

KOLEKTOR ENERGI SURYA DENGAN SERBUK ARANG

Aris Wahyudi¹, Purnomo²

ABSTRACT

Solar collectors with pulverized woodchar absorber has been investigated. The performance was compared to that of a commercial collector, Solahart. Two sizes of char particles, 0.5 mm and 1.0 mm, were used and the collector dimension was 100 x 50 x 15 cm. The results were promising. The absorber with small particles had an efficiency which is close to that of Solahart. The effects of particle sizes were also investigated. It was found that the absorber with small particles had better performance.

1. PENGANTAR

Energi surya yang merupakan energi yang bersih dan murah banyak dipergunakan untuk berbagai tujuan seperti pemanas air, pemanas udara, pengering biji-bijian dan pembangkit tenaga listrik. Pemanas air dengan energi surya sudah dipasarkan secara luas walaupun dengan harga yang relatif mahal. Memang energi ini tersedia secara cuma-cuma, tetapi teknologi pemanfaatannya masih mahal. Absorber kolektor surya dibuat dari pelat logam yang permukaannya diolah secara khusus, antara lain dengan dilapis nikel krom atau tembaga. Karena warna logam ini dibuat kehitaman maka logam pelapis ini masing-masing dikenal sebagai nikel hitam (*black nickel*), krom hitam (*black chrome*) dan tembaga hitam (*black copper*) (Agnihorti dkk, 1981). Proses pelapisan ini sulit dan mahal. Dalam penelitian ini dicoba penggunaan lapisan serbuk arang yang diharapkan dapat memberikan unjuk kerja yang cukup baik dengan biaya murah. Selain itu pembuatan serbuk arang dapat dibuat dengan mudah dan arangnya juga mudah diperoleh. Penelitian ini ditekankan pada perbandingan unjuk kerja absorber serbuk arang dengan kolektor energi surya komersial yang dalam hal ini dipilih Solahart.

2. TEORI

Penyerap radiasi termal yang baik umumnya berwarna hitam. Arang berwarna hitam dan juga berpori. Sifat berpori inilah yang akan dimanfaatkan disini karena akan mempunyai angka penyerapan (absorpsivitas) yang cukup tinggi. Sifat berpori ini akan memberikan permukaan yang kasar, sehingga setiap berkas radiasi akan mengalami

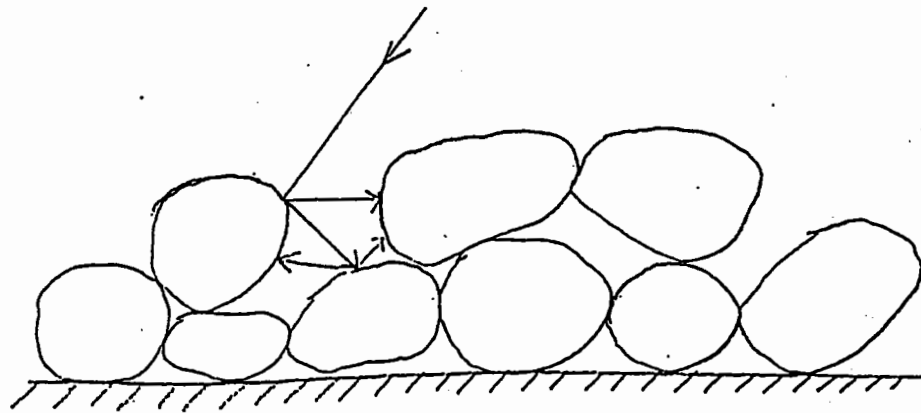
¹Alumnus Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

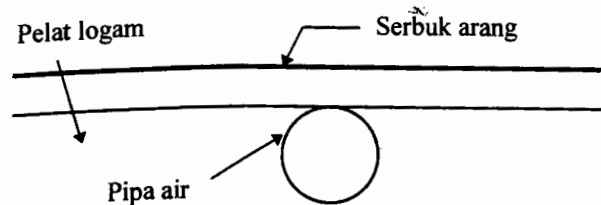
pantulan berulang (*multiple reflection*). Dengan pantulan berulang ini satu berkas radiasi akan membentur permukaan beberapa kali sehingga angka penyerapan akan menjadi lebih besar. Gambar 1 menjelaskan terjadinya pantulan berulang. Sedang konstruksi pelat penyerap (*absorber*) dapat dilihat pada Gambar 2.

Energi yang diterima oleh kolektor sebagian diserap oleh dan sebagian lagi dipantulkan. Yang diserap, sebagian memanaskan air dan sebagian lagi keluar dari kolektor secara konduksi, konveksi dan radiasi. Energi yang berhasil diserap oleh air merupakan energi yang berguna dan dirumuskan sebagai (Duffie dan Beckman, 1980)

$$Q_u = A_c F_R [G_T (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)] \quad (1)$$



Gambar 1. Pantulan berulang



Gambar 2. Kolektor pelat penyerap

Suku pertama persamaan (1) yang berada di dalam kurung adalah kalor yang diserap kolektor per satuan luas kolektor dan suku kedua adalah rugi-rugi kalor per satuan luas kolektor. Jika energi yang dapat diserap air dibagi dengan energi yang mencapai absorber, maka diperoleh efisiensi kolektor yang dapat dituliskan sebagai (Duffie dan Beckman, 1980)

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c G_T} = F_R (\tau\alpha) - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{G_T} \quad (2)$$

Apabila F_R , U_L dan $(\tau\alpha)$ dianggap konstan, maka persamaan (2) menunjukkan hubungan antara efisiensi dengan F ($F = (T_i - T_o) / G_T$) yang bersifat linier. Sebenarnya ketiga besaran di atas tidak konstan dan tergantung kepada kondisi operasi, sehingga diperoleh penyebaran data. Kalau data tersebut dinyatakan dengan persamaan linier koefisien korelasinya masih tinggi. Secara kualitatif $F_R (\tau\alpha)$ menunjukkan kemampuan kolektor menyerap radiasi matahari dan $F_R U_L$ menunjukkan rugi-rugi kalor. Dengan membandingkan kurva unjuk kerja berbagai kolektor dapat ditentukan kolektor mana yang lebih baik.

3. CARA PENELITIAN

Kolektor yang dipergunakan mempunyai ukuran panjang 100 cm, lebar 50 cm dan tebal 15 cm. Sebuah tutup kaca dipasang pada bagian atas kolektor. Rangkaian pemanas air yang dibuat untuk percobaan merupakan rangkaian tertutup. Air dari tangki dialirkan ke kolektor dan kemudian dikembalikan ke tangki penampung lagi. Dengan cara ini, suhu air masuk kolektor setiap saat berubah sehingga dapat terkumpul unjuk kerja kolektor untuk berbagai suhu air T_i . Pengukuran dilakukan dari jam 9.00 sampai dengan jam 14.00 data pengukuran dicatat setiap 15 menit. Besaran yang dicatat adalah T_i , T_o , T_a , m , dan G_T . G_T diukur dengan pyranometer.

Tiga buah kolektor dioperasikan pada waktu yang sama. Kolektor pertama adalah kolektor dengan *absorber* serbuk arang berdiameter 0,5 mm, yang kedua dengan serbuk arang 1 mm dan yang ketiga adalah kolektor komersial Solahart (Aris Wahyudi, 1996). Selanjutnya serbuk 0,5 mm disebut serbuk halus dan yang 1 mm disebut serbuk kasar.

Dari data pengukuran yang dikumpulkan (Aris Wahyudi, 1996), dapat diperoleh efisiensi kolektor yang dihitung dengan persamaan (2). Kurva-kurva regresi dibuat dengan perangkat lunak Cricket yang selain memberikan bentuk fungsinya juga memberikan koefisien korelasinya. Ternyata koefisien korelasinya lebih besar dari 0,9.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Seperti telah diuraikan diatas, kurva efisiensi terhadap F dapat dipergunakan untuk menilai unjuk kerja sebuah kolektor energi surya. Gambar 3 menunjukkan perbandingan unjuk kerja kolektor dengan serbuk halus serbuk kasar dan Solahart. Sebenarnya keunggulan Solahart tersebut telah diperkirakan sebelumnya. Kolektor komersial tentunya mempunyai *absorber* yang berkualitas baik. Yang perlu dilihat disini adalah besar perbedaan itu dan pengaruh ukuran serbuk terhadap unjuk kerja kolektor.

Ternyata hasilnya cukup menarik. Terutama bukti bahwa ukuran serbuk arang sangat berpengaruh terhadap kemampuan kolektor untuk menangkap energi surya.

Seperti telah dijelaskan didepan, butiran arang akan membentuk celah-celah akan menjebak radiasi matahari. Makin kecil ukuran butir makin banyak jumlah celah tiap satuan luas kolektor. Dengan demikian berkas radiasi yang mengalami pantulan berulang makin banyak dan angka serap kolektor makin tinggi. Kurva regresi yang diperoleh untuk masing-masing kolektor adalah seperti dibawah ini.

Kolektor dengan serbuk halus (kurva tengah pada Gambar 3) :

$$\eta = 0,66 - 10,637F \quad (3)$$

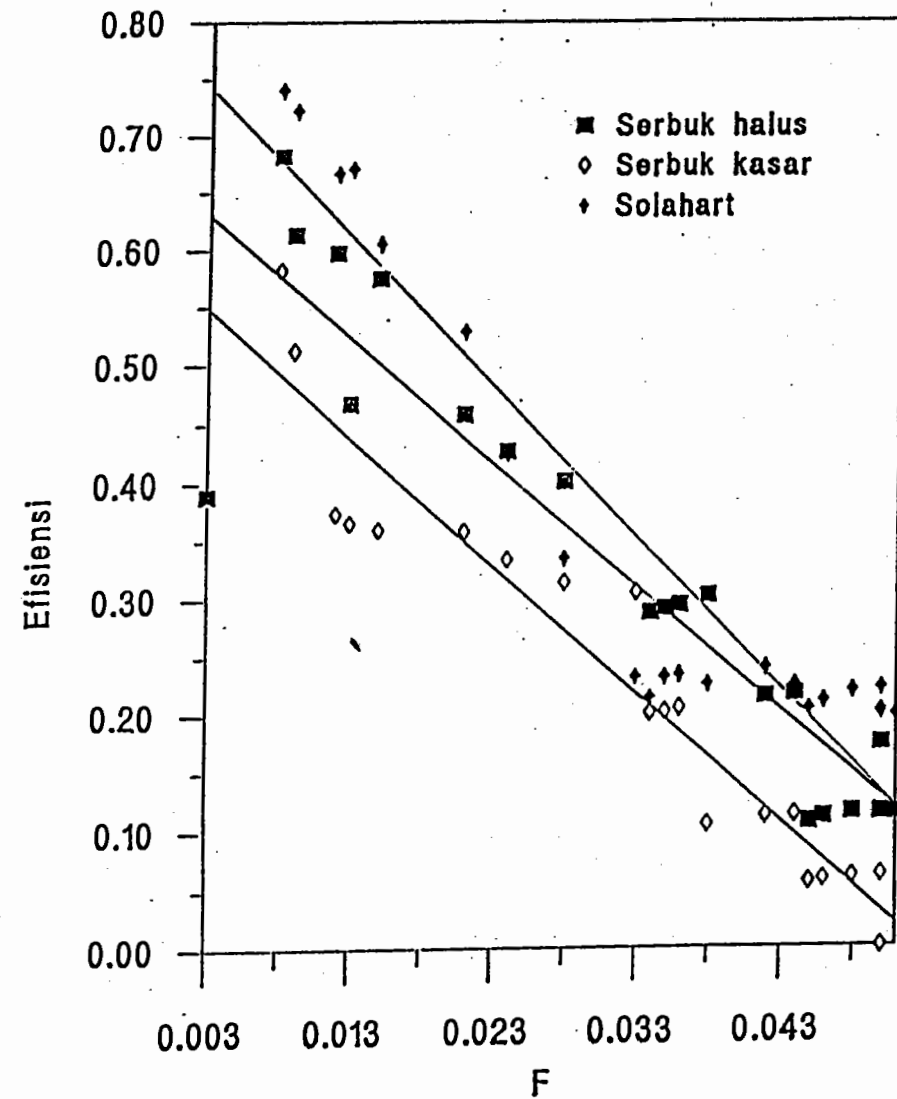
Kolektor dengan serbuk kasar (kurva paling bawah pada Gambar 3):

$$\eta = 0,58 - 10,995F \quad (4)$$

Kolektor Solahart (kurva paling atas pada Gambar 3) :

$$\eta = 0,78 - 12,948F \quad (5)$$

Kemampuan kolektor buatan sendiri ini ternyata cukup baik. Apalagi dibuat dengan biaya yang jauh lebih rendah dari Solahart. Yang lebih menarik lagi adalah $F_R U_L$ Solahart ternyata lebih tinggi yang berarti rugi-rugi kalornya lebih tinggi. Kemungkinan ini adalah karena rangka kolektor buatan sendiri ini dibuat dari kayu yang mempunyai konduktivitas termal yang lebih rendah dari pada konduktivitas logam. Menurut peneliti faktor ini tidak terlalu penting, karena tidak sulit untuk membuat isolator yang baik. Yang lebih sulit adalah membuat absorber yang baik dan murah. Jadi yang perlu dievaluasi adalah $F_R (\tau \alpha)$ kolektor serbuk arang yang rendah. Ada tiga hal yang mungkin perlu diperbaiki, yaitu F_R , τ (transmisivitas) dan α (absorptivitas). Transmisivitas kolektor dapat diperbaiki dengan mengganti kaca penutup kolektor dengan kaca yang lebih baik yaitu yang berwarna putih jernih. Kaca yang dipergunakan disini adalah kaca jendela yang berwarna kehijauan karena banyak mengandung oksida besi. Tetapi kaca jernih ini sulit diperoleh di pasar. Absorpsivitas dapat diperbaiki dengan memperkecil ukuran serbuk. Nilai F_R tergantung kepada tahanan termal aliran kalor dari absorber ke air (Duffie dan Beckman, 1980). Makin rendah tahanan termalnya makin tinggi F_R . Ada dua hal yang penting yang perlu dikerjakan untuk memperkecil tahanan termal ini. Yang pertama adalah memperbaiki sambungan antara pipa dengan pelat absorber. Sambungan dapat dilakukan dengan pengelasan secara menyeluruh. Ini tidak mudah karena pelat tipis cenderung untuk deformasi atau malahan berlubang kalau dilas. Pada pemanas air komersial saluran air merupakan bagian integral dari absorber. Yang kedua adalah mencari perekat yang mempunyai konduktivitas termal yang tinggi agar dapat mengurangi tahanan termal yang tinggi pada persinggungan antar butiran dan antar butiran dengan pelat besi. Kalau diinginkan kolektor yang murah maka dua masalah pertama dapat dibiarkan apa adanya, maka tinggal mencari perekat unggul dengan sifat-sifat termal yang baik.



Gambar 3. Unjuk kerja kolektor

5. KESIMPULAN

Penelitian penggunaan serbuk arang untuk penyerap energi matahari ini memberikan kemungkinan untuk membuat kolektor energi surya dengan biaya murah dan dengan hasil yang cukup baik. Yang penting diperhatikan adalah :

1. Serbuk arang harus dibuat sehalus mungkin.
2. Serbuk arang perlu dilekatkan pada pelat logam dengan perekat yang mempunyai konduktivitas termal yang baik. Untuk ini perlu penelitian lebih lanjut.
3. Secara umum dapat disimpulkan bahwa pelat dengan pori-pori pada permukaannya merupakan penyerap yang baik. Makin banyak pori-porinya makin baik pula unjuk kerjanya.

6. DAFTAR LAMBANG

Q_u : energi yang dapat diserap air ($Q_u = m C_p(T_i - T_o)$), Watt.

m : laju aliran air, kg / detik.

C_p : kalor jenis, J/(kg. °C)

T_i : suhu air masuk kolektor, °C

T_o : suhu air keluar kolektor, °C

T_a : suhu udara, °C

A_c : luas kolektor, m²

F_R : *heat removal factor*

G_T : radiasi surya yang mencapai *absorber*, W / m²

U_L : *overall heat transfer coefficient*, W / (m². °C)

7. DAFTAR PUSTAKA

- Agnihotri, O.P., and Gupta, B.K., 1981, *Solar Selective Surface*, John Wiley and Sons, New York
- Duffie, J.A., and Beckman, W.A., 1980, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Willey Interscience, New York.
- Wahyudi, A., 1996, *Kolektor Matahari Pelat Datar dengan Penyerap Arang Kayu*, Skripsi S1, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada