

Laju perpindahan Panas Pemanas Air dengan Kolektor Matahari Melalui Pengaturan ΔT $2^{\circ}\text{C OFF } 6^{\circ}\text{C ON}$ dan $4^{\circ}\text{C OFF } 8^{\circ}\text{C ON}$

Dyah Arum Wulandari^{1, a *}, Supria Wiganda^{2, b} dan Rizky Ardi Nugroho^{3, c}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

² Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia

email: dyah.arum.wulandari@gmail.com, email, email

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan laju perpindahan panas serta efisiensi termal dengan pengaturan ΔT $2^{\circ}\text{C off } 6^{\circ}\text{C on}$ dan $4^{\circ}\text{C off } 8^{\circ}\text{C on}$ pada pemanas air tenaga surya.

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen.

Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dan pencatatan data temperatur pada bagian *inlet* dan *outlet* kolektor surya, kaca, dan udara sekeliling serta plat absorber mulai pukul 08.00 wib sampai dengan pukul 16.00 wib dengan dengan jeda setiap 15 menit, kemudian data-data yang ada dimasukkan ke dalam rumus laju perpindahan panas dan efisiensi termal, lalu hasilnya dibuat suatu grafik perbandingan.

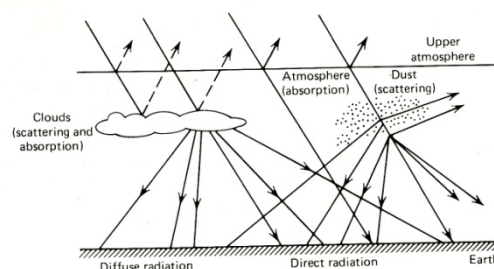
Secara umum diperoleh hasil yaitu dengan menggunakan pengaturan ΔT $2^{\circ}\text{C off } 6^{\circ}\text{C on}$ diperoleh unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan dengan pengaturan ΔT $4^{\circ}\text{C off } 8^{\circ}\text{C on}$ dimana laju perpindahan kalor yang lebih besar terdapat pada pengaturan ΔT $2^{\circ}\text{C off } 6^{\circ}\text{C on}$ dengan pengaturan ΔT $4^{\circ}\text{C off } 8^{\circ}\text{C on}$ terdapat rugi kalor yang lebih besar dibandingkan dengan pengaturan ΔT $2^{\circ}\text{C off } 6^{\circ}\text{C on}$. Efisiensi termal yang dihasilkan oleh pengaturan ΔT $2^{\circ}\text{C off } 6^{\circ}\text{C on}$ memiliki nilai maksimal dan nilai rata-rata yang lebih besar daripada pada pengaturan ΔT $4^{\circ}\text{C off } 8^{\circ}\text{C on}$.

Kata kunci : laju perpindahan panas, kolektor surya, pemanas air, efisiensi thermal.

Latar belakang

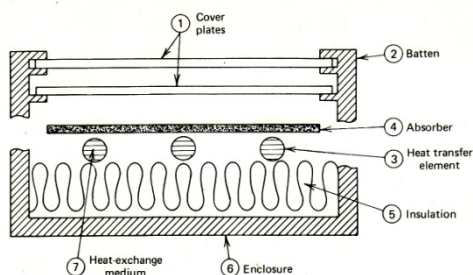
Hampir separuh dari radiasi matahari menyinari bumi dari langit diserap oleh molekul udara atau dipantulkan dan dibiaskan oleh awan dan partikel kecil sebelum mengenai permukaan. Intensitas radiasi matahari yang menyinari permukaan bumi tergantung dari jumlah massa udara di sekitar daerah yang disinari dan tergantung dari jumlah uap air, debu, ozon, dan molekul lain yang berada di atmosfer.

Radiasi matahari total pada permukaan bumi terbagi menjadi 3 komponen, yaitu : Radiasi langsung (radiasi matahari menyinari langsung permukaan bumi tanpa ada yang menghalangi), radiasi bias (dimana pembiasan radiasi matahari terjadi karena penghalang berupa partikel atau molekul yang terdapat di atmosfer), dan radiasi pantulan (pemantulan radiasi matahari oleh gedung atau permukaan bumi).



Gambar 1. Radiasi Surya ke Bumi

Pemanas air tenaga surya (PATS) menggunakan pemanas tambahan yang terdiri dari beberapa bagian utama yaitu kolektor (alat yang dapat mengkonversikan energi radiasi menjadi panas dalam media kerja fluida berupa air), tangki (tangki dalam, isolator tangki, selimut tangki), pompa sirkulasi, asesoris (pipa penghubung, pipa penyambung, elemen penambat, katub tekanan), dan heater.



Gambar 2 Komponen-Komponen Kolektor

Penelitian Yang Relevan

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang pemanas air tenaga surya yaitu tentang “perbandingan konfigurasi pipa paralel dan serpentine pada unjuk kerja kolektor surya plat datar”. Disini peneliti melakukan pencatatan data dan menghitung berapa unjuk kerja yang didapatkan kemudian membandingkannya. Unjuk kerja kolektor surya tersebut dinyatakan dalam efisiensi. Kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu konfigurasi pipa paralel lebih menguntungkan dibanding konfigurasi pipa serpentine.

Penelitian sebelumnya yang juga berkaitan dengan pemanas air tenaga surya yaitu tentang “karakteristik kolektor surya plat datar dengan variasi jarak penutup dan sudut kemiringan kolektor”. Variasi jarak yang diuji yaitu 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. Sedangkan sudut kemiringan kolektor yaitu 10° , 20° , 30° . Hasil akhir dari penelitian ini adalah dengan melihat seberapa besar efisiensi termal yang didapat oleh masing-masing variasi. Kesimpulan yang didapat dari penelitian tersebut yaitu pada ketiga variasi jarak plat penyerap dengan kaca transparan, didapatkan nilai perbedaan temperatur input-output tertinggi pada jarak 3 cm dan terendah pada jarak 9 cm, dan plat penyerap akan menyerap radiasi matahari secara maksimal jika posisi plat tersebut tegak lurus dengan arah datang radiasi matahari.

Alat Uji Penelitian

1. Pemanas Air Tenaga Surya
 - a. Kolektor Surya



Gambar 3 Kolektor surya

Spesifikasi Kolektor

- Tipe : LXC
- Panjang : 2 m
- Lebar : 1 m
- Tinggi : 90 mm
- Pengujian Tekanan : maksimal 12 bar
- Tekanan Maksimal *Steam Vent* : 3 bar
- Komponen - Komponen :
 1. Box Panel
Bahan : Plat *Zyncalume* tebal 0,4 mm
 2. Kaca Es
Bahan : Kaca tebal 5 mm
 3. Plat Absorber
Bahan : Alumunium Sanstrip
 4. Pipa Tembaga/*Raiser*
Bahan : Tembaga diameter 0,5 inci panjang 1800 mm
