

Performance test of a parabolic reflector solar cooker in the Lhokseumawe Region

Faisal Muhammad Nur^{1*}, Adi Setiawan¹, Muhammad Sayuthi¹, Suryadi¹, Syukri²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia

²Jurusan Teknik Kapal Niaga, Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Julok, Aceh Timur, Indonesia

*Corresponding Author: faisal.tm@unimal.ac.id

Article Processing Dates:

Received 2025-07-23

Accepted 2025-09-28

Available online 2025-09-30

Keywords:

Solar Energy

Solar Cooker

Parabolic Reflector

Thermal Efficiency

Renewable Energy

Abstract

The utilization of solar energy as a renewable energy source is becoming increasingly important to reduce dependence on fossil fuels. One of its applications is the parabolic reflector solar cooker, which harnesses solar radiation for cooking purposes. This study aims to evaluate the performance of a solar cooker equipped with a parabolic reflector through a water heating test. The study presents an analysis of the performance of a solar cooker using a parabolic reflector collector. The solar reflector was constructed from mirror fragments arranged to form a parabolic shape with a surface area of 1.05 m². The experiment was conducted in the Lhokseumawe region, Aceh Province, Indonesia, located at coordinates 5°12'11.01" N and 97° E, with an altitude of 18.3 m above sea level. Performance measurements were carried out using a water heating method with a vessel containing 3.2 kg of water placed at the focal point of the reflector. The solar radiation received by the collector was reflected toward the focal point, heating the water directly. The results showed that the water temperature increased to 82.4 °C within 60 minutes, from 12:00 to 13:00 local time (WIB). The overall efficiency of the solar cooker was found to be 33.9%. These findings indicate that the parabolic reflector solar cooker has strong potential as an environmentally friendly alternative energy source suitable for application in tropical regions.

Uji kinerja kompor tenaga surya reflektor parabolik dalam wilayah Kota Lhokseumawe

Abstrak Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi terbarukan semakin penting untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Salah satu aplikasinya adalah kompor tenaga surya reflektor parabolik yang dapat memanfaatkan radiasi matahari untuk kebutuhan memasak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja kompor tenaga surya dengan kolektor reflektor parabolik melalui pengujian pemanasan air. Hasil penelitian ini melaporkan kajian tentang kinerja kompor tenaga surya dengan kolektor parabolik. Solar reflector terbuat dari potongan-potongan cermin yang disusun mengikuti bentuk parabola dengan luas 1,05 m². Lokasi penelitian berada dalam wilayah Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh, pada koordinat 5°12'11.01" LU dan 97° BT dengan ketinggian 18,3 m di atas permukaan laut. Pengukuran kinerja dilakukan dengan metode uji pemanasan air menggunakan vessel berisi 3,2 kg air yang ditempatkan pada titik fokus reflektor. Radiasi matahari yang diterima oleh kolektor dipantulkan menuju titik fokus sehingga memanaskan air secara langsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa temperatur air meningkat hingga mencapai 82,4 °C dalam waktu 60 menit, mulai pukul 12:00 sampai 13:00 WIB. Nilai efisiensi kompor tenaga surya yang diperoleh adalah 33,9%. Temuan ini menunjukkan bahwa kompor tenaga surya reflektor parabolik berpotensi menjadi alternatif sumber energi ramah lingkungan yang dapat diterapkan di daerah tropis.

Kata kunci: Energi surya, kompor tenaga surya, reflektor parabolik, efisiensi termal, energi terbarukan

1. Pendahuluan

Salah satu alternatif yang banyak diteliti untuk mengatasi krisis energi adalah pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan [1]. Pemanfaatan energi radiasi matahari sebagai sumber energi terbarukan perlu digalakkan dalam rangka menghemat penggunaan sumber energi fosil yang semakin menipis ketersediaannya [2]. Bahan bakar minyak yang selama ini mudah diperoleh akan semakin

berkurang, sementara kayu bakar yang sempat tergeser oleh kerosin dan elpiji mulai kembali diminati, meskipun keberlanjutannya tidak dapat diandalkan. Oleh karena itu, energi surya menjadi salah satu alternatif potensial untuk memenuhi kebutuhan energi berkelanjutan [3].

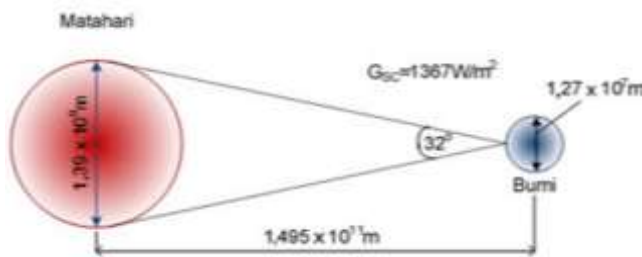
Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan dengan dua macam yaitu pemanfaatan fotovoltaiik dan termal. Penggunaan kompor tenaga surya merupakan

pemanfaatan energi surya secara termal. Penggunaan energi surya yang dikonversikan menjadi energi termal yang digunakan untuk memasak, mengeringkan hasil pertanian, dan memanaskan air telah berkembang pesat di daerah tropis dan subtropis di dunia.

Panas radiasi surya dikonsentrasikan pada satu titik fokus pada wajian parabola [4]. Teknik ini digunakan untuk merebus air. Bentuk dan kelengkungan kolektor parabolik ini sangat menentukan letak titik fokusnya yang nantinya berpengaruh pada kinerja dari kompor surya. Ukuran luas reflektor yang digunakan menentukan panas dan efisiensi yang dihasilkan. Reflektor dengan luasan besar menghasilkan panas serta efisiensi yang besar tetapi sangat tidak ekonomis untuk digunakan, sebaliknya reflektor dengan luasan kecil menghasilkan panas dan efisiensi rendah tetapi ringkas dan ekonomis dalam hal pemakaian.

2. Energi Surya untuk Memasak

Matahari mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk elips dan matahari berada pada salah satu pusatnya. Jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah $1,49 \times 10^{11}$ m [5] seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan matahari & bumi

Lintasan bumi terhadap matahari berbentuk ellipse, maka jarak antara bumi dan matahari adalah tidak konstan. Jarak terdekat adalah $1,47 \times 10^{11}$ m yang terjadi pada tanggal 3 Januari 2011, dan jarak terjauh pada tanggal 3 juli dengan jarak $1,52 \times 10^{11}$ m karena adanya perbedaan jarak ini, menyebabkan radiasi yang diterima atmosfer bumi juga akan berbeda. Daya radiasi rata-rata (G_{sc}) yang diterima atmosfer bumi adalah 1367 W/m^2 .

Terdapat dua macam pemanfaatan energi surya yaitu pemanfaatan fotovoltaiik dan termal. Pemanfaatan energi surya fotovoltaiik adalah untuk menghasilkan energi listrik. Energi surya yang diubah menjadi energi listrik hanya memiliki efisiensi sekitar 10% [6]. Terdapat sembilan pemanfaatan energi surya secara termal yang sudah dilakukan dan diterapkan dibeberapa negara yaitu: *Solar Water Heater, Solar cooker, Solar Driers, Solar Ponds, Solar Architecture, Solar Air Conditioning, Solar Chimney, Solar Destilasi/ purification, Solar Power Plant.*

2.1 Solar cooker

Memasak dengan energi surya sudah dimulai dan telah tercatat pada sebuah dokumen oleh seorang

fisikawan berkebangsaan Prancis-Swiss, Horrace de Saussure pada tahun 1767. Beliau menyatakan bahwa penelitian terhadap kompor surya di United State sudah mulai diteliti dengan beragam kasus sejak tahun 1940, namun hingga tahun 1970 perkembangan kompor surya masih belum berkembang dengan signifikan. Walaupun memang ada beberapa dokumen yang mencatat bahwa telah ditemukan dan dilakukannya percobaan sekitar tahun 1940 dan 1950-an.

