

Kajian Pengaruh Ketinggian Dinding Kolektor Surya Pemanas Udara dengan Pengganggu Aliran Udara Tipe Melintang

Made Surya Pandita^{1,b} dan Ketut Astawa^{1,c} Sucipta^{1,a*}, I Putu

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana

Kampus Unud, Bukit Jimbaran, Badung, 80361, Indonesia

email: m.sucipta@gmail.com, putusuryapandita@yahoo.com, awatsa@yahoo.com

Abstrak

Perbaikan performa kolektor surya pelat datar pemanas udara telah dilakukan dengan penambahan pengganggu aliran udara dengan menggunakan besi silinder yang dipasang melintang disepanjang arah aliran udara yang tersusun *staggered*. Pada kolektor yang dirancang ini, dinding kolektor pada sisi samping kolektor dibuat lebih tinggi dari saluran masuk udara, sehingga membentuk suatu rongga. Ketinggian ini diharapkan berfungsi sebagai sirip dan juga rongga penerima radiasi surya. Akan tetapi, yang menjadi kendala adalah pada ketinggian tertentu perluasan dinding kolektor ini akan menjadi penghalang radiasi surya yang masuk dan menimpa kolektor. Untuk memaksimalkan penyerapan radiasi surya tersebut, maka pengaruh variasi ketinggian dinding kolektor telah diteliti. Penelitian dilakukan pada kolektor surya dengan luasan tertentu dan laju alir massa udara yang dijaga konstan. Tiga variasi ketinggian dinding kolektor telah diuji pada penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada laju alir masa udara tertentu yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan ketinggian dinding kolektor dapat meningkatkan performa kolektor surya yang diteliti, akan tetapi peningkatan tersebut tidak linier yang mengindikasikan akan ada batas tertentu dimana peningkatan ketinggian dinding kolektor akan menjadi tidak efektif lagi.

Kata kunci : Energi surya, Kolektor surya, Pemanas udara, Ketinggian dinding, Performa kolektor

Latar belakang

Energi merupakan kebutuhan pokok manusia dalam menjalankan aktivitas kegiatan sehari-harinya baik dalam bidang industri maupun dalam bidang rumah tangga. Saat ini, di Indonesia pada umumnya masyarakat masih menggunakan sumber energi yang bersumber dari minyak bumi yang diprediksi pada suatu saat nantinya akan habis. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Dalam pemanfaatan energi diperlukan kebijakan dan pengaturan yang lebih baik dan terencana, yang dikenal sebagai konservasi energi. Konservasi energi pada prinsipnya adalah manajemen penggunaan energi yang efektif dan efisien yang disertai dengan usaha-usaha untuk mencari teknologi baru dengan memanfaatkan sumber energi baru dan terbarukan.

Energi surya adalah salah satu energi baru dan terbarukan yang belakangan ini terus dikembangkan di Indonesia. Keuntungan-keuntungan yang sering diungkapkan seperti karena ketersediaannya yang hampir sepanjang tahun, relatif murah dan ramah lingkungan

membuat pemanfaatan energi surya ini banyak diteliti untuk proses pengumpulan energinya.

Salah satu alat yang digunakan untuk proses pengumpulan energi surya tersebut adalah dengan menggunakan kolektor surya. Pada awal penelitian ini telah dirancang kolektor surya pelat datar dengan penambahan pengganggu aliran udara menggunakan susunan besi silinder (*banks of tubes*) yang dipasang melintang di sepanjang arah aliran dengan susunan *staggered*, dimana aliran udaranya berada dibawah pelat penyerap. Hal ini dirancang dengan membuat susunan *banks of tubes* tersebut berada disaluran udara diantara pelat penyerap dan pelat bawah kolektor [1]. Perbaikan performa dari rancangan kolektor surya tersebut telah diteliti pula yaitu dengan melepaskan pelat penyerap sehingga *banks of tubes* tersebut langsung terpapar tertimpa radiasi matahari, dalam hal ini pelat bawah otomatis menjadi pelat penyerap. Dan hasilnya menunjukkan performa yang lebih baik dari sebelumnya [2].

Rancangan kedua kolektor surya tersebut pada dasarnya tidak seperti kolektor surya pelat datar pada umumnya untuk aliran diatas pelat penyerap

[3-7]. Pada kolektor surya ini telah dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai bentuk rongga untuk memperoleh pengaruh *cavity receiver* pada kolektor surya. Hal ini dilakukan dengan merancang ketinggian dinding kolektor yang diatur sedemikian rupa sehingga penutup kaca terangkat dari saluran udara utama.

Pada penelitian ini telah dikaji pengaruh ketinggian dinding kolektor surya tersebut terhadap performanya. Hal yang mendasari penelitian ini adalah adanya bentuk rongga tersebut, disamping akan memaksimalkan penyerapan radiasi surya di satu sisi, dalam hal ini dinding kolektor dapat berfungsi pula sebagai permukaan yang diperluas (sirip), yaitu akan dapat menambah luas bidang penyerapan radiasi surya yang masuk kedalam kolektor. Tetapi disisi yang lain, ketinggian dinding kolektor akan memberikan efek bayangan ke saluran udara kolektor surya terutama bila posisi matahari dengan radiasi suryanya tidak berada tepat diatas kolektor surya.

Metode

Rancangan kolektor surya yang diteliti seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kolektor surya pelat datar yang diteliti ini secara rinci dilengkapi dengan penganggu aliran berupa besi silinder yang tersusun *staggered* dengan jarak *pitch longitudinal* sebesar 20 mm dengan merancang komponen yang lainnya dalam kondisi yang sama seperti penelitian sebelumnya [2], yaitu luas kolektor sebesar $0,6 \text{ m}^2$, dengan lebar $W = 0,5 \text{ m}$ dan panjang $L_c = 1,2 \text{ m}$. Pelat penyerap pada kolektor ini terbuat dari pelat besi dengan ketebalan 1,2 mm yang dicat hitam. Kaca bening dengan ketebalan 5 mm digunakan sebagai penutup transaran pada kolektor yang diteliti ini. Penganggu aliran yang tersusun *staggered* menggunakan besi silinder berdiameter 12 mm. Pada bagian bawah dan samping kolektor diisolasi dengan menggunakan material yang tersusun dari *styrofoam* dan triplek dengan ketebalan 10 mm dan 4 mm secara berturut-turut. Selanjutnya dilakukan modifikasi ketinggian dinding kolektor dari awalnya 12 cm menjadi 17 cm dan 22 cm seperti diilustrasikan pada Gambar 2. Pengujian dilakukan terpisah untuk masing-masing variasi ketinggian dinding kolektor tersebut tetapi pada hari yang berurutan untuk menghindari perbedaan radiasi surya yang menimpa permukaan bumi yang terlalu besar.

Pemasangan alat pengukur suhu di titik-titik tertentu pada kolektor serta alat ukur lainnya seperti pada penelitian sebelumnya [2]. Selanjutnya dilakukan pengujian pada kolektor

surya dengan cara pengamatan dan pencatatan data-data parameter yang ditunjukkan oleh alat ukur. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan energi berguna secara aktual dan efisiensi termal sesaatnya. Dalam perhitungannya beberapa sifat fisik material penyusun kolektor ini diperoleh dari Ref. [8].

Kemudian hasil dari ketiga variasi tersebut dibandingkan sehingga diperoleh performa terbaik dari pengaruh variasi ketinggian dinding kolektor yang diuji.

Pengujian kolektor surya untuk masing-masing variasi ketinggian dinding kolektor dilakukan selama 6 jam yaitu mulai pukul 10.00 Wita sampai dengan pukul 16.00 Wita. Udara masuk kedalam kolektor dihembuskan menggunakan blower. Laju alir massa udara dijaga sebesar 0,03 kg/s dengan menggunakan pengukuran tekanan pada manometer yang dipasang pada saluran masuk kolektor yang selanjutnya dikonversikan menjadi laju alir massa udara. Prosedur pengujian secara rinci mengikuti prosedur yang sudah dijalankan seperti penelitian sebelumnya [2]. Selanjutnya dilakukan pengukuran parameter-parameter yaitu diantaranya suhu udara luar yang diasumsikan sama dengan suhu udara masuk kedalam kolektor dan suhu udara keluar yang diukur dengan menggunakan termometer. Suhu pelat penyerap, penutup kaca dan besi penganggu aliran yang diukur menggunakan termokopel tipe K serta intensitas radiasi surya yang diukur dengan menggunakan *solar powermeter* yang sudah terkalibrasi.

Dari pengukuran parameter-parameter diatas selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh energi berguna kolektor yang merepresentasikan besarnya energi pemanasan udara menurut persamaan berikut:

$$Q_u = \dot{m}c_p(T_o - T_i) \quad (1)$$

dimana:

Q_u : Energi berguna kolektor (W).

\dot{m} : Laju alir massa udara (kg/s).

c_p : Panas jenis udara (J/kg. $^{\circ}\text{C}$).

T_o : Suhu udara keluar kolektor ($^{\circ}\text{C}$).

T_i : Suhu udara masuk kolektor ($^{\circ}\text{C}$).

Jadi pada penelitian ini perhitungan energi berguna dihitung berdasarkan besarnya energi yang mampu diserap udara masuk kolektor. Perhitungan teoritis yang dilakukan terhadap besarnya intensitas radiasi surya yang mampu diserap pelat penyerap setelah melewati kaca penutup dan kehilangan energi ke lingkungan melalui permukaan kaca penutup dan yang

menembus isolasi kolektor tidak dianalisis lebih dalam pada makalah ini.

Efisiensi termal sesaat pemanasan udara pada kolektor surya merupakan perbandingan antara besarnya energi berguna yang diperoleh dan besarnya intensitas radiasi surya yang menimpa kolektor [9]. Pada penelitian ini, perhitungan energi berguna kolektor didasarkan pada energi yang mampu diserap udara masuk ke kolektor secara aktual. Sehingga, secara matematika efisiensi termal sesaat tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta_k = \frac{\int Q_u dt}{A_c \int I_T \cdot dt} \quad (2)$$

dimana:

η_k : Efisiensi termal sesaat kolektor.

A_c : Luasan kolektor (m^2).

I_T : Intensitas radiasi surya (W/m^2).

dt : Selang waktu pengujian (s).

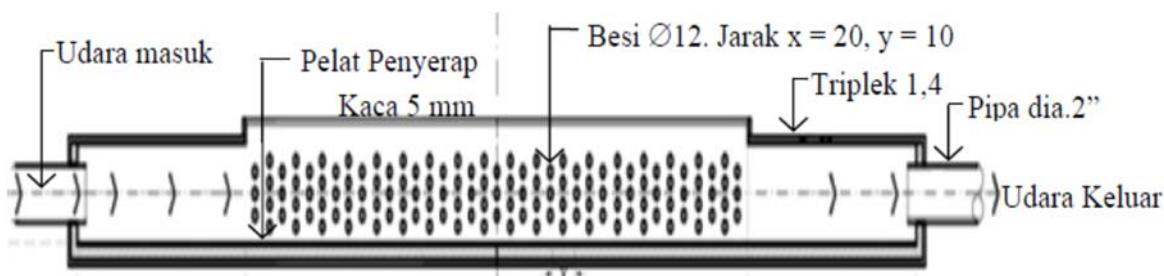
Hasil dan Pembahasan

Data intensitas radiasi surya yang diperoleh selama pengujian, udara ambient yang digunakan sebagai udara masuk kedalam kolektor serta kondisi lingkungan lainnya diasumsikan tidak berubah banyak mengingat selang hari pengujian yang dilakukan secara berturut-turut. Dari pengamatan lingkungan juga menunjukkan cuaca selama pengujian menunjukkan kecenderungan yang sama. Secara garis besar besarnya intensitas radiasi surya yang diperoleh selama

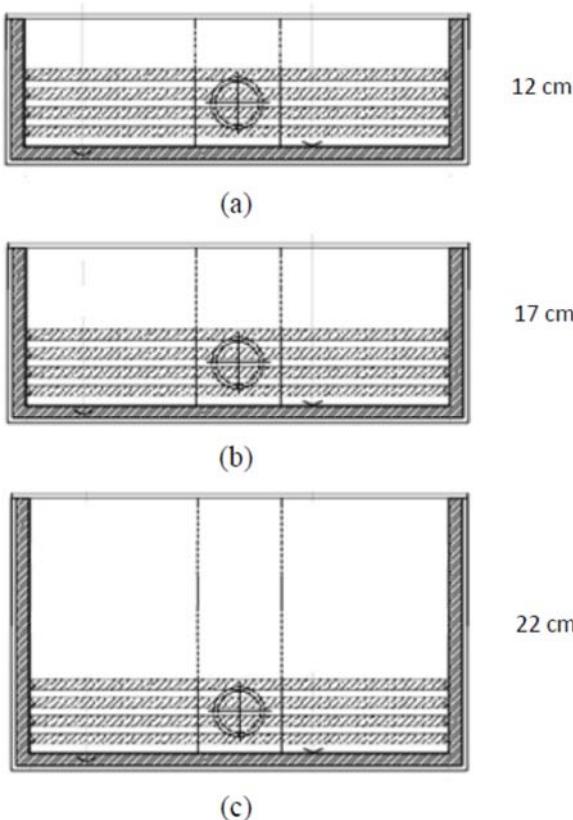
pengujian ditunjukkan pada Gambar 3. Tampak bahwa kisaran besarnya intensitas radiasi surya hampir sama sepanjang hari selama pengujian meskipun pada waktu-waktu tertentu ada fluktuasi.

Demikian pula tampak bahwa besarnya suhu udara masuk juga tidak berubah secara signifikan, yaitu sekitar $35^\circ C$. Akan tetapi, hasil untuk suhu udara keluar kolektor terjadi perbedaan yang cukup signifikan untuk perbedaan variasi ketinggian dinding kolektor surya yang diteliti. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 3 juga dapat diamati bahwa besarnya suhu udara keluar kolektor sangat tergantung pada besarnya intensitas radiasi surya, hal ini sangat jelas karena sumber energinya sendiri adalah energi surya. Suhu udara keluar kolektor tertinggi diperoleh sebesar $57^\circ C$ pada kolektor dengan ketinggian dinding sebesar 22 cm dan pada waktu siang hari. Tetapi yang perlu dicatat bahwa selama pengujian juga diperoleh informasi bahwa pada suatu saat bisa terjadi dengan intensitas radiasi surya yang kecil tapi suhu udara keluar kolektor masih cukup tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena respon pengamatan besarnya intensitas radiasi surya dapat segera dideteksi tetapi pengamatan perubahan suhu udara keluar kolektor tidak segera berubah secara signifikan. Disamping faktor-faktor tersebut, kondisi cuaca lingkungan sesaat juga berpengaruh terhadap hasil penelitian yang diperoleh meskipun bukan merupakan faktor yang berubah secara dominan mengingat kondisi cuaca cenderung berubah lambat.



Gambar 1. Skema kolektor surya pelat datar dengan penganggu aliran tersusun *staggered*



Gambar 2. Skema variasi ketinggian dinding kolektor: (a) ketinggian dinding 12 cm, (b) ketinggian dinding 17 cm, dan (c) ketinggian dinding 22 cm

Secara rerata dari hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa dengan rerata suhu udara masuk dan intensitas radiasi surya yang tidak berubah secara signifikan tetapi diperoleh bahwa suhu udara keluar kolektor terjadi peningkatan suhu yang signifikan dengan adanya peningkatan ketinggian dinding kolektor. Untuk kolektor dengan ketinggian dinding 12 cm diperoleh rerata suhu udara keluar kolektor sebesar $48,3^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk ketinggian dinding kolektor 17cm dan 22 cm diperoleh suhu udara keluar kolektor masing-masing sebesar $49,6^{\circ}\text{C}$ dan $50,7^{\circ}\text{C}$ secara berturut-turut.

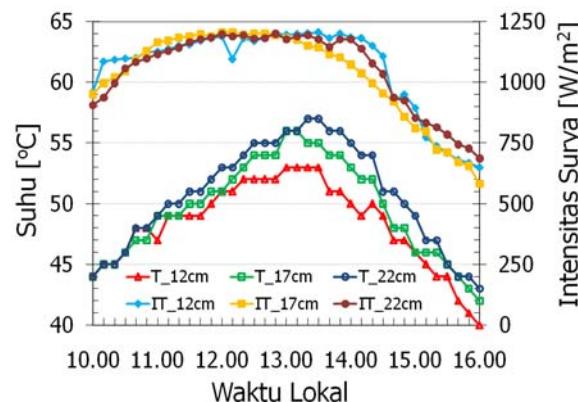
Namun, yang perlu dicatat juga bahwa peningkatan suhu keluar kolektor ini tidak berubah secara linier melainkan terjadi peningkatan secara logaritmik.

Dampak dari kecenderungan perubahan suhu udara keluar dan suhu udara masuk kolektor diperoleh bahwa besarnya energi berguna kolektor yang diperolah juga cenderung meningkat dengan meningkatnya ketinggian dinding kolektor, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Hal ini bisa dimengerti karena dengan mengacu pada Pers. 1, bahwa untuk laju alir massa yang sama dan sifat aliran fluida yang tidak berubah banyak, maka faktor perbedaan suhu udara keluar dan masuk

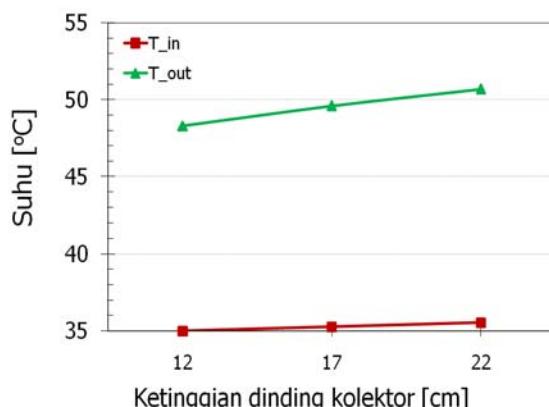
kolektor menjadi faktor yang dominan dalam memperoleh besarnya energi berguna kolektor.

Hasil perhitungan dengan menggunakan Pers. 2, yang hasilnya sudah ditampilkan pada Gambar 5, selanjutnya diperoleh informasi bahwa efisiensi termal sesaat kolektor cenderung juga akan meningkat dengan meningkatnya ketinggian dinding kolektor. Efisiensi termal sesaat kolektor rerata tertinggi diperoleh untuk kolektor dengan ketinggian dinding 22 cm yaitu sebesar 72,6%, sedangkan efisiensi termal rerata terendah sebesar 63% diperoleh pada variasi ketinggian dinding kolektor 12 cm. Untuk ketinggian dinding kolektor 17 cm, efisiensi termal rerata yang diperoleh hanya mencapai 70,4%.

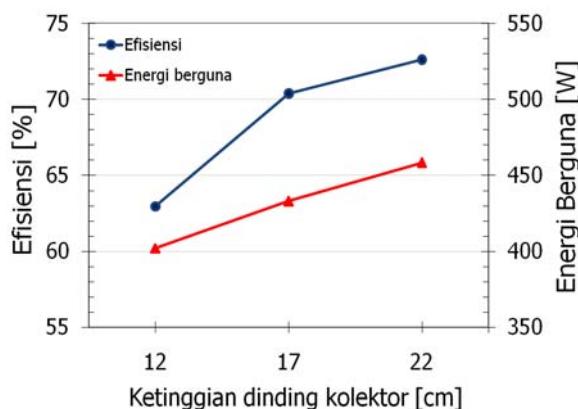
Menarik untuk diamati pula, secara jelas tampak bahwa peningkatan efisiensi yang terjadi tidak linier. Hal ini dapat berarti bahwa ada batas tertentu dengan meninggikan dinding kolektor akan tidak berkontribusi secara positif terhadap peningkatan efisiensi termal sesaat yang diperoleh.



Gambar 3. Suhu udara keluar kolektor untuk ketiga variasi ketinggian dinding kolektor dan besarnya intensitas radiasi surya selama waktu pengujian



Gambar 4. Suhu udara masuk dan keluar kolektor rerata untuk ketiga variasi ketinggian dinding kolektor



Gambar 5. Energi berguna kolektor dan efisiensi termal sesaat untuk ketiga variasi ketinggian dinding kolektor

Kalau kembali lagi ke pengamatan selama penelitian diperoleh bahwa dengan peningkatan dinding kolektor akan terjadi pengaruh bayangan dinding kolektor tersebut menimpa permukaan kolektor, terutama di pagi dan sore hari. Tampak dari Gambar 3, besarnya suhu udara keluar kolektor cukup rendah diawal dan diakhir waktu pengujian. Pengaruh bayangan dinding kolektor dan kecilnya besaran intensitas radiasi surya yang menimpa kolektor akan mempengaruhi secara signifikan terhadap suhu udara keluar kolektor tersebut.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa dengan meningkatnya ketinggian dinding kolektor surya akan dapat meningkatkan performa dari kolektor surya pelat datar dengan penganggu aliran tersusun *staggered*. Dalam hal ini, performa yang dimaksud dapat dilihat dari peningkatan suhu udara keluar kolektor, energi berguna dan efisiensi termal sesaat kolektornya. Akan tetapi, peningkatan performa tersebut ternyata tidak berubah secara linier yang mengindikasikan ada batas tertentu peningkatan ketinggian dinding kolektor tersebut menjadi kurang signifikan.

Referensi

- [1] I.K.H. Wahyudi, Analisa Performansi Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Penganggu Aliran Berupa Besi Silinder Melintang Yang Disusun Staggered, Skripsi Teknik Mesin Universitas Udayana, 2013.
- [2] M. Sucipta, I.P.S. Pandita, K. Astawa, Pengaruh Jarak Pitch Longitudinal Penganggu Aliran Tersusun Staggered Terhadap Performa Kolektor Surya Pemanas Udara, Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan V (KNEP V), 26-27 Juni 2014, Denpasar.
- [3] I.G.K. Sukadana, M. Sucipta, dan I.M.D. Wijaya, Analisa Performa Kolektor Surya Pelat Datar Bersirip dengan Aliran di Atas Pelat Bersirip, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin ‘Cakram’, Vol. 4, No. 1 (2010) 7-15.
- [4] M. Sucipta, I.M. Suardamana, dan K. Astawa, Analisa Performa Kolektor Surya Pelat Bersirip dengan Variasi Luasan Permukaan Sirip, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin ‘Cakram’, Vol. 4, No. 2 (2010) 88-92.
- [5] I.M. Suardamana, I.M.W.A. Sucipta, K. Astawa, dan M. Sucipta, Kajian Kolektor Surya Pemanas Udara Dengan Pelat Bersirip Sebagai Alternatif Alat Untuk Proses Pengeringan Pada Jasa Binatu, Prosiding Konferensi Nasional Engineering Perhotelan (KNEP), 22-23 Juli 2010, Denpasar, 1828-1836.
- [6] M. Sucipta, Analisis Performa Kolektor Surya Pelat Datar yang Menggunakan Tabung Vakum Sebagai Penutup Kolektor, Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin VIII (SNTTM-VIII), 11-14 Agustus 2009, Semarang.
- [7] M. Sucipta, dan D. Ichsan, Analisa Performansi Alat Pengering Gabah Tenaga Surya, Jurnal Poros, Vol. 7, No. 4 (2004).
- [8] F.P. Incropera, dan D.P. de Witt, Fundamental of Heat and Mass Transfer, John Wiley & Sons, Inc, Singapore, 1994.
- [9] J.A. Duffie, dan W.A. Beckman, Solar Engginering of Thermal Processes, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc, New York, 1991.