

Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel terhadap Koefisien Laju Konveksi pada *Solar Water Heater*

Shafa Salsabila¹, Tahdid², Isnandar Yunanto³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

e-mail: shafaegc@gmail.com

Abstrak

Cadangan minyak bumi Indonesia yang semakin menipis merupakan masalah yang dihadapi saat ini. Air panas merupakan kebutuhan manusia yang umumnya dipanaskan dengan kompor minyak, kompor LPG dan pemanas listrik yang masih menggunakan energi fosil sebagai bahan bakarnya. Upaya guna menangani permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan sebagai pengganti energi fosil. Energi yang dimanfaatkan pada penelitian ini adalah energi surya menggunakan alat *Solar Water Heater*. Pengambilan data dilakukan pada laju alir tetap yaitu 1,5 L/menit. Suhu output tertinggi diperoleh sebesar 63 °C pada intensitas cahaya 96.000-98.000 lux dengan sudut kemiringan panel 20° dan 25°. Koefisien konveksi tertinggi sebesar 1366,639 W/m²°C berada pada intensitas cahaya 96.000-98.000 lux dengan sudut kemiringan panel 20° dan 25°. Semakin tinggi intensitas cahaya dan sudut kemiringan panel, suhu output semakin tinggi. Kemiringan panel memberikan pengaruh yaitu dengan bertambahnya suhu, viskositas semakin rendah dan bilangan reynold semakin besar sehingga berpengaruh pada bertambahnya nilai koefisien konveksi.

Kata kunci: *Intensitas Cahaya, Panel, Koefisien Konveksi*

Abstract

Indonesia's dwindling petroleum reserves are a problem faced today. Hot water is a human need that is generally heated by oil stoves, LPG stoves and electric heaters that still use fossil energy as fuel. Efforts to deal with these problems are to utilize renewable energy as a substitute for fossil energy. The energy utilized in this study is solar energy using a Solar Water Heater tool. Data was collected at a fixed flow rate of 1.5 L/min. The highest output temperature was obtained at 63°C at a light intensity of 96,000-98,000 lux with panel tilt angles of 20° and 25°. The highest convection coefficient of 1366.639 W/m²°C was at a light intensity of 96,000-98,000 lux with panel tilt angles of 20° and 25°. The higher the light intensity and panel tilt angle, the higher the output temperature. The slope of the panel has an effect, namely with increasing temperature, the viscosity gets lower and the Reynold's number gets bigger so that it affects the increase in the value of the convection coefficient.

Keywords : *Light Intensity, Panel, Convection Coefficient*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang terjadi penggunaan energi fosil juga semakin meningkat. Keperluan manusia yang sangat penting untuk sehari-hari salah satunya adalah air panas. Manusia pada umumnya menggunakan tungku api, kompor minyak, kompor LPG dan pemanas listrik untuk memanaskan air. Dengan mempertimbangkan kondisi cadangan minyak bumi dan gas yang semakin berkurang dan pasokan listrik yang masih kurang memadai di beberapa tempat, maka energi alternatif diperlukan sebagai solusi dalam memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu energi alternatif yang tepat digunakan sebagai pengganti energi fosil adalah energi surya mengingat bahwa

energi surya dapat didapatkan dengan mudah dan selalu tersedia. Energi surya juga dinilai aman karena ramah lingkungan dan tidak menyebabkan terjadinya polusi dan tidak mencemari bumi.

Potensi energi surya yang berada di Indonesia cukup besar, karena Indonesia terletak di garis khatulistiwa sehingga dapat memperoleh intensitas radiasi matahari yang tinggi. Di Indonesia sendiri, rata-rata sinar matahari yang diterima adalah 4,5 kWh/m² per harinya dengan rata-rata 4 sampai 8 jam penyinaran (Solarex, 1996). Untuk memaksimalkan pemanfaatan energi panas matahari yang dapat digunakan untuk memanaskan air digunakan suatu perangkat yang dapat mengumpulkan energi matahari sampai kepermukaan bumi, dimana perangkat atau alat itu adalah kolektor surya (Nanda dkk, 2018). Dengan potensi energi yang besar, menjadikan banyak energi radiasi tersebut dapat digunakan sebagai pemenuhan air panas melalui kolektor surya (Ifadah, 2019). Kolektor perlu didesain agar bisa dengan mudah diatur sudutnya untuk mendapatkan sudut operasi yang paling optimal (Prayoga, 2019). Ketika cahaya matahari menimpa alat pemanas air tenaga surya, sebagian besar cahayanya akan diserap oleh kolektor dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi didalam pipa pemanas air, sedangkan sisanya akan dipantulkan kembali ke lingkungan (Purnama dkk, 2015).

Penggunaan LPG dan pemanas listrik yang tidak lepas dari biaya yang akan semakin meningkat merupakan permasalahan yang cukup serius. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi penghematan dalam hal tersebut. Dengan menimbang penghematan dalam jangka waktu yang panjang, maka alat *Solar Water Heater* merupakan pilihan yang tepat. Penggunaan *Solar Water Heater* sebagai pemanas air dapat menekan biaya penggunaan listrik dan penggunaan gas LPG yang digunakan untuk memanaskan air dalam beberapa tahun. Pada badan Pusat Statistik (BPS) tercatat bahwa pada tahun 2021 sekitar 82,78% rumah tangga di Indonesia menggunakan bahan bakar gas elpiji untuk memasak yang mana hal ini menjadi yang terbesar dibandingkan penggunaan bahan bakar lainnya. Provinsi dengan persentase rumah tangga yang menggunakan gas elpiji untuk memasak tertinggi adalah Sumatera Selatan, yakni sebanyak 92,40% (BPS, 2021).

Solar Water Heater atau Pemanas Air Tenaga Surya merupakan sebuah sistem yang menggunakan energi matahari untuk memanaskan air melalui kolektor surya yang kemudian hasilnya disimpan ke dalam tangki penyimpanan yang kemudian dapat didistribusikan sesuai kebutuhan. Kinerja dari pemanas air tenaga surya ini tergantung dari jumlah energi panas matahari yang terserap oleh sistem. Prinsip kerja yang terjadi pada alat ini adalah prinsip termosifon, yaitu air panas memiliki massa jenis yang lebih kecil daripada air yang lebih dingin. Hal ini menyebabkan bagian air yang panas akan merambat ke bagian atas kolektor, masuk ke dalam tangki penyimpanan di bagian atas tangki dan mendesak air yang lebih dingin di dalam tangki penyimpanan menuju ke bagian bawah tangki penyimpanan. Air dingin yang berada pada bagian bawah tangki selanjutnya akan keluar dari tangki penyimpanan melalui pipa aliran air dingin masuk kolektor dari bagian bawah kolektor, sehingga air akan terus bersirkulasi untuk mendapatkan panas yang optimal.

Pada alat *Solar Water Heater* ini, digunakan kolektor yang berbahan dasar aluminium yang berasal dari kaleng bekas yang dicat berwarna hitam. Kolektor yang dipilih berbahan aluminium dikarenakan aluminium memiliki nilai konduktivitas termal yang tinggi yaitu sekitar 205-250 W/m.K. Pada panel kolektor dalam alat *Solar Water Heater* ini digunakan pipa yang berbahan dasar *stainless steel* sebagai tube penyalur air. *Stainless steel* memiliki kelebihan

yaitu tahan karat dan memiliki kekuatan yang baik untuk menahan beban tertentu. *Stainless steel* memiliki sifat mekanik laju keausan, keuletan, kekuatan, kekerasan, ketahanan panas serta tahan terhadap korosi yang baik.

Dalam penelitian terdahulu, dikatakan bahwa semakin besar intensitas matahari maka konstanta laju pemanasan semakin besar dengan nilai konstanta laju pemanasan konveksi (h) yang menandakan laju pemanasan yang terjadi semakin cepat (Ridwan dkk, 2019). Dari penjabaran di atas, maka lingkup penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan penelitian mengenai alat *Solar Water Heater* dengan menggunakan kolektor plat absorber berbahan aluminium dan tube berbahan *stainless steel* guna meningkatkan suhu air panas yang dihasilkan dari proses penyerapan dan perpindahan panas cahaya matahari yang terjadi pada panel kolektor dengan variabel penelitian intensitas cahaya dan kemiringan panel kolektor.

METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental murni dan dilakukan analisa percobaan dengan menghitung perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi untuk mengetahui nilai koefisien laju konveksi pada alat *Solar Water Heater*. Variabel tetap pada penelitian yang dilakukan adalah laju alir yang diatur sebesar 1,5 L/menit, sedangkan variabel bebas pada penelitian ini adalah intensitas cahaya (90.000 lux, 92.000 lux, 94.000 lux, 96.000 lux, dan 98.000 lux) dan sudut kemiringan panel (5°, 10°, 15°, 20°, dan 25°). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya dengan waktu pelaksanaan kurang lebih satu bulan.

Bahan yang digunakan untuk penelitian alat *Solar Water Heater* adalah air yang disuplai dari PDAM. Komponen alat yang digunakan dalam penelitian *Solar Water Heater* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Komponen alat *Solar Water Heater*

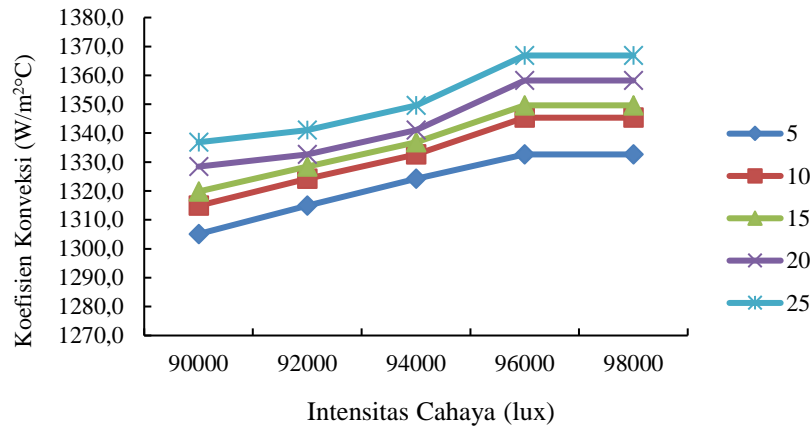
Komponen	Spesifikasi	Jumlah
<i>Tube Stainless Steel</i>	Diameter = 1,5 inch	21 buah
<i>Storage Tank</i>	Kapasitas = 50 L	1 unit
Plat Aluminium (Kolektor)	Dimensi = 200 cm x 98 cm	200 buah
Kaca Penutup Kolektor	Dimensi = 217 cm x 108 cm	1 buah
Pompa	Daya = 300 Watt	1 buah

Prosedur penelitian dimulai dengan pengukuran intensitas cahaya menggunakan luxmeter. Ketika intensitas cahaya mendekati atau sesuai dengan variabel, pengambilan data dapat dilakukan. Dengan laju alir 1,5 L/menit, kemiringan diatur sesuai dengan variasi yang ditetapkan. Pengambilan data yang dilakukan adalah mengukur suhu output dengan thermometer dan mengukur suhu panel dengan termogun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hubungan Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel terhadap Koefisien Laju Konveksi *Solar Water Heater*

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, diperoleh hasil analisa *output Solar Water Heater* terhadap nilai koefisien laju konveksi seperti yang tertera pada Gambar 1.



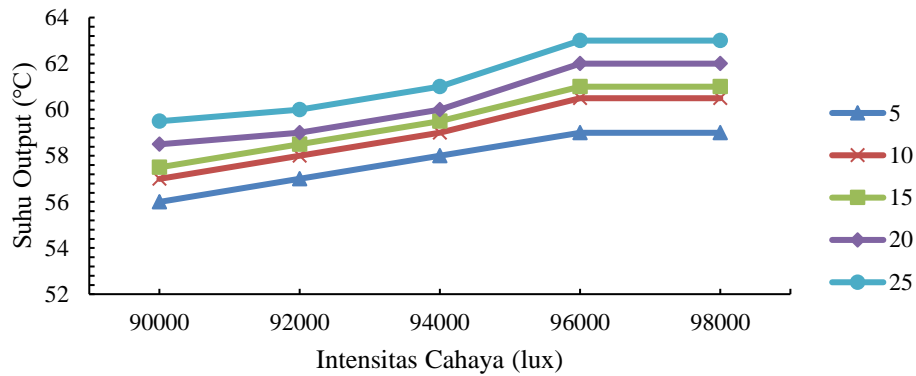
Gambar 1. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel terhadap Koefisien Konveksi Solar Water Heater

Menurut Zemansky (1962), sifat-sifat konveksi bergantung pada beberapa faktor seperti bentuk dinding tube (datar atau melengkung, horizontal atau vertical), kecepatan fluida, bentuk fluida, kalor yang diserap, serta kerapatan, viskositas, kalor spesifik, dan konduktivitas termal fluida. Cahaya matahari sebagai sumber kalor yang diserap oleh kolektor berpengaruh pada naiknya hasil koefisien konveksi karena semakin besar intensitas cahaya maka semakin besar kalor yang diserap. Hal ini berpengaruh pada suhu output yang akan meningkat. Semakin besar suhu output yang dihasilkan, maka akan semakin besar temperatur rata-rata yang didapatkan. Besarnya temperatur rata-rata ini berpengaruh pada penentuan nilai dari densitas, viskositas kinematik, konduktivitas termal, dan bilangan Prandtl yang akan digunakan pada perhitungan bilangan Reynold dan bilangan Prandtl. Kedua bilangan tersebut digunakan dalam mencari nilai koefisien laju konveksi, sehingga dapat dikatakan bahwa intensitas cahaya berpengaruh secara langsung terhadap nilai dari koefisien laju konveksi. Hal ini didukung oleh penelitian Suwito (2013) yang menyatakan bahwa, jika kenaikan intensitas cahaya matahari diikuti dengan kenaikan temperatur permukaan pipa absorber, maka nilai koefisien konveksi (h) juga akan semakin meningkat.

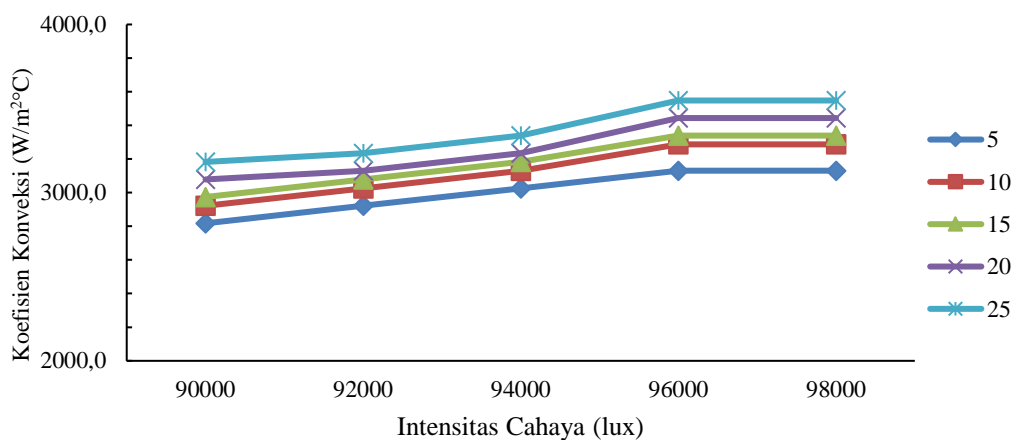
Hal lain yang memengaruhi besarnya laju koefisien konveksi adalah sudut kemiringan panel kolektor. Sudut kemiringan panel sendiri pada dasarnya tidak memberikan pengaruh secara langsung terhadap besarnya koefisien konveksi karena sudut kemiringan panel tidak termasuk ke dalam perhitungan. Akan tetapi, sudut kemiringan panel kolektor secara tidak langsung memberikan pengaruh pada hidrodinamika di dalam tube. Menurut Amala (2022), kemiringan panel tidak berpengaruh langsung terhadap nilai koefisien konveksi, namun berpengaruh secara tidak langsung dengan lebih lama menahan air dipanaskan di kolektor sehingga memperbesar viskositas fluida dan memperbesar nilai Reynold. Kemiringan panel yang tepat menyebabkan semakin rendahnya viskositas seiring dengan bertambahnya suhu yang berpengaruh pada penambahan nilai Reynold dan berujung pada bertambah besarnya nilai koefisien konveksi.

Analisis Hubungan Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel terhadap Koefisien Laju Konveksi Solar Water Heater

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, diperoleh hasil analisa *output Solar Water Heater* terhadap suhu *output* dan kalor energi yang terserap seperti tertera pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel terhadap Suhu Output Solar Water Heater



Gambar 3. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kemiringan Panel terhadap Kalor yang Terserap

Perbandingan suhu output yang dihasilkan berdasarkan variasi intensitas cahaya terlihat cukup signifikan, dimana suhu output yang dihasilkan terus meningkat seiring dengan kenaikan intensitas cahaya matahari. Dari grafik dapat dilihat bahwa suhu output yang dihasilkan pada intensitas cahaya 90.000 lux cukup rendah bila dibandingkan dengan suhu output pada hari dengan intensitas cahaya 96.000 dan 98.000 lux. Pada range intensitas cahaya 96.000-98.000 lux suhu air yang dihasilkan adalah sama yaitu 63 °C, yang merupakan temperatur maksimal yang didapat dari penelitian ini. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya 96.000 lux adalah intensitas cahaya yang optimal. Kenaikan intensitas cahaya ke 98.000 lux menghasilkan suhu output yang mulai konstan karena adanya keterbatasan daya penghantar panas (konduksi) antara kolektor dan tube *stainless steel*. Posisi kemiringan panel kolektor yang tepat akan membuat dinamika fluida menjadi seimbang, sehingga prinsip termosifon dapat bekerja dengan baik dan dapat dihasilkan suhu output yang tinggi.

Pada penelitian diperoleh energi sensibel terbesar pada intensitas cahaya matahari 96.000 lux dan 98.000 lux yaitu sebesar 3.547,90 Watt pada kemiringan panel 20° dan 25°. Sedangkan untuk energi sensible terendah ada pada intensitas cahaya 90.000 lux dengan kemiringan panel 5° yaitu berjumlah 2817,45 Watt. Kalor sensible merupakan kalor yang

digunakan suatu zat untuk merubah temperature zat tersebut. Jika zat menerima kalor maka temperaturnya akan naik, sedangkan jika zat melepaskan kalor maka akan terjadi penurunan temperature. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin tinggi kalor yang dapat diserap oleh kolektor, hal ini yang menyebabkan terjadinya kenaikan pada grafik.

SIMPULAN

Koefisien konveksi tertinggi sebesar $1366,872 \text{ W/m}^2\text{C}$ berada pada intensitas cahaya 96.000-98.000 lux dengan sudut kemiringan panel 25° karena besarnya intensitas cahaya berpengaruh terhadap suhu output yang dihasilkan. Semakin besar suhu output, semakin besar koefisien laju konveksi alat *Solar Water Heater*. Sudut kemiringan panel kolektor secara tidak langsung memberikan pengaruh pada suhu output yaitu semakin rendahnya viskositas seiring dengan bertambahnya suhu berpengaruh pada penambahan nilai reynold dan berujung pada bertambah besarnya nilai koefisien konveksi. Suhu output maksimal yaitu 63°C diperoleh pada variasi penelitian dengan intensitas cahaya 96.000 lux dan 98.000 lux dan kemiringan panel tertinggi yaitu 25° .

DAFTAR PUSTAKA

- Amala, A. K., Setiono, A., Zulkarnain, R., Tarisa, Ridwan, K. A., Erlinawati, Amin, J. M., & Tahdid. 2022. *Prototype Alat Solar Water Heater Ditinjau dari Laju Alir Air dan Sudut Kemiringan Panel terhadap Perpindahan Panas Konveksi*. Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia, 2(11), 461–467.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Konsumsi Energi Penggunaan Bahan Bakar*. Jakarta, Indonesia.
- Ifadah Daud. 2019. *Rancang Bangun Solar Water Heater Tipe Spiral dan Serpentine Tube Kapasitas 30 L/Jam*. Skripsi. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Nanda, J. A. R., Sutjahjono, H, & Djumhariyanto, D. 2018. *Analisa Thermal Kolektor Surya Pelat Datar yang Dilengkapi PCM Campuran Parafin dengan Bahan Berbasis Minyak*. Jurnal STATOR, Vol 1, No. 1. Universitas Jember.
- Prayoga, A. 2019. *Pengaruh Plat Absorber pada Solar Water Heater Terhadap Efisiensi Kolektor*. Tugas Akhir. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Purnama, Riki, Eko Setyadi Kurniawan, dan Ashari. 2015. *Perancangan Alat Peraga Kolektor Surya Pemanas Air Guna Menjelaskan Suhu Dan Kalor Pada Kelas X SMA Muhammadiyah Purworejo*. Jurnal Pendidikan, (Online). Universitas Muhammadiyah Purworejo. Volume 06 No.1.
- Ridwan, K. A., Syarif, A., Buhori, A., & Apriansyah. 2019. *Kajian Rancang Bangun Solar Water Heater (SWH) Analisis terhadap Koefisien Laju Konveksi dan Efisiensi Pemanasan Air*. Jurnal Kinetika, Vol. 10, No. 03: 9-13.
- Solarex. 1996. *Discover The Newest World Power*, Frederick Court, Maryland USA.
- Suwito A. O. P., & Darsopuspito, S. 2013. *Analisa Performa Kolektor Surya Tipe Parabolic Trough sebagai Pengganti Sumber Pemanas pada Generator Sistem Pendingin Difusi Absorpsi*. JURNAL TEKNIK POMITS, Vol 2, No. 3.
- Zemansky, M. W., & Dittman, R. H. 1962. *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: ITB, p.98.