Penelitian pertama mengenai kompor surya yang paling terkenal di United State adalah penelitian yang dikembangkan oleh Barbara Kerr dari Arizona. Dia merancang dan membuat solar cooker tipe box. Alat tersebut bekerja dengan cara menyerap energi surya dan mengkonversikannya menjadi panas dengan cara memperangkap panas ke dalam area yang tertutup. Panas yang terperangkap digunakan untuk memasak berbagai macam makanan. Temperatur pada solar cooker dapat mencapai 200°C .

Banyak perkembangan dan modifikasi yang telah diteliti untuk menghasilkan berbagai macam tipe kompor surya. Dimana perkembangan kompor surya yang telah diteliti meliputi perkembangan bentuk, ukuran, dan jenisnya. Perkembangan kompor surya dibagi menjadi tiga garis besar, kompor surya dengan menggunakan konsentrator, tanpa konsentrator dan tipe langsung [7] and [8].

2.2 Kompor tenaga surya reflektor parabolik

Kompor tenaga surya reflektor parabolik memiliki komponen-komponen yang dapat bekerja untuk memantulkan dan menyerap radiasi matahari agar dapat berfungsi. Komponen-komponen utamanya yaitu reflektor dan *frame*. reflektor berfungsi untuk memantulkan sinar matahari ke *vessel*. *Frame* (rangka) kompor surya berfungsi menompang semua komponen kompor surya. Reflector (pemantul) radiasi surya adalah alat yang digunakan untuk memantulkan radiasi surya secara langsung yang akan diterima *box cooker*. Arah reflektor diposisikan menghadap matahari untuk mendapatkan kinerja kompor yang maksimal.

Beragam jenis bentuk dan bahan reflektor telah diteliti untuk meningkatkan kinerja kompor surya. Salah satu bahan yang sering adalah aluminium foil. Aluminium foil dapat dibentuk sesuai dengan dimensi kompor surya dan memiliki daya pantul yang tidak terlalu baik. Material lain yang sering digunakan sebagai reflektor adalah cermin. Cermin merupakan material pemantul yang memiliki daya pantul yang lebih tinggi dari pada aluminium foil.

Pemantulan radiasi surya oleh reflektor menyebabkan peningkatan temperatur pada *box cooker*, hal ini terjadi karena radiasi surya tidak hanya berupa photon akan tetapi juga merupakan radiasi thermal [9]. Reflector surya parabolik dapat memantulkan radiasi sinar matahari yang dikonsentrasikan ke suatu titik fokus. Bentuk dan kelengkungan reflektor parabolik ini sangat

menentukan letak titik fokusnya yang nantinya berpengaruh pada kinerja dari kompor tenaga surya.

Titik fokus parabola (f) untuk kompor tenaga surya berbentuk parabolik dapat ditentukan berdasarkan diameter kolektor bagian atas (D) dan bawah (d) [10] seperti yang diperlihatkan oleh persamaan (1). Nilai f diukur tegak lurus pada garis sumbu pusat kolektor.

$$f = D^2/16d \quad (1)$$

Ukuran luas reflektor yang digunakan menentukan panas dan efisiensi yang dihasilkan. Ukuran reflektor dan bahan pada kompor tenaga surya tipe parabolik sangat mempengaruhi kinerja serta panas yang dihasilkan, semakin besar ukuran reflektor yang digunakan, maka semakin tinggi panas dan efisiensi yang dihasilkan [11].

Besarnya energi panas yang dikumpulkan oleh kompor (Q_{kol}) dalam Watt dapat dihitung dengan persamaan (2.2).

$$Q_{kol} = \varepsilon_K \cdot A_K \cdot I_t \quad (2)$$

Dimana Q_{kol} , ε_K , A_K dan I_t masing-masingnya adalah energi panas terkumpul (Watt), reflektivitas cermin (0,82), luas dari kolektor (m^2) dan intensitas radiasi (W/m^2) [12].

Vessel merupakan wadah yang digunakan untuk memasak. Bentuk yang biasa digunakan untuk vessel adalah silinder. Bagian luar dari vessel dilapisi/dicat warna hitam. Vessel harus dapat menyerap panas secara baik terutama panas radiasi. Radiasi yang didapatkan adalah energi radiasi matahari langsung yang dipantulkan oleh reflektor parabolik ke titik fokus dimana vessel ditempatkan.

Energi yang diterima air yang berada di dalam vessel juga berubah [10]. Besarnya energi kalor tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$Q_{air} = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (2.3)$$

Dimana Q_{air} , m , C_p , T_2 , T_1 masing-masingnya adalah energi yang di terima air (J), massa air (kg), panas jenis air (4.200 J/kg. °C), temperatur akhir (°C) dan temperatur awal (°C).

Efisiensi merupakan nilai yang digunakan untuk menentukan perbandingan energi masuk atau diberikan ke sistem dengan energi yang berguna atau yang dihasilkan oleh sistem tersebut [10]. Besarnya efisiensi pada kompor surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

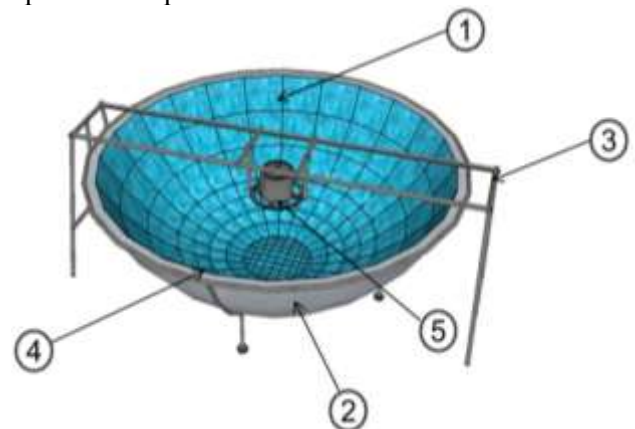
$$\eta_{th} = \frac{Q_{air} / \Delta t}{Q_{kol}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

Dimana η_{th} , Q_{air} , Δt , dan Q_{kol} masing-masingnya adalah efisiensi termal kompor (%), energi yang diterima air (J), selang waktu pertambahan energi (s) dan energi yang diterima oleh kolektor (W).

3. Metode Penelitian

Kompor tenaga surya yang digunakan untuk penelitian ini merupakan kompor tenaga surya hasil rancangan. Gambar 2 memperlihatkan kompor tenaga surya hasil rancangan dan bagian-bagiannya. Bagian-bagian tersebut adalah 1. Solar reflector, 2. Plat seng mengikuti bentuk parabolic untuk tempat solar reflector ditempelkan, 3. Kerangka penompang vessel, 4. Kerangka penopang kolektor parabolik dan 5. Vessel.

Solar reflector pada kompor tenaga surya menggunakan cermin yang dipotong-potong dan disusun mengikuti bentuk parabolic yang telah dirancang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3. Vessel digunakan sebagai wadah untuk memasak terbuat dari bahan alumunium dengan menggunakan penutup dan dicat hitam dimana penyerapan panas dapat maksimal. Tutup vessel diberi lobang dengan ukuran kecil untuk dapat memasukkan probe dari alat ukur temperatur. Foto vessel yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Kolektor surya parabolik

Pengukuran kinerja kompor surya dilakukan dengan menggunakan metode uji pemanasan air. Air dengan massa 3,2 kg ditempatkan dalam vessel. Vessel tersebut kemudian diletakkan pada posisi titik focus dari kolektor parabolic untuk mendapatkan refleksi panas radiasi dari matahari.



Gambar 3. Solar reflektor



Gambar 4. Vessel

Termometer digunakan untuk mengukur temperatur air, temperatur dinding vessel sisi dalam dan sisi luar serta temperatur lingkungan. Sebuah alat ukur intensitas cahaya matahari juga ditempatkan pada lokasi pengujian. Jam dan stopwatch merupakan alat yang digunakan untuk mengukur waktu selama pengujian berlangsung.

Setelah unit kompor tenaga surya dan pemasangan alat ukur terpasang dengan baik selanjutnya dilakukan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan tiap 10 menit selama satu jam. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 April 2016, dimulai pada jam 12.00 sampai dengan jam 13.00 wib. Berdasarkan jam matahari saat tersebut merupakan saat radiasi maksimal yang bisa diperoleh. Saat tersebut posisi matahari berada tegak lurus terhadap arah kolektor.

Lokasi penelitian bertempat di halaman Laboratorium teknik mesin universitas Malikussaleh, kampus Bukit Indah yang berada dalam wilayah kota Lhokseumawe, provinsi Aceh dengan posisi koordinat $5^{\circ} 12' 11.01''$ LU dan 97° BT dengan ketinggian 18,3 m di atas permukaan laut.

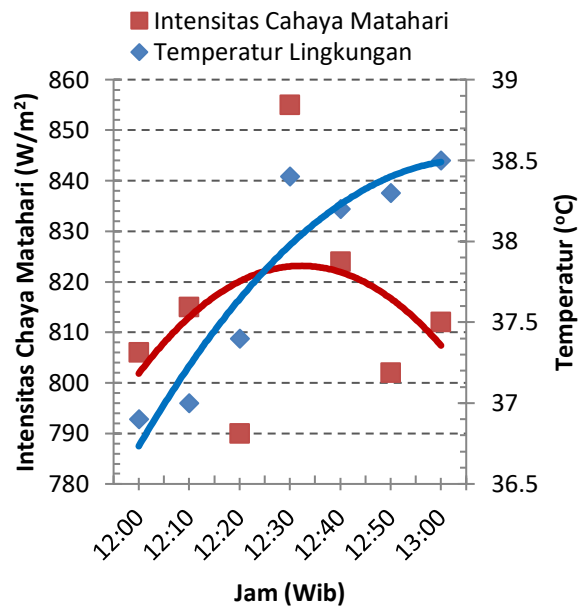
4. Hasil dan Pembahasan

Kondisi cuaca saat pengujian berlangsung adalah sangat cerah dan langit bersih tak berawan. Kondisi angin berhembus perlahan. Perubahan nilai intensitas matahari dan temperatur lingkungan yang diukur tiap 10 menit sekali dari jam 12.00 sampai dengan 13.00 wib di lokasi penelitian diperlihatkan pada Gambar 5. Terlihat bahwa intensitas cahaya matahari yang terbaca pada alat ukur di lokasi penelitian mengalami fluktuasi.

Saat awal pengukuran sampai 10 menit kemudian nilai intensitas cahaya matahari cenderung naik dengan kelajuan 1 W/m^2 tiap menitnya hingga mencapai 805 W/m^2 . Namun 10 menit kemudian mengalami penurunan hingga 790 W/m^2 atau dengan kelajuan $-1,5 \text{ W/m}^2$ tiap menitnya. Ini merupakan nilai intensitas terendah yang terukur saat pengujian. Setelah 10 menit kemudian intensitas mengalami kenaikan yang sangat tajam hingga 855 W/m^2 atau dengan kata lain mengalami kenaikan 6.5 W/m^2 tiap menitnya. Ini merupakan nilai intensitas maksimal yang dicapai saat itu di lokasi pengujian yang terjadi pada jam 12.30 wib. Jam 12.30

hingga jam 12.50 wib intensitas cahaya matahari mengalami penurunan sebesar $2,6 \text{ W/m}^2$ tiap menitnya. Lalu 10 menit kemudian mengalami kenaikan sebesar 1 W/m^2 tiap menitnya.

Nilai rata-rata intensitas cahaya matahari selama satu jam dari jam 12.00 hingga jam 13.00 dapat disimpulkan berdasarkan kecenderungannya. 30 menit awal intensitas cahaya matahari mengalami kenaikan dengan kelajuan rata-rata sebesar $0,67 \text{ W/m}^2$ tiap menitnya dan 30 menit kemudian mengalami penurunan dengan kelajuan rata-rata $0,5 \text{ W/m}^2$ tiap menitnya.



Gambar 5. Grafik perubahan intensitas cahaya matahari & temperatur lingkungan terhadap waktu saat pengujian

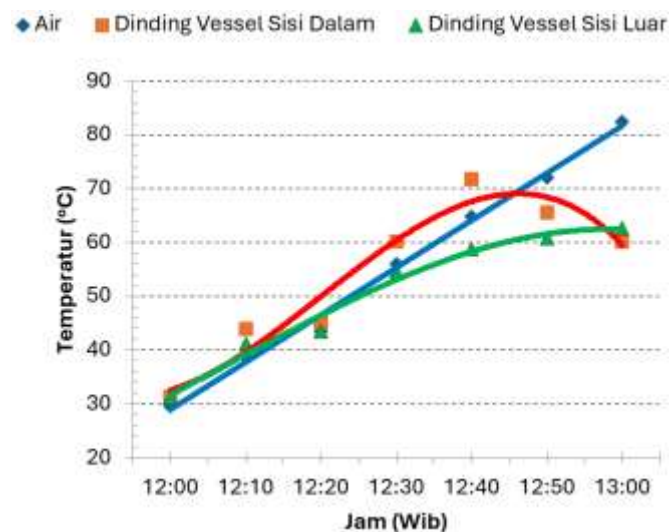
Gambar 5 juga memperlihatkan garis kecenderungan hasil pengukuran temperatur lingkungan selama pengujian dari jam 12.00 sampai 13.00 Wib. Terlihat bahwa temperatur lingkungan cenderung naik dari 36.52 hingga $38,50^{\circ}\text{C}$ selama satu jam. Dengan kata lain temperatur lingkungan naik dengan kelajuan $0,033^{\circ}\text{C}$ permenitnya.

Gambar 6 memperlihatkan grafik perubahan temperature air dalam vessel dan temperatur dinding vessel bagian luar dan dalam. Temperatur air dan vessel saat awal berada dalam keadaan kesetimbangan dengan lingkungan. Seiring dengan penyerapan panas yang diterima vessel maka temperatur air dan vessel mengalami kenaikan.

Terlihat bahwa pada 15 menit awal antara jam 12.00 – 12.15 kenaikan temperatur air masih lebih rendah dari kenaikan temperatur vessel. Namun setelah jam 12.15 kenaikan temperatur air berada di atas kenaikan temperatur dinding vessel sisi luar. Setelah jam 12.45 temperaur air telah berada di atas temperatur dinding vessel sisi dalam. Temperature air mengalami kenaikan dengan kelajuan $0,88^{\circ}\text{C}$ tiap menitnya.

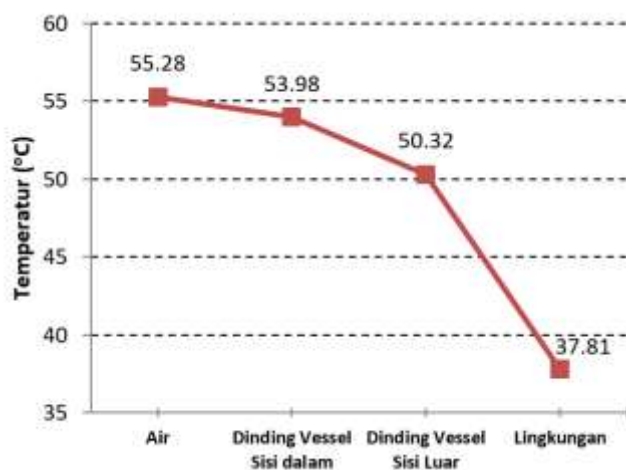
Gambar 6 juga memperlihatkan bahwa kenaikan

temperature dinding vessel bagian dalam selalu lebih tinggi dari temperatur dinding vessel bagian luar. Temperature dinding vessel bagian dalam dan luar masing-masing mengalami kenaikan temperatur dengan kelajuan 0.53°C dan 0.48°C tiap menitnya.



Gambar 6. Grafik perubahan temperatur air & dinding vessel pada KTS terhadap waktu.

Grafik yang terbentuk pada Gambar 7 terlihat berupa garis slope dengan suatu gradient yang menghubungkan nilai temperatur dari air, dinding dalam & luar vessel serta lingkungan. Nilai tersebut merupakan nilai temperatur rata-rata selama pengujian.



Gambar 7. Grafik nilai rerata temperatur air, dinding dalam & luar vessel serta lingkungan.

Arah perpindahan panas yang terjadi dapat diperkirakan berdasarkan perbedaan temperatur. Berdasarkan grafik nilai temperatur yang diperlihatkan pada Gambar 7 dapat diperkirakan bahwa arah perpindahan panas yang terjadi yaitu dari air ke dinding vessel dan ke lingkungan. Perpindahan panas yang paling besar terjadi secara konveksi dari dinding luar vessel ke lingkungan.

Nilai intensitas cahaya matahari yang diperlihatkan

pada Gambar 5 dapat ditentukan nilai rata-ratanya. Kenaikan temperatur air dalam vessel dari jam 12.00 hingga 13.00 diperlihatkan oleh Garfik 6 dapat digunakan untuk menghitung besar panas yang diterima oleh air. Berdasarkan kedua data tersebut maka efisiensi dari kompor masak surya ini dapat ditentukan yaitu sebesar 33,9 %.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah diuraikan dapat disimpulkan bahwa pemanasan 3,2 kg air dalam suatu vessel menggunakan kompor tenaga surya kolektor parabolik yang menggunakan jenis reflektor cermin dengan luas $1,05\text{ m}^2$ pada lokasi koordinat $5^{\circ} 12' 11.01''$ LU dan 97° BT dapat meningkatkan temperatur air dari $29,6^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai $82,4^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 60 menit dari jam 12.00 sampai jam 13.00 Wib. Nilai efisiensi untuk sistem kompor tenaga surya ini adalah 33,9%.

Referensi

- [1] N. Armaroli and V. Balzani, "The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities", *Angew. Chemie*, vol. 46, pp. 52–66, 2007.
- [2] C. Nurwati, "Peningkatan Efisiensi Absorpsi Radiasi Matahari pada Solar Water Heater dengan Pelapisan Warna Hitam", Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 2012.
- [3] R. Martin, "Design of Solar Ovens for Use in the Developing World", *Int. J. Serv. Learn. Eng.* India, 2006.
- [4] D. V. Pieter, Energi yang Terbarukan Buku Panduan PNPM Mandiri. Tim Contained Energi. Indonesia., 2010.
- [5] B. W. Duffie JA, "Solar Engineering of Thermal Processes", Third Edit. New York: John Wiley & Sons Inc., 2006.
- [6] Sujono, "Inventarisasi Permasalahan pada Instalasi Solar House Sistem Di Wilayah Yogyakarta", Teknik Fisika UGM, Yogyakarta, 2009.
- [7] A. Saxena, Varun, S. P. Pandey, and G. Srivastav, "A Thermodynamic Review on Solar Box Type Cookers," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 6, pp. 3301–3318, 2011.
- [8] R. M. Muthusivagami, R. Velraj, and R. Sethumadhavan, "Solar Cookers with and without Thermal Storage—A Review", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 2, pp. 691–701, 2010.
- [9] Mulyano. D, Pengaruh Penambahan Reflektor terhadap Karakter Arus Tengangan dan Efisiensi Sel Surya", Skripsi. Solo: UNS, 2003.
- [10] Marwani, 2011. "Potensi Penggunaan Kompor Energi Surya untuk Kebutuhan Rumah Tangga"

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya, Palembang.

- [11] Afris Ramadhi dkk. 2014, "Pengaruh Luas Tangkap Reflektor terhadap Kinerja Kompor Tenaga Surya Tipe Parabolik", Teknik Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- [12] Jufrizal. 2013. "Studi Eksperimental Performansi Thermal Energi Storage yang Terintegrasi dalam Kolektor Surya Plat Datar", Universitas Sumatera Utara Medan.