin datar yang dibentuk sedemikian rupa sehingga menyerupai limas segi empat terpancung dan diarahkan terbalik depan berbentuk trapezoidal). Dengan luas sisi bagian atas yang lebih besar dari bagian bawah, diharapkan luas permukaan yang menghadap matahari mampu

memantulkan sinar matahari lebih banyak dan memfokuskannya ke sisi bagian bawah limas, selain itu kolektor surya jenis ini diharapkan bisa meminimalisir pengurangan energi panas akibat angin. Pada limas bagian bawah akan dipasang absorber yang diisi dengan minyak nabati sebagai media penyimpan panasnya dan pipa aliran fluida disusun berliku yang terbuat dari tembaga, sehingga pertukaran panas dapat dilakukan.

Variabel Terikat : menghitung besarnya energi berguna (Q_u) dan efisiensi (η) dari pemanas air.

Variabel Bebas : Penggunaan media penyimpan panas minyak nabati dan tanpa media penyimpan panas (udara), serta variasikan laju aliran fluida (\dot{v}) sebesar 0,0026 l/s, 0,0032 l/s, dan 0,0044 l/s.

Instalasi Pemanas Air



Keterangan :

- T_{in} = Temperatur air masuk kolektor
- T_{out} = Temperatur air keluar kolektor
- T_R = Temperatur reflector
- T_{Abs} = Temperatur absorber
- 1 = Sumber air
- 2 = Lubang pengaturan level air
- 3 = Bak penampungan awal
- 4 = Cermin datar
- 5 = Bak penampungan akhir
- 6 = Pipa air menuju ke penampungan awal
- 7 = Rangka pemanas air
- 8 = Absorber
- 9 = Pompa

Skema Numerik

Untuk dapat menganalisa efisiensi pemanas air kolektor surya terkonsentrasi ini, maka dilakukan perhitungan terhadap data-data yang didapat dari hasil pengujian. Sebagai contoh perhitungan diambil dari data pengujian pada laju aliran volume yang sama (0,0026 l/s) yaitu $I_T = 1081,87 \text{ W/m}^2$ dan $T_o =$

78°C dan $T_i = 34^\circ\text{C}$. Dengan menggunakan nilai $T_f = 56^\circ\text{C}$, dari tabel sifat-sifat air pada tekanan atmosfer, didapat harga $c_p = 4183 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$. Energi berguna

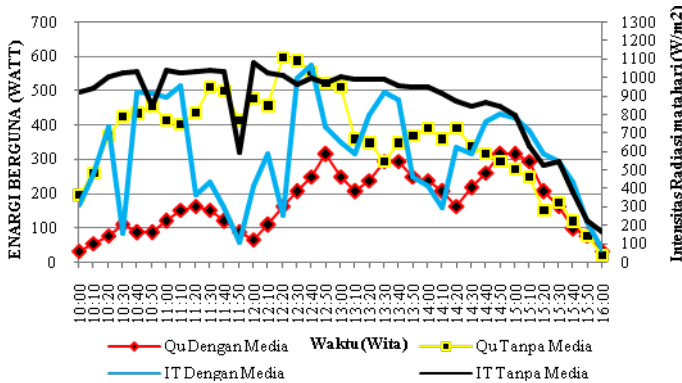
kolektor : $Q_u = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_0 - T_i) = 0,0026 \text{ kg/s} \cdot 4183 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot (78^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C}) = 478,53 \text{ J/s} = 478,53 \text{ Watt}$. Besar efisiensi kolektor untuk yang tanpa media penyimpanan panas adalah :

$$\eta_k = \frac{Q_u}{Q_{\text{matahari}}} = \frac{478,63 \text{ Watt}}{1519,19 \text{ Watt}} = 31,50 \%$$

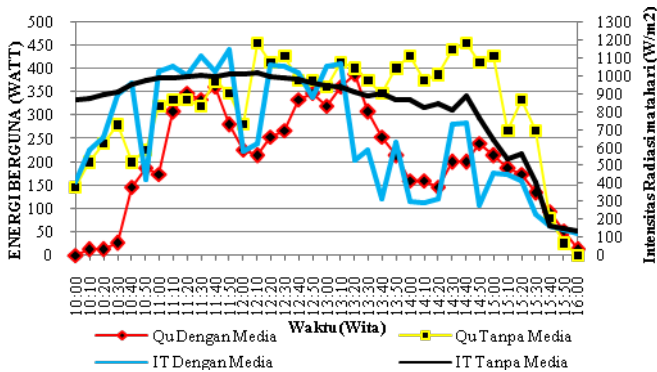
Sedangkan untuk kolektor dengan media penyimpanan panas besar efisiensinya adalah 11,34 %.

Hasil dan Pembahasan

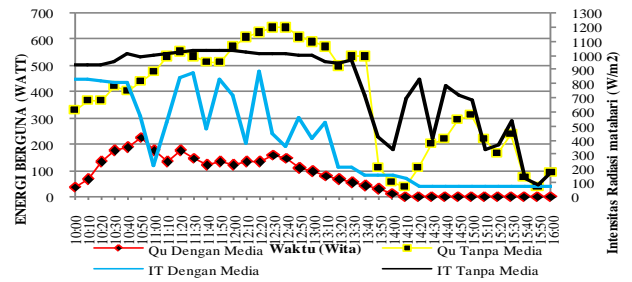
Untuk mempermudah melakukan analisa terhadap data-data hasil pengujian dan perhitungan maka akan digambarkan dalam bentuk grafik. Grafik-grafik yang di tampilkan adalah grafik energi berguna dan efisiensi pemanas air dengan intensitas radiasi matahari.



Gambar 1. Energi Berguna dengan Laju aliran air 0,0026 l/s

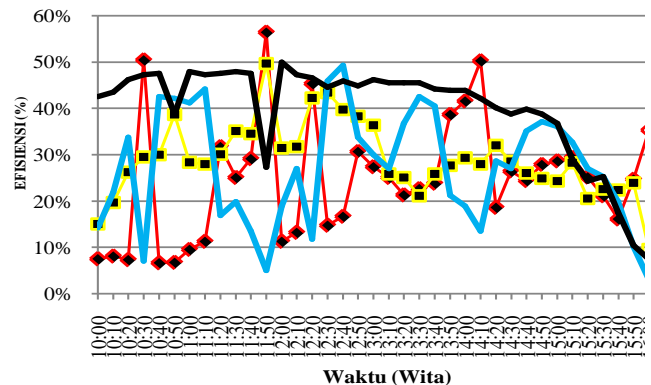


Gambar 2. Energi Berguna dengan Laju aliran air 0,0032 l/s

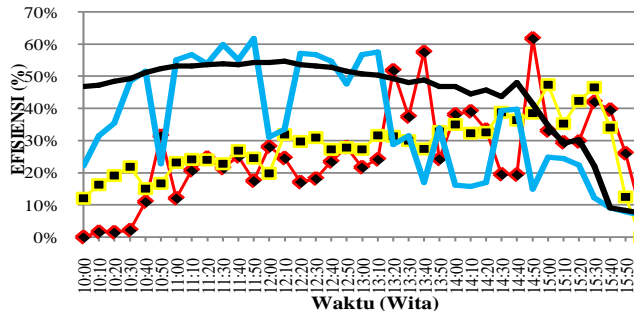


Gambar 3. Energi Berguna dengan Laju aliran air 0,0044 l/s

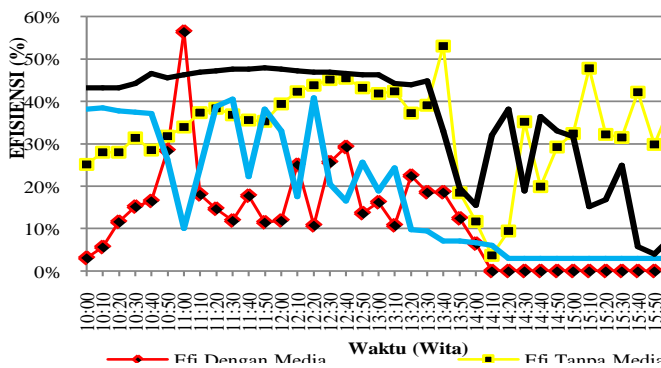
Energi berguna yang dihasilkan oleh pemanas air terkonsentrasi dengan absorber tanpa media penyimpanan panas sangat tinggi, akan tetapi jika intensitas matahari berkurang secara drastis, energi berguna juga mengalami penurunan yang sangat tajam (naik turun grafik kurang stabil). Hal ini dikarenakan energi panas yang terserap ke absorber akan langsung digunakan untuk memanaskan air yang mengalir di pipa absorber. Lain halnya dengan pemanas air terkonsentrasi dengan minyak nabati sebagai media penyimpanan panas di absorbernya, energi berguna cenderung digunakan untuk memanaskan minyak nabati lebih dahulu, setelah itu energi berguna dari matahari dan energi berguna yang tersimpan pada minyak nabati akan memanaskan pipa – pipa absorber (dilihat dari kecilnya jumlah energy berguna pada awal percobaan), sehingga pada awal percobaan, jumlah energi berguna akan kecil dan agak jauh dengan energi berguna yang dihasilkan oleh absorber tanpa media. Tetapi setelah beberapa saat dilihat dari sisi kesetabilannya, energi berguna absorber dengan media pemanas akan terlihat lebih stabil dibandingkan dengan absorber tanpa media pemanas dengan intensitas yg hampir sama.



Gambar 4. Efisiensi dengan Laju aliran air 0,0026 l/s



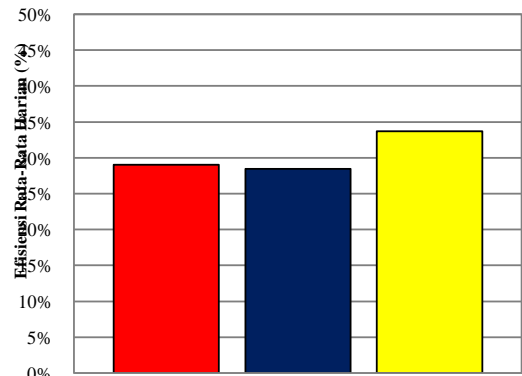
Gambar 5. Efisiensi dengan Laju aliran air 0,0032 l/s



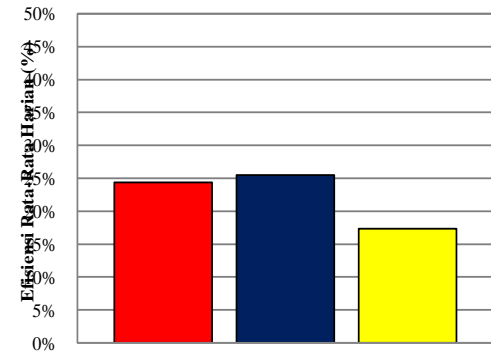
Gambar 6. Efisiensi dengan Laju aliran air 0,0044 l/s

Pemanas air dengan absorber tanpa media penyimpanan panas memiliki efisiensi yang tinggi pada permulaan pengujian, hal ini disebabkan panas yang diterima absorber diteruskan langsung ke aliran fluida (air) melalui pipa absorber, sedangkan pemanas air dengan media penyimpanan panas minyak nabati, panas yang diterima absorber akan digunakan untuk memanaskan minyak terlebih dahulu, sehingga pada awal percobaan efisiensi pemanas air ini sangat kecil. Hal ini akan terbalik pada akhir percobaan. Pemanas air tanpa media penyimpanan panas akan memiliki efisiensi yang lebih kecil dari pemanas air dengan media penyimpanan panas, hal ini dikarenakan panas dari matahari masih tersimpan pada minyak nabati dan panas tersebut akan merambat ke pipa absorber dan akhirnya akan ikut memanaskan air (fluida). Dari grafik juga dapat diamati, kolektor surya dengan media penyimpanan panas memiliki efisiensi sesaat yang lebih besar disaat intensitas matahari yang mendadak turun secara tajam. Hal ini dikarenakan, energi panas yang masih tersimpan di minyak nabati akan memanaskan fluida di dalam pipa absorber, sehingga perbedaan panas antara Tin dan Tout masih

tinggi dan mengakibatkan energi berguna pada alat tersebut besar. Intensitas yang kecil menyebabkan energi matahari yang menimpa pemanas air juga kecil dan pada saat itu juga efisiensi akan menjadi sangat besar. Untuk mengetahui efisiensi rata – rata harian dari pemanas air kolektor surya terkonsentrasi berbentuk trapezoidal, maka akan ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 7. Efisiensi Rata – Rata Harian Kolektor Surya Tanpa Media Penyimpan Panas



Gambar 8. Efisiensi Rata – Rata Harian Kolektor Surya dengan Media Penyimpan Panas

Kesimpulan

Dari pengujian, perhitungan, serta analisi data yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Efisiensi harian dari pemanas air dengan media penyimpanan panas lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi harian pemanas air tanpa media penyimpanan panas. Untuk pemanas air dengan media penyimpanan panas minyak nabati memiliki efisiensi yang lebih stabil dibandingkan dengan pemanas air tanpa media penyimpanan panas. Variasi laju aliran fluida mempengaruhi efisiensi dari pemanas air, yaitu semakin besar laju aliran fluida maka semakin kecil

efisiensinya. Begitu pula sebaliknya semakin kecil laju alirannya maka semakin besar efisiensinya. Hal ini dapat dilihat dari efisiensi harian rata – rata yaitu terbesar 30,99% pada laju aliran fluida 0,0026 l/s.

Referensi

Duffie and all, (1991), *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, Inc, United State of America.

Green, M. A. (1982), *Solar Cells. Operating Principles, Technology, and System Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Holman, J. P. alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M. Sc, (1997), *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta.

Incropera and Dewit (1996), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, Inc, New York.

Jansen, T. J. alih bahasa oleh Wiranto Arismunandar, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

John R. Howell, Richard B. Bannerot, Gary C. Vliet, (1982), *Solar-Thermal Energy System Analisis and Design*, McGraw-Hill Book Company, New York.

Dwi Saputra, Made, (2010), “*Analisa Performansi Kolektor Surya Terkonsentrasi Menggunakan Receiver Berbentuk Silinder Dengan Variasi Laju Aliran Volume*”, Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali.