

PROTOTIPE PEMANAS AIR TENAGA SURYA MENGGUNAKAN KARBON SEBAGAI PENAMPUNG KALOR

Wihantoro, Agus Yanto dan Sunardi

Jurusan Fisika – Universitas Jenderal Soedirman

email: wihantoro.han@gmail.com

Abstract

A solar water heater prototype that fully exploit the nature of black body radiation are made from carbon powder mixed with cement as a thermal energy container material has been created. The phenomenon of physics that underlie the pattern of spread of heat and decrease their physical equations studied in this paper. Construction of heating a metal box containing the installation of planar spiral-shaped copper pipe which is covered with mortar-carbon. The water that fills the copper pipes are supplied by thermal energy from carbon-mortar. Immediately after absorbing heat energy, water density to be different in each section of pipe, causing water circulation by convection between the heater with a water reservoir. The performance of prototype heater is seen from measurements of water temperature rise in the reservoir every 15 minutes. The results are used to determine the average temperature rise of water in every second of it at once to calculate heat energy absorbed by the water in each second. Water temperature in the reservoir increased by $0.0009\text{ }^{\circ}\text{C}$ per second. At the maximum irradiation conditions, the rate of heat per second that are transferred from a mixture of carbon into the water-cement amounted to 0.075 kW .

Keywords: heat energy, water circulation by convection, heat rate per second

Abstrak

Sebuah prototipe pemanas air tenaga surya yang sepenuhnya memanfaatkan sifat radiasi benda hitam yang dibuat dari campuran serbuk karbon dengan semen sebagai bahan penampung energi panas telah berhasil dibuat. Fenomena fisika yang melandasi pola penyebaran panas serta penurunan persamaan fisisnya dikaji dalam tulisan ini. Konstruksi pemanasnya berupa kotak logam berisi instalasi pipa tembaga berbentuk spiral planar yang ditutupi dengan adukan semen-karbon. Air yang mengisi pipa tembaga mendapat pasokan energi panas dari adukan semen-karbon. Segera setelah menyerap energi panas, rapat massa air menjadi berbeda pada setiap bagian pipa sehingga terjadi sirkulasi air secara konveksi antara pemanas dengan tandon air. Kinerja prototipe pemanas ini dilihat dari pengukuran kenaikan suhu air dalam tandon setiap 15 menit. Hasilnya digunakan untuk menentukan kenaikan suhu rata-rata air dalam setiap detiknya sekaligus menghitung energi panas yang diserap oleh air dalam tiap detiknya. Suhu air dalam tandon naik sebesar $0,0009^{\circ}\text{C}$ per detik. Pada kondisi penyinaran maksimum, laju panas per detik yang ditransfer dari bahan campuran semen-karbon ke air sebesar $0,075\text{ kW}$.

Kata kunci: energi panas, sirkulasi air secara konveksi, laju panas per detik

PENDAHULUAN

Pengalaman sehari-hari membuktikan bahwa aliran air yang dikururkan dari kran selalu diawali oleh aliran air yang memiliki panas cukup tinggi. Namun aliran air panas ini hanya berlangsung sesaat dan kemudian akan terasa sejuk biasa. Hal ini menunjukkan bahwa air yang tertampung disepanjang instalasi pipa mampu menyimpan energi

panas atau kalor. Hipotesis penulis merujuk bahwa aliran air panas sesaat ini berasal dari kalor yang tersimpan di dalam pipa air yang memperoleh energi panas dari semen beton yang menutupi pipa tersebut. Sedangkan panas di dalam semen beton berasal dari cahaya surya yang menyinari permukaan semen beton melalui mekanisme konduksi panas [1].

Transfer panas secara konduksi dapat dinyatakan secara matematis menurut hubungan

$$\dot{Q} = -K A \frac{d\theta}{ds} \quad (1)$$

dengan \dot{Q} menyatakan laju aliran panas (kal/s), K menyatakan konduktivitas kalor medium perantara (kal/s.m.°C), A menyatakan luas penampang medium perantara kalor (m²), ds menyatakan ketebalan medium tempat panas mengalir (m) dan $d\theta$ menyatakan selisih tem-peratur luar (θ_2) dan dalam pipa (θ_1) pada permukaan A (°C)

Persamaan (1) memperlihatkan bahwa laju panas pada medium zat padat, besarnya bergantung kepada gradien temperatur ($d\theta/ds$) antara permukaan medium perantara tersebut. Laju energi panas dapat konstan bila temperatur kedua permukaan dapat mempertahankan konstan. Hal ini berarti panas yang diserap oleh zat cair di dalam pipa tidak akan melebihi panas yang miliki oleh keping bahan penyerap kalor. Dari sini peneliti mengisi ruang di antara pipa spirial planar dengan bahan padat berupa campuran karbon halus dan semen dengan komposisi maksimum penyerap kalor.

Penulisan kembali persamaan (1) untuk medium perantara kalor berupa silinder akan didapatkan

$$\dot{Q} = -K(2\pi r l) \frac{d\theta}{dr} \quad (2)$$

Laju energi panas dari lingkungan campuran karbon-semen ke dalam air pada segmen panjang pipa l , dinyatakan oleh solusi

$$\dot{Q} = 2\pi K l \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \quad (3)$$

Jumlah panas yang telah diserap oleh air di ujung pipa yang panjangnya l adalah

$$Q = 2\pi K \frac{(\theta_2 - \theta_1) l^2}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right) v} \quad (4)$$

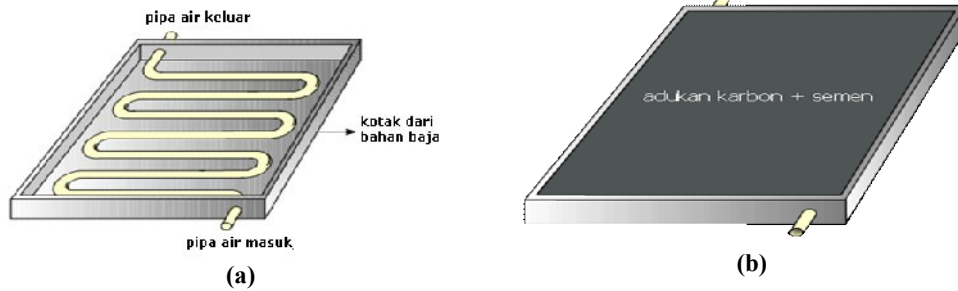
dengan D_2 dan D_1 masing-masing menyatakan diameter pipa bagian dalam dan luar (m), l menyatakan panjang pipa pembawa air (m) dan v menyatakan laju aliran air (m/s). Persamaan (4) memperlihatkan bahwa jumlah energi panas yang terkandung di dalam air (Q) ketika keluar dari pipa, bergantung pada panjang pipa dan laju aliran panas. Ini berarti panas air yang dihasilkan nilainya besar jika pipanya cukup panjang dan laju aliran dapat diperkecil.

Laju aliran air di dalam pipa dapat dilakukan secara paksa, yaitu dengan memompa air dari sumber air dingin ke tempat yang lebih panas. Namun laju aliran air dapat pula terjadi dengan sendirinya, sebagai akibat beda kerapatan.

Secara umum, tujuan penelitian ini adalah merancang prototipe pemanas air tenaga surya dengan rancangan sederhana yang dapat mempertukarkan cahaya surya menjadi energi panas yang terserap air dengan kinerja yang optimal. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah pemanfaatan energi berlimpah matahari yang banyak terpapar di dinding dan/atau lantai atas bangunan rumah sebagai pemanas air hemat energi.

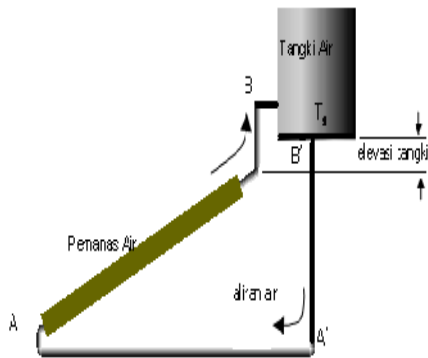
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan merancang medium perantara bagi penyerap kalor/energi surya dalam bentuk campuran semen-karbon dengan komposisi 7:3 [2]. Di dalam medium ini ditanamkan pipa tembaga yang tersusun secara spirial planar (mendatar). Bingkai kotak berukuran 100 cm x 70 cm, tinggi 5 cm dan tebal 2 cm. Diameter dalam dan luar pipa tembaga masing-masing adalah 11,0 mm dan 12,5 mm dan panjang keseluruhan pipa 8,3 m. (Gambar 1).



Gambar 1. (a) Instalasi pipa tembaga medium perantara kalor dengan susunan spiral planar. (b) medium perantara yang telah ditutupi campuran semen-karbon

Selanjutnya medium perantara ini disusun menjadi sebuah sistem pemanas air dalam ukuran yang masih dikategorikan prototipe (Gambar 2).



Gambar 2 Prototipe pemanas air tenaga surya

Kehandalan prototipe sebagai sebuah sistem pemanas diuji berdasar persamaan (4) dengan mengkondisikan air yang sebelum statis menjadi dinamis di dalam medium penerima kalornya. Dari sini diperoleh persamaan matematika yang mendeskripsikan variabel yang paling berperan dari susunan prototipe Gambar 2.

$$\theta_{1+i} = B(t_{1+i} - t_1) + \theta_1$$

dengan
$$B = \frac{K}{\rho D_1} \ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)$$

B menyatakan besaran/ukuran kinerja pemanas ($^{\circ}\text{C}/\text{jam}$), θ_1 dan θ_{1+i} masing-masing me-nyatakan suhu air di dalam tangki pada jam ke- t_1 dan pada jam ke- t_{1+i} dalam satuan ($^{\circ}\text{C}$), t_1 dan t_{1+i} waktu penyinaran ke-1 dan ke- $(1+i)$ dalam satuan (jam) dan ρ menyatakan rapat massa air (kg/m^3).

Pemantauan suhu dilakukan secara manual menggunakan termometer digital setiap lima belas menit sekali pada tiap harinya selama bulan basah (frekuensi hujan tinggi) dan bulan kering (frekuensi hujan rendah). Probe termometer digital diletakkan pada bagian atas tangki/tandon air guna memantau suhu air.

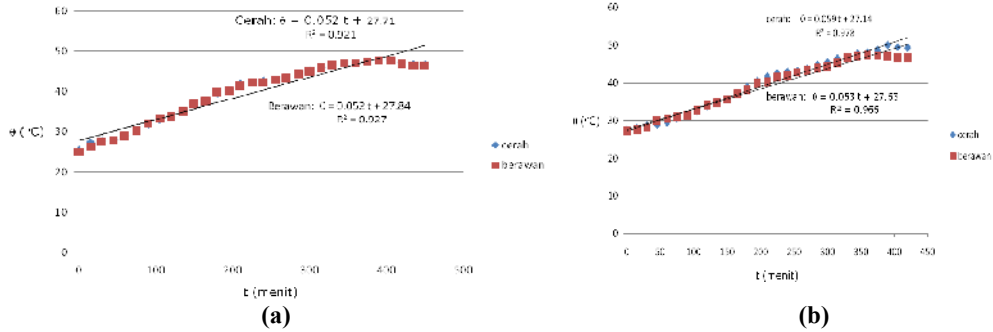
Laju asupan energi panas menyatakan jumlah panas yang diterima oleh air dalam satuan waktu, secara matematis dituliskan sebagai $P = Q/\Delta t$. Jika parameter waktu dinyatakan dalam satuan detik, maka laju asupan panas dituliskan $P = 4,193 \text{ m} (\Delta\theta/\Delta t)$.

Dari persamaan (5) diketahui bahwa

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\theta_{1+i} + \theta_1}{t_{1+i} + t_1} = B$$

(5)maka
$$P = 4,193 \text{ m} \cdot B \text{ (kJ/s)} \tag{6}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. (a) Kenaikan suhu selama pengukuran pada bulan kering, (b) kenaikan suhu selama pengukuran pada bulan basah

Tabel 1 Persamaan regresi linier dari keadaan cuaca cerah dan berawan dari bulan pengukuran beserta nilai konstanta B yang bersesuaian.

Pengamatan		$\theta = B t + \theta_0$ (°C)	B (°C/menit)
Bulan	keadaan		
kering (juli-agst)	cerah	$\theta = 0,059 t + 27,10$	0,059
	berawan	$\theta = 0,053 t + 27,63$	0,053
basah (sept-okt)	cerah	$\theta = 0,052 t + 27,71$	0,052
	berawan	$\theta = 0,052 t + 27,86$	0,052

Data pengukuran pemantauan suhu air dalam tandon diplotkan dalam bentuk grafik menggunakan paket program Microsoft Excel2003. Grafik **Gambar 3** diperoleh dengan memplotkan data suhu dan waktu menurut persamaan (5). Dalam bentuk fungsi, persamaan (5) secara sederhana menjadi $\theta = B t + \theta_0$. Secara umum, dari pemantauan suhu tersebut, dapat persamaan regresi linier dari keadaan cuaca yang cerah dan berawan dari bulan pengukuran (**Tabel 1**).

Dari persamaan (6), laju kalor yang diterima air yang massanya 20 kg dengan nilai rata-rata $B = 0,0009$ °C/s adalah 0,075474 kJ/s atau $P \approx 0,075$ kJ/s.

Berdasar hasil perhitungan menggunakan persamaan (5) dan (6) serta grafik pada Gambar 3, diketahui bahwa setiap detik, air yang melewati pipa akan menerima energi

panas dari bahan campuran semen karbon sebesar 0,075 kJ. Dari nilai konstanta B sebesar 0,0009 °C/s, diketahui bahwa dalam setiap detiknya suhu air di dalam tandon bertambah sebesar 0,0009 °C. Hal ini berarti jika dibutuhkan air dengan volume 20 liter dan diinginkan suhu sebesar 50 °C dari suhu mula-mula 25 °C dibutuhkan waktu lebih dari 7 jam.

Kedua besaran P dan B pada penelitian ini memperlihatkan bahwa konversi energi cahaya surya menjadi energi panas oleh bahan campuran semen-karbon berupa getaran-getaran kisi membutuhkan waktu yang cukup lama dan nilai terbatas. Pengamatan yang dilakukan pada bulan kering (Juli – Agustus) dan bulan basah (September – Oktober) ternyata tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai P dan B (**Tabel 1**). Pada kedua keadaan tersebut suhu air dalam tandon

maksimum rata-ratanya tidak lebih dari 50°C dalam rentang waktu paparan cahaya matahari selama 350 menit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pengambilan data serta nilai P dan B yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa bahan campuran semen-karbon dapat mengubah energi cahaya surya menjadi energi panas, dan ditransfer ke dalam air yang mengalir pada pipa tembaga sebesar 0,075 kJ setiap detik. Transfer energi panas ini mampu menaikkan suhu air dalam tandon sebesar 0,0009 °C per detiknya.

Peningkatkan daya tampung panas pada prototipe pemanas air ini agar suhu air tercapai 50 °C secara konstan dan waktu kenaikan suhunya lebih cepat, diusulkan penambahan reflektor cahaya sebagai penampung panas. Hal ini mengambil hipotesa bahwa energi panas hasil pemusatan

cahaya oleh reflektor (cermin cekung) akan lebih besar dibandingkan dengan panas yang dihasilkan oleh getaran kisi bahan campuran semen-karbon. Juga proses pemanasan akibat pemusatan cahaya oleh reflektor akan lebih cepat dibanding panas akibat getaran kisi bahan campuran semen-karbon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Proyek Hibah Bersaing 2009 Angkatan XVI

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. 2001. *Fundamental Physics*, 6th Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 869 p.
- [2]. Cakhyawati, L. 2009. *Penentuan Nilai Kalor Jenis Campuran Semen-Karbon sebagai Bahan Penyerap Kalor*. Skripsi. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. pp. 32

