

UJI PRESTASI KOLEKTOR SURYA TIPE PIPA DUA LAPIS TERHADAP VARIASI SUDUT KEMIRINGAN

Bambang Yunianto

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH. Tembalang, Semarang

b_yunianto@undip.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki energi radiasi yang melimpah, dimana rata-rata energi radiasi yang diperoleh adalah $4,8\text{kWh/m}^2$ setiap hari sepanjang tahun. Kebutuhan akan air panas yang cukup besar pada skala rumah tangga yaitu sekitar 50L air panas baik itu digunakan untuk mandi maupun untuk mencuci. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut biasanya menggunakan pemanas listrik maupun gas dimana hal tersebut memakan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu potensi energi matahari dapat dimanfaatkan untuk pemanas air dengan menggunakan kolektor surya sebagai penangkap energi panas matahari. Pada penelitian ini penulis menggunakan tipe kolektor surya plat datar yang dimodifikasi menggunakan pipa dua lapis atas bawah, dengan total pipa atas 8 buah dan pipa bawah 7 buah dengan kapasitas 24. L. Adapun sinar matahari digantikan dengan simulasi matahari yaitu menggunakan dua buah lampu halogen 500W. Posisi kolektor diuji dengan variasi sudut kemiringan $0^0, 10^0, 20^0$, dan 30^0 . Kemiringan kolektor dimaksudkan untuk mendapatkan temperatur dan efisiensi maksimal yang dihasilkan pemanas air. Pemanas air ini menghasilkan temperatur tertinggi yang didapatkan pada sudut kemiringan 30^0 dengan nilai temperatur $64,9^0\text{C}$ dan efisiensi 42%.

Kata kunci: energi surya, intensitas radiasi, kolektor surya, pemanas air, simulasi surya

PENDAHULUAN

Energi matahari atau radiasi surya adalah radiasi yang dihasilkan oleh reaksi fusi nuklir di inti matahari. Energi Surya menjalar melalui luar angkasa menuju permukaan bumi. Dimana dalam penjalarnya tersebut 30% energi matahari dipantulkan kembali ke angkasa, 30% diserap atmosfer dan bumi, 19% diserap oleh awan, serta 51% nya diabsorpsi oleh permukaan bumi (Ahrens dan C.Donald. 2003). Sumber energi terbarukan seperti energi matahari ini dapat digunakan untuk kebutuhan manusia, dimana energi ini lebih ramah lingkungan dan lebih murah dibandingkan dengan energi fosil. Indonesia merupakan negara yang memiliki energi radiasi yang melimpah, dimana rata-rata energi radiasi yang diperoleh adalah $4,8\text{kWh/m}^2$ setiap hari sepanjang tahun (Septiadi dkk, 2009).

Salah satu pemanfaatan dari energi surya ini adalah pemanas air tenaga surya. Dalam kehidupan sehari-hari manusia memerlukan air panas, baik itu untuk mandi maupun untuk kebutuhan lainnya. Kebutuhan akan air panas pada skala rumah tangga maupun skala besar seperti hotel, villa, maupun rumah sakit dapat berbeda, dimana untuk skala rumahan kebutuhan akan air panas adalah 50-100 L sedangkan untuk skala besar seperti hotel membutuhkan 100-150 L per hari. Hal tersebut dipengaruhi oleh seberapa

banyak kebutuhan air panas diperlukan (Badan Standarisasi Nasional, 2005).

Pemanas air yang biasa beredar di pasar dan banyak digunakan adalah pemanas air yang menggunakan gas atau listrik, dimana dalam penggunaannya memakan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu perlunya suatu pengembangan suatu sistem yang dapat menopang kebutuhan air panas masyarakat namun dengan biaya yang lebih sedikit. Pemanas air tenaga surya merupakan salah satu teknologi energi terbarukan dimana energi panas matahari dimanfaatkan untuk memanasi kolektor surya dimana panas matahari tersebut akan diserap oleh plat absorber dan akan memanasi air yang mengalir didalamnya. Air panas memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan air dingin, sehingga menyebabkan terjadinya aliran konveksi alami didalam pipa absorber.

Vettrivel dan Mathiazhagan (2017) melakukan pengujian perbandingan *single* dan *double glazing* pada kolektor surya plat datar. Dimensi kolektor sebesar 1m x 0,6m dan kapasitas 16 L. Didapatkan temperatur maksimum sebesar 65°C pada *double glazing* dan pada *single glazing* sebesar 52°C . Pengujian kolektor surya tipe tanki telah dilakukan dengan kapasitas 17 liter. Didapatkan temperatur maksimum sebesar $65,62^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 830W/m^2 (Guntar 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan temperatur maksimal yang dihasilkan pemanas air kolektor surya dengan fungsi kemiringan sudut kolektor, mendapatkan nilai efisiensi pemanas air kolektor surya terhadap variasi sudut kemiringan .

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan studi literatur sebagai acuan dalam memilih jenis pemanas air kolektor surya yang akan digunakan dalam pengujian. Kemudian dilakukan pengujian dengan variasi kemiringan dan jenis sumber energi radiasi. Pengujian dilakukan dalam suatu ruangan sehingga pemanas air tidak menerima sinar matahari langsung.. Sebagai gantinya dipakai simulator matahari yaitu berupa dua lampu halogen 500 watt. Hasil dari pengujian yaitu diperoleh data temperatur air pada tiap posisi sensor, temperatur sisi-sisi kolektor, temperatur ruangan, dan intensitas radiasi sumber energi. Adapun alat uji dan beserta peralatan ditunjukkan pada Gambar 1.

Pemilihan alat uji pemanas air kolektor surya dipilih berdasarkan beberapa faktor. Salah satu faktor yang memengaruhi ialah kapasitas pemanas air. Target kapasitas mengacu kepada pemakaian air hangat (40 °C) untuk mandi sektor rumah tangga yaitu 50 liter per hari. Oleh sebab itu kapasitas pemanas air yang dipilih adalah 23,5 liter dengan target temperatur 60 °C. Air panas output dari pemanas air kolektor surya ini akan dicampur dengan air pada suhu ruangan dengan target suhu air campuran 40 °C.

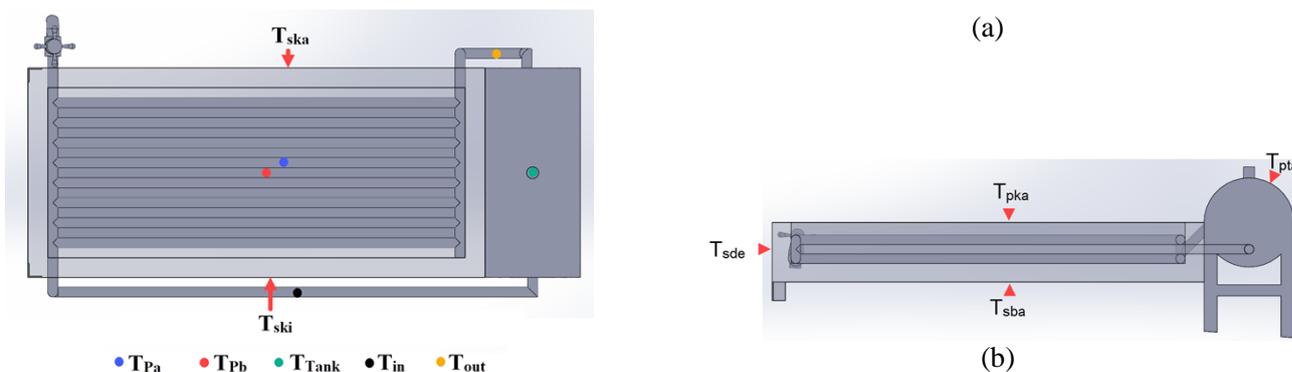
Pemilihan jenis kolektor ini dipilih berdasarkan faktor kapasitas dari kebutuhan air panas pada skala rumah tangga. Dimana target tersebut mengacu pada kebutuhan akan air hangat untuk mandi pada rumah tangga, yaitu 50 L perhari air panas suhu 40°C. Dengan mengacu pada target tersebut maka jenis kolektor yang dipilih harus memenuhi target kapasitas tersebut.

Pemanas air tenaga surya ini dibuat berbeda dengan yang ada di pasaran yaitu dengan menggunakan kolektor dengan bentuk pipa dua

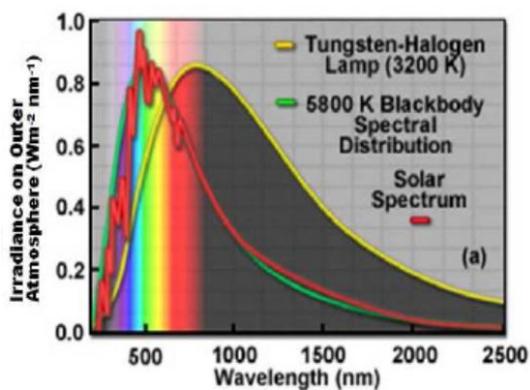
lapis atas bawah Pemanas air dibuat sedemikian rupa dimaksudkan untuk memperbanyak jumlah air yang dipanaskan dalam kolektor, karena dengan penggunaan dua lapis pipa atas bawah jumlah pipa yang dipanaskan akan lebih banyak dibandingkan dengan satu lapis. Pemanas air tenaga surya ini dilengkapi dengan tangki penyimpanan air dimana tanki tersebut berfungsi untuk menampung air yang telah dipanaskan sekaligus sebagai tempat pengisian air baru. Pemanas air ini dipilih bertujuan untuk memperkecil ukuran pemanas dimana kolektor plat datar di pasaran memiliki dimensi yang besar, serta kolektor jenis ini dipilih karena harganya lebih murah dan bentuknya sederhana.

Pembuatan alat ini berdasar pada kolektor plat datar yang dikembangkan dengan menambah jumlah lapis pipa menjadi dua lapis. Kolektor pemanas air tenaga matahari ini terbuat dari pipa almunimun yang di cat hitam dan dimasukan kedalam kotak insulator yang terbuat dari aluminium yang di isi *rockwool* sebagai *insulatornya*. Pemanas air ini menggunakan *silicon lubrication* pada bagian sambungan antara kaca dengan kotak insulator. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi kebocoran dengan udara luar. Pada bagian tanki juga dilapisi insulator berupa *rockwool* agar suhu panas pada air tidak mudah keluar dari tanki. Pada bagian alas dan sisi dalam kolektor dilapisi reflector dari bahan *aluminium foil*. Reflektor ini berfungsi untuk memantulkan kembali enegi yang datang ke permukaan dinding dalam ke pipa-pipa kolektor.

Di bawah ini ditunjukkan desain pemanas air tenaga surya, dimana pemanas ini terdiri dari kolektor pemanas dan tanki penyimpanan air. Gambar 1. menunjukkan desain alat uji dan skema posisi pemasangan sensor. Sensor yang digunakan adalah termokopel tipe K. Pada Gambar 2 dapat dilihat perbandingan spektrum radiasi benda hitam antara halogen dan matahari serta skema pengujian dalam kondisi penggunaan simulasi surya.



Gambar 1. Skema posisi pemasangan sensor pengujian (a) tampak atas (b) tampak samping.



(a)

Gambar 2. (a) Spektrum radiasi benda hitam matahari vs halogen (Shatat dkk, 2013)



(b)

(b) Skema pengujian kondisi simulasi surya

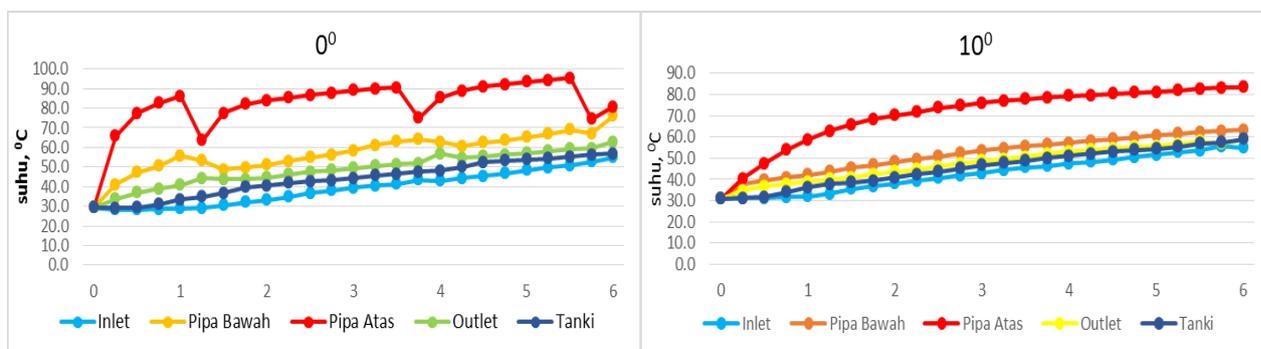
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Pengujian pemanas air tenaga simulasi surya dilakukan pada bulan Mei tahun 2017. Pengujian dilakukan didalam ruangan, yaitu bertempat di B302 Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Pengujian dilaksanakan selama 6 jam setiap satu kali pengujian. Hal ini mengacu kepada durasi efektif matahari selama satu hari, yaitu pukul 09.00 hingga 15.00 WIB. Pengujian

divariasikan berdasarkan sudut kemiringan pemanas air.

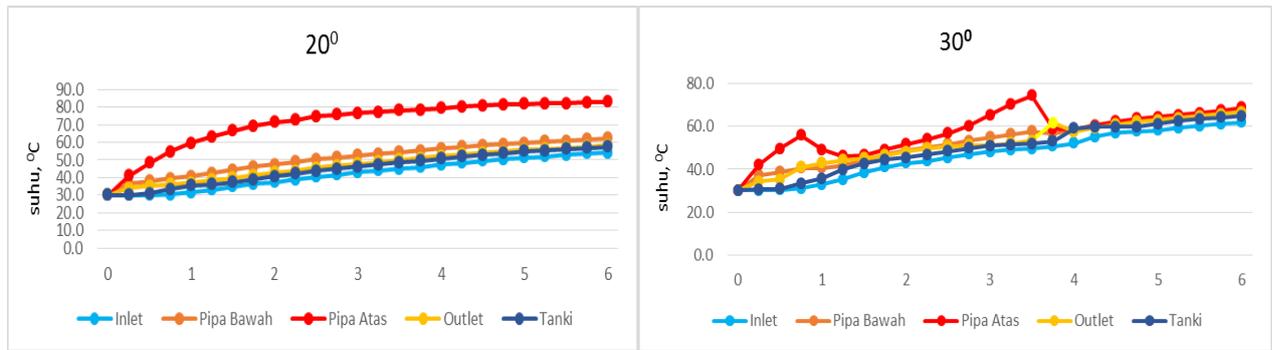
Simulasi surya menggunakan lampu halogen dengan daya lampu sebesar 2x500 watt. Rata-rata intensitas radiasi sebesar 1000 W/m². Dimana mengacu kepada intensitas radiasi matahari tertinggi pada siang hari. Simulasi surya diposisikan dengan jarak mengacu kepada pembacaan intensitas radiasi sebesar 1000W/m² oleh solar power meter.



Tpa : suhu pipa bawah,
Ti : Tin : suhu masuk kolektor

Tpa : suhu pipa atas,
To : Tout : suhu keluar kolektor

Ttank : suhu tangki,



Gambar.3. Grafik hasil pengujian pemanas air simulasi surya

Dari Gambar 3 diatas dapat dilihat peningkatan suhu yang terjadi selama pengujian berlangsung. Suhu air maksimum pada tanki mencapai 56,8°C ($\Delta T = 27,4\text{ }^\circ\text{C}$) pada kemiringan 0°, 59,0°C ($\Delta T = 28,1\text{ }^\circ\text{C}$) pada kemiringan 10°, 57,4°C ($\Delta T = 27,4\text{ }^\circ\text{C}$) pada kemiringan 20° dan 64,9°C ($\Delta T = 34,6\text{ }^\circ\text{C}$) pada kemiringan 30°. Jadi suhu tertinggi 64,9°C terjadi pada sudut kemiringan 30°. Hal ini terjadi karena sirkulasi aliran air dari kolektor ke tanki terjadi karena konveksi alami. Pengaruh sudut kemiringan berpengaruh terhadap gaya apung pada fluida sehingga berpengaruh terhadap laju aliran panas. Untuk kasus pada pengujian ini, peningkatan sudut kemiringan makin meningkatkan laju perpindahan panas, yang pada gilirannya akan menghasilkan peningkatan suhu yang lebih tinggi. Penjelasan ini dapat dibuktikan dengan hasil perhitungan energi berguna yang diserap air seperti ditunjukkan dengan perhitungan dan Table 1.

Pembahasan

Energi berguna Q_u , radiasi jatuh permukaan I , dan efisiensi kolektor matahari η dinyatakan dengan perhitungan –perhitungan berikut (Duffie dan, Beckman, 2006).

a. Energi berguna

$$Q_u = m \cdot C_p \cdot (T_o - T_i) / t$$

Dimana: Q_u = Energi berguna (watt)
 m = massa air (kg) = 23.5 kg
 C_p = kalor jenis (J/kg.°C)
 = 4200 J/kg°C

T_o = temperatur keluar (°C)
 T_i = temperatur masuk (°C)
 t = waktu pemanasan (detik)
 (6 jam = 21600 detik)

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I} \cdot \%$$

Dimana: η = Efisiensi kolektor (%)
 A_c = Luas kaca kolektor (m^2) = 0.38 m^2
 I = Intensitas radiasi matahari jatuh pada permukaan kaca (W/m^2)

c. Kerugian Kalor

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_u$$

$$Q_{loss} = A_c U_L (T_P - T_a)$$

$$Q_{in} = A_c I \cdot \alpha \cdot \tau$$

Dimana: Q_{in} = Energi diserap pipa (W)
 τ = Transmisivitas kaca (0.9)
 α = Absorptivitas (0.95)
 U_L = Koefisien kerugian panas ($\text{W}/\text{m}^2\text{ }^\circ\text{C}$)
 T_P = Temperatur plat (°C)
 T_a = Temperatur lingkungan (°C)

:

(1)

Tabel 1. Hasil perhitungan analisis kolektor surya

Variasi	To (°C)	Ti (°C)	I.Ac (W)	Qu (W)	Qloss (W)	η
---------	---------	---------	----------	--------	-----------	--------

0° Simulasi Matahari	56.7	29.3	380	125.2	199.7	33%
10° Simulasi Matahari	59	30.9	380	128.4	196.5	34%
20° Simulasi Matahari	57.4	30	380	125.2	199.7	33%
30° Simulasi Matahari	64.9	30.3	380	158.1	166.8	42%

Dari Tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa pada variasi sudut kemiringan 30° memiliki nilai energi berguna dan efisiensi yang tertinggi .Nilai energi berguna tertinggi ini bisa terjadi karena proses perpindahan panas konveksi alami makin meningkat dengan makin besarnya sudut kemiringan kolektor. Namun dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai kerugian panas masih termasuk tinggi dibandingkan dengan energi yang berguna pada setiap variasi sudut kemiringan.. Perhitungan nilai koefisien kerugian panas U_L , menjadi indikator penanggulangan kerugian panas yang terjadi. Untuk dapat menurunkan nilai kerugian panas dengan melihat parameter-parameter dari nilai koefisien kerugian panas pada setiap sisi kolektor. Parameter-parameter tersebut antara lain jenis ataupun tebal insulator, jenis kaca, bahan dan warna dari kolektor matahari. Kajian untuk mengevaluasi parameter apa saja yang menyumbang besaran U_L pada penelitian ini bellum dilakukan,

KESIMPULAN

1. Suhu dan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh kolektor adalah sebesar 64.9°C dan 42 % pada variasi kemiringan 30°
2. Kerugian panas masih relative tinggi (166,8 watt), lebih tinggi dari pada energi berguna (158 watt). Kondisi ini terjadi karena sistem insulator dan pencegahan bocoran udara lingkungan masuk ke ruang kolektor masih belum sepenuhnya baik.
3. Dari pengujian diketahui terjadi peningkatan efisiensi sejalan dengan peningkatan kemiringan ,hal ini menunjukkan bahwa kemiringan lebih besar dari 30°, masih dimungkinkan adanya peningkatan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

Ahrens,C.Donald. 2003.*Meteorology Today,An Introduction to Weather, Climate and*

- Environment*,Thomson Learning, Inc.America
 Badan Standarisasi Nasional 2005. SNI 03-7065-2005, *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*, ICS 91.140.60, **Badan Standardisasi Nasional**.
 Duffie J.A., Beckman W.A. ,2006, *Solar Engineering of Thermal Processes*, New Jersey , John Wiley & Sons, Inc.
 Guntar,P,L. 2017, *Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Jenis Tabung Tanpa Reflektor*, Teknik Mesin UNDIP
 Septiadi, D, Nonlohv, P, Souissa, dan M, Rumlawang, Y, F. 2009, *Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya)*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol 10, No 1, hal. 22-28.
 Shatat, M. Riffat, S & Agyenim, F. 2013, *Experimental Testing Method for Solar Light Simulator with an Attached Evacuated Solar Collector*, International journal Energy Environ Vol 4, N0 2, hal. 219-230.
 Vetrivel, H & Mathiazhagan, P. 2017, *Comparison Study of Solar Flat Plate Collector with Single and Double-Glazing Systems*, International Journal of Renewable Energy Research Vol.7, No.1, hal. 267 -274