

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M5-010 Kompor Surya Dengan Penyimpan Panas Menggunakan Kolektor Parabola Silinder

FA. Rusdi Sambada

Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
rusdisambada@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kompor surya yang paling umum dimasyarakatkan di Indonesia dan negara berkembang lain adalah jenis kotak dan jenis parabola piringan. Cara memasak dengan kedua jenis kompor ini berbeda dengan kebiasaan memasak masyarakat sehingga sulit diterima oleh masyarakat. Cara memasak menggunakan kompor surya dengan penyimpan panas lebih sesuai dengan kebiasaan memasak masyarakat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui temperatur maksimal, efisiensi kolektor dan daya kompor yang dapat dihasilkan kompor surya dengan penyimpan panas menggunakan kolektor parabola silinder.

Kompor surya yang diteliti terdiri dari satu kolektor parabola silinder yang mempunyai pipa absorber dengan selubung kaca, reflektor dan panci pemasak. Sebagai media penyimpan panas digunakan oli dan media yang dimasak (dipanasi) adalah air. Variabel yang divariasikan adalah luas pipa absorber dan luas aperture reflector. Luas absorber yang digunakan adalah $0,0314 \text{ m}^2$ (tanpa sirip), $0,0798 \text{ m}^2$ (dengan 2 sirip) dan $0,1398 \text{ m}^2$ (dengan 4 sirip). Luas apertur reflektor yang digunakan adalah $0,5 \text{ m}^2$; $0,8 \text{ m}^2$ dan $1,20 \text{ m}^2$. Variabel yang diukur adalah temperatur fluida kerja masuk pipa absorber (T_i), temperatur udara sekitar (T_a), radiasi surya yang datang (G), temperatur fluida kerja keluar pipa absorber (T_o), temperatur air dalam panci pemasak (T_w), temperatur panci pemasak (T_p), temperatur tangki penyimpan (T_s) dan lama waktu pemanasan air dalam panci pemasak

Hasil penelitian menunjukkan temperatur maksimal air yang dapat dicapai 88°C , efisiensi kolektor 9,99% dan daya kompor 52,36 watt.

Kata kunci : kompor surya, penyimpan panas, parabola silinder

I. PENDAHULUAN

Kompor surya yang paling umum dimasyarakatkan di Indonesia dan negara berkembang lain adalah jenis kotak dan jenis parabola piringan, hal ini disebabkan pembuatan kedua jenis kompor surya ini relatif mudah dan murah. Tetapi di beberapa negara/ daerah kedua jenis kompor surya ini sulit diterima masyarakat, hal ini disebabkan karena cara memasak dengan kedua jenis kompor surya ini berbeda dengan kebiasaan memasak masyarakat. Kebiasaan memasak masyarakat diantaranya memasak dilakukan di dalam ruangan dan waktu memasak umumnya pagi, siang dan malam. Karena masalah ini orang mengembangkan kompor surya menggunakan media penyimpan panas yang cara pemakaiannya lebih sesuai dengan kebiasaan memasak di masyarakat. Dengan kompor surya jenis ini proses memasak dapat dilakukan di dalam ruangan dan waktu memasak dapat dilakukan pagi, siang dan malam

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Nusa Tenggara Timur merupakan propinsi termiskin di Indonesia disusul Lampung, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat dan Sulawesi Tenggara. Masyarakat di daerah-daerah ini umumnya memanfaatakan kayu bakar untuk memasak. Penggunaan kompor surya merupakan salah satu cara untuk mencegah kerusakan hutan (Suharta et al, 2005). Penggunaan kompor surya jenis kotak dan parabola di India masih dibawah biogas. Hal ini disebabkan cara memasak dengan kompor surya jenis kotak dan parabola berbeda dengan kebiasaan memasak masyarakat India (Jagadeesh, 2000). Kelemahan kompor surya jenis kotak dan parabola adalah pada saat radiasi surya yang ada berlebih kompor surya jenis ini tidak dapat menyimpan energi surya yang berlebih (Dorawami, 1994). Kompor surya jenis kolektor datar ($1,97 \text{ m}^2$) menggunakan dua panci pemasak (8 liter) menghasilkan efisiensi sensibel antara 0,3 sampai 0,36 dan efisiensi laten sekitar 0,49 (Silva et al, 2005). Penelitian kompor surya jenis kolektor datar (4 m^2) di Brazil menggunakan satu tangki penyimpan panas (50 liter), 5 katup kontrol, 3 panci pemasak dan satu oven menghasilkan efisiensi sensibel antara 0,34 sampai 0,38 dan efisiensi laten sekitar 0,30. (Silva et al, 2002). Kompor surya jenis kolektor datar dengan fluida kerja minyak tumbuhan diperkenalkan ke beberapa negara (India, Mali, Chili dan Argentina). Fluida kerja dapat mencapai temperatur 240°C pada tekanan udara sekitar (Schwarzer dan Krings, 1996). Oven surya jenis kolektor datar ($0,95 \text{ m}^2$) dengan 6 pipa vakum (panjang 1,8 m, diameter 27,2 mm dan lebar reflektor 0,63 m), fluida kerja minyak tumbuhan dan satu panci pemasak (5 liter) menghasilkan temperatur 252°C . (Balzar et al, 1996). Kompor surya jenis kolektor datar di India menggunakan panci masak bertekanan, 12 pipa vakum (panjang 1,8 m dan diameter 63,5 mm) dapat mendidihkan air 4 sampai 8 kg dalam waktu 100 menit dan 140 menit untuk massa air 14 kg. Temperatur yang dapat dicapai lebih tinggi dari kompor surya jenis kolektor datar tanpa pipa vakum (250°C) (Kumar et al, 2001). Kompor surya jenis kolektor datar dengan penyimpan panas dan kolektor yang dilengkapi tabung vacum dan reflektor menghasilkan temperatur antara 130°C sampai dengan 160°C (Morrison et al, 1993). Penelitian kompor surya jenis kolektor datar menggunakan tabung vakum dan bahan penyimpan panas yang dapat berubah fasa (erythritol) di Jepang menghasilkan temperatur 110°C sampai 130°C . Temperatur tangki penyimpan panas setelah melewati malam dapat dipertahankan sekitar 75°C (Sharma dan Sagara, 2004).

Pada penelitian dibuat model kompor surya jenis parabola silinder dengan penyimpan panas untuk mengetahui temperatur maksimal, efisiensi kolektor, efisiensi sensibel dan efisiensi laten yang dapat dihasilkan.

II. METODE

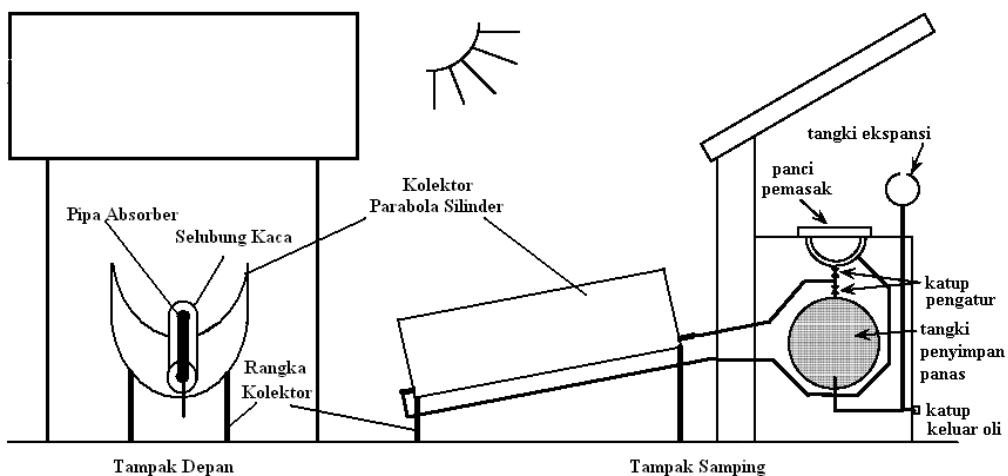
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yakni dengan membuat model kompor surya kolektor parabola silinder (Gambar 1) terdiri dari satu kolektor parabola silinder yang terdiri dari pipa absorber dengan selubung kaca, reflektor dan panci pemasak berkapasitas 1 liter. Sebagai media penyimpan panas digunakan oli. Kompor juga memiliki katup pengatur dan katup keluar oli. Katup pengatur berfungsi untuk mengatur laju aliran fluida antara tangki penyimpan dan panci pemasak. Katup keluar oli berfungsi untuk memasukkan dan mengeluarkan oli. Tangki ekspansi berfungsi untuk menjaga tekanan fluida kerja saat bertemperatur tinggi agar tidak terjadi tekanan berlebih. Variabel yang divariasikan adalah luas pipa

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

absorber dan luas aperture reflector. Luas absorber yang digunakan adalah $0,0314 \text{ m}^2$ (tanpa sirip), $0,0798 \text{ m}^2$ (dengan 2 sirip) dan $0,1398 \text{ m}^2$ (dengan 4 sirip). Luas apertur reflektor yang digunakan adalah $0,5 \text{ m}^2$; $0,8 \text{ m}^2$ dan $1,20 \text{ m}^2$. Variabel yang diukur adalah temperatur fluida kerja masuk pipa absorber (T_i), temperatur udara sekitar (T_a), radiasi surya yang datang pada permukaan miring kolektor (G), temperatur fluida kerja keluar pipa absorber (T_o), temperatur air dalam panci pemasak (T_w), temperatur panci pemasak (T_p), temperatur tangki penyimpan (T_s) dan lama waktu pemanasan air dalam panci pemasak

Penelitian dimulai dengan menyiapkan kompor menggunakan luas kolektor variasi pertama, (2) isi panci pemasak dengan 0,5 sampai 1 liter air, (3) catat T_i , T_a , T_o , T_p , T_s , T_w dan G tiap 10 menit sampai temperatur tangki tidak naik lagi, (4) catat waktu dan temperatur air dalam panci pemasak (T_w) sampai air mulai mendidih (95°C sampai 100°C) dan (5) setelah beberapa waktu air mendidih ukur air yang tersisa dalam panci pemasak untuk mengetahui banyak air yang menguap. Langkah pengambilan data diulangi dengan variasi penelitian yang lain



Gambar 1. Alat penelitian

Efisiensi kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah energi yang dipakai untuk menaikkan temperatur minyak dengan jumlah energi surya yang datang selama interval waktu tertentu dan dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{A_C \int_0^t G \cdot dt} \quad (1)$$

Daya kolektor dan daya kompor adalah laju energi yang digunakan untuk memanaskan minyak (daya kolektor) atau air (daya kompor) dan dinyatakan dengan persamaan :

$$\dot{Q} = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{\Delta t} \quad (2)$$

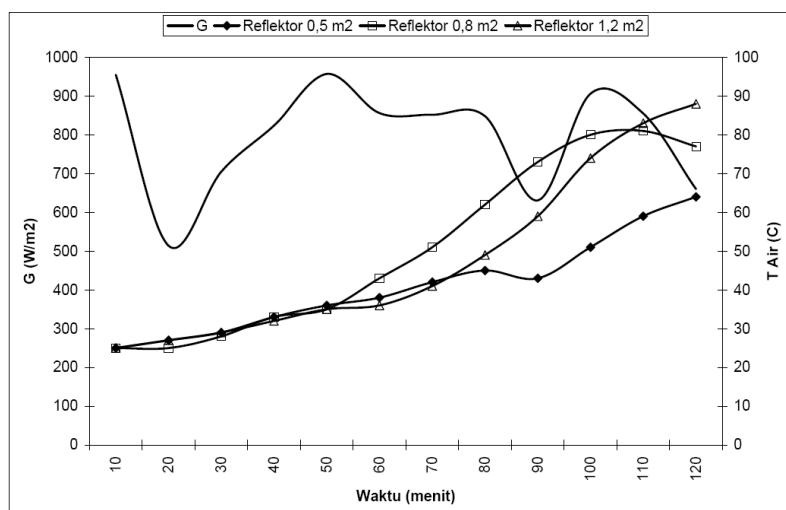
III. HASIL

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur air sebagai media yang dipanasi mencapai temperatur tertinggi pada kompor dengan luas apertur reflektor terbesar ($1,2 \text{ m}^2$), hal ini disebabkan semakin besar luas apertur reflektor maka jumlah energi surya

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

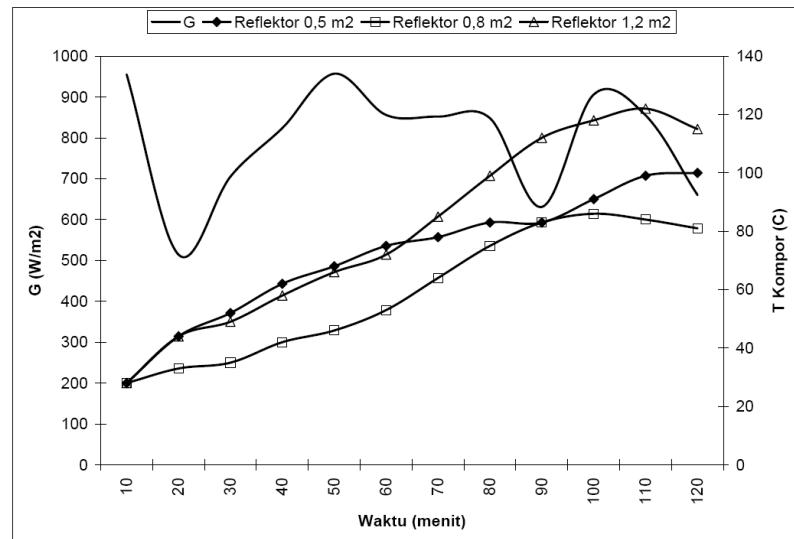
yang diterima juga semakin besar (Gambar 2). Hal tersebut juga berlaku untuk temperatur kompor/temperatur minyak (Gambar 3). Untuk luas apertur reflektor yang sama temperatur air tertinggi diperoleh pada luas absorber terbesar yakni absorber dengan 4 sirip (Gambar 4), hal ini disebabkan luas absorber yang lebih besar dapat mengatasi ketidakpresision fokus dari reflektor. Hal tersebut juga berlaku untuk temperatur kompor/temperatur minyak (Gambar 5). Pada variasi luas apertur reflektor, urutan efisiensi kolektor dari efisiensi terbesar sampai terkecil adalah luas apertur $0,5\text{ m}^2$, $0,8\text{ m}^2$ dan $1,2\text{ m}^2$ (Gambar 6). Hal tersebut disebabkan isolasi pada selubung kaca yang kurang baik. Semakin besar luas apertur reflektor akan menyebabkan energi surya yang diterima semakin banyak sehingga temperatur absorber semakin tinggi, jika isolasi selubung kaca kurang baik maka panas akan mengalir keluar selubung. Isolasi dapat ditingkatkan dengan mengeluarkan udara yang terdapat dalam selubung (divakum). Pada variasi luas absorber (dengan luas apertur sama) urutan efisiensi kolektor dari efisiensi terbesar sampai terkecil (Gambar 6) adalah absorber dengan 4 sirip (luas absorber terbesar), 2 sirip dan tanpa sirip (luas absorber terkecil). Kompor dengan absorber yang lebih luas memiliki keuntungan memiliki luas penerimaan yang lebih besar sehingga jika terjadi ketidak presision fokus dari reflektor absorber masih dapat menerima panas energi surya. Tetapi dengan bertambah luasnya absorber maka kemungkinan kerugian panas keluar juga semakin berbesaresar. Sehingga kompor jenis ini memerlukan kepresision fokus reflektor dan isolasi panas yang baik. Daya kolektor terbesar (Gambar 7) didapatkan pada luas apertur reflektor $1,2\text{ m}^2$ (pada variasi luas apertur reflektor dengan luas absorber yang sama). Sedangkan pada variasi luas absorber (dengan luas apertur reflektor yang sama) daya kolektor terbesar didapatkan pada absorber dengan 4 sirip (luas absorber terbesar). Hal tersebut disebabkan pada luas apertur reflektor $1,2\text{ m}^2$ dan absorber dengan 4 sirip energi surya yang diterima minyak didalam absorber adalah yang terbanyak. Daya kompor tergantung dari jumlah energi surya yang diterima minyak dan efisiensi transfer kalor dari minyak ke air yang dipanaskan (Gambar 8).



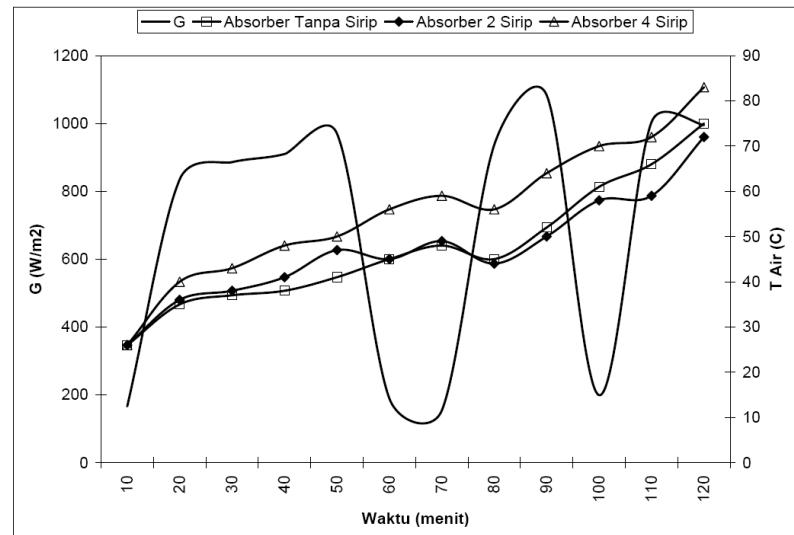
Gambar 2. Temperatur air pada variasi luas apertur reflektor

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

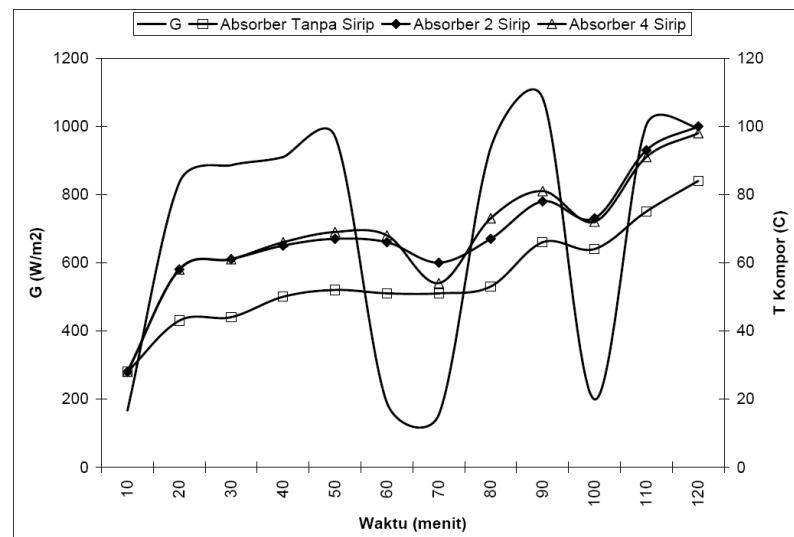
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 3. Temperatur kompor pada variasi luas apertur reflektor



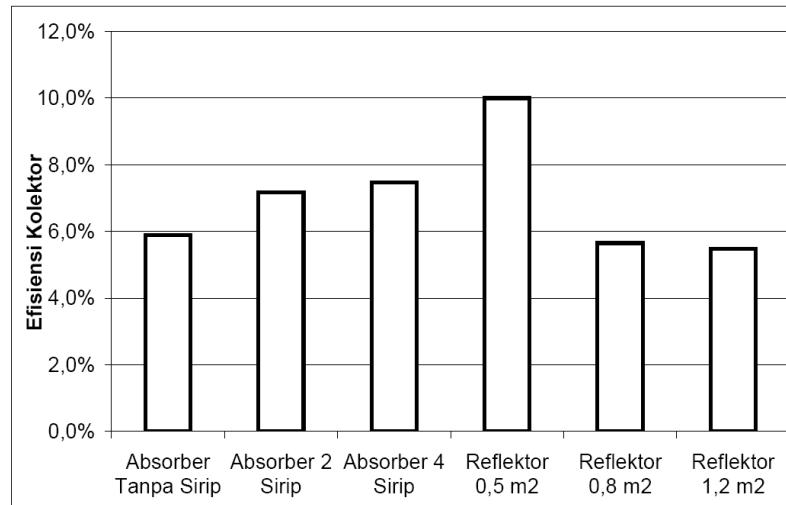
Gambar 4. Temperatur air pada variasi luas absorber



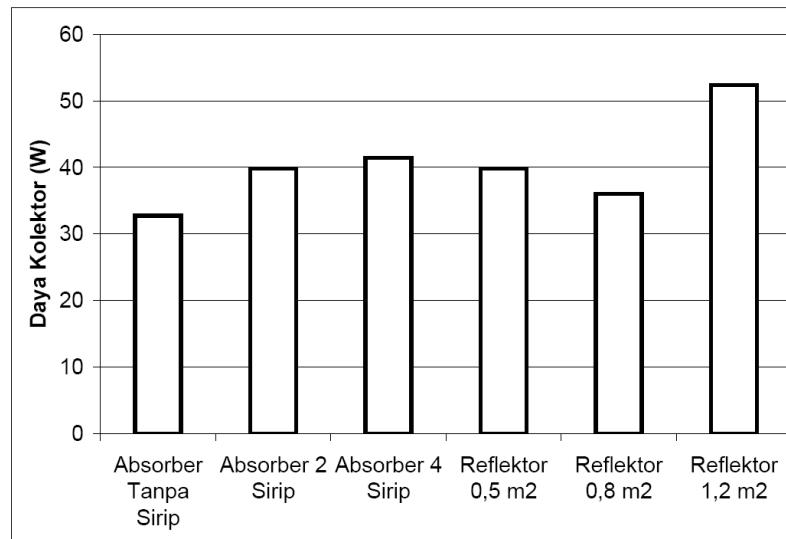
Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Gambar 5. Temperatur kompor pada variasi luas absorber



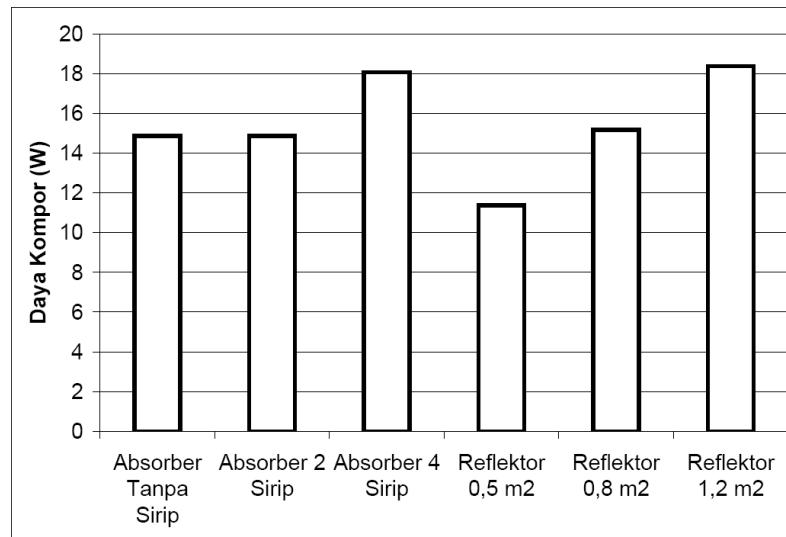
Gambar 6. Grafik efisiensi kolektor untuk semua variasi



Gambar 7. Grafik daya kolektor untuk semua variasi

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 8. Grafik daya kompor untuk semua variasi

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

KESIMPULAN

1. Temperatur maksimal air (media yang dipanasi) yang dapat dicapai sebesar 88°C pada variasi luas apertur $1,2 \text{ m}^2$ (dengan absorber tanpa sirip)
2. Efisiensi kolektor 9,99% pada variasi kompor dengan luas apertur reflektor $0,5 \text{ m}^2$ (absorber tanpa sirip)
3. Daya kompor 52,36 watt pada variasi luas apertur $1,2 \text{ m}^2$ (dengan absorber tanpa sirip)
4. Penambahan sirip pada absorber dapat mengatasi masalah ketidak presision fokus reflektor pada absorber
5. Udara dalam selubung kaca menyebabkan kerugian panas yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto, (1995). Teknologi Rekayasa Surya. Jakarta, Pradnya Paramita.
- Balzar, A.; Stumpf, P; Eckhoff, S.; Ackermann, H.; Grupp, M., (1996). A solar cooker using vacuum tube collectors with integrated heat pipes. Solar Energy 58(1-3), pp.63-68.
- Doraswami, A., (1994). A significant advance in solar cooking, Energy for Sustainable Development, Vol. I, No. 2.
- Duffie, J.A.; Beckman, W.A., (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, New York, John Wiley.
- Jagadeesh, A., (2000). Solar cooking in India, Solar Cooker Review, Vol.6, No.1.
- Kumar Rakesh; Adhikari, R.S.; Garg, H.P; Kumar Ashvini (2001) Thermal performance of a solar pressure cooker based on evacuated tube solar collector, Applied Thermal Engineering, 21, pp.1699-1706.
- Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral (2003), Kebijakan Pengembangan Energi Terbarukan Dan Konservasi Energi (Energi Hijau), Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral, Jakarta
- Morrison, G.L.; Di, J.; Mills, D.R., (1993), Development Of A Solar Thermal Cooking System, Report No 1993/FMT/1, ISBN 0-7334-0392-1.
- Schwarzer, K.; Krings, T., (1996), Demonstration and Field Test of Solar Cookers With Temporary Heat Storage in India and Mali (in German), Shaker-Verlag Aachen, ISBN3-8265-1981-7.*
- Sharma, S.D.; Sagara Kazunobu, (2004), Solar Cooker for Evening Cooking Using Latent Heat Storage Material Based on Evacuated Tube Solar Collector, 6th Workshop of IEA, ECES IA Annex 17, Arvika, Sweden.
- Silva, M.E.V.; Santana, L.L.P.; Alves, R.D.B.; Schwarzer, K., (2005). Comparative Study of two Solar Cookers: Parabolic Reflector and Flate Plate Collector Indirect Heating. Proceedings of Rio 05 World Climate and Energy Event, 15-17 February 2005, Rio de Janeiro, Brazil.
- Silva, M.E.V.; Schwarzer, K.; Medeiros, M.R.Q., (2002). Experimental Results of a Solar Cooker with Heat Storage, Proceedings of Rio 02 World Climate and Energy Event, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 89–93.
- Suharta, H.; Sayigh,A.M.; Nasser,S.H., (2005), Sun Cooking is the Best Practice in Indonesia, ISESCO Science and Technology Vision, Vol.1, May pp.69-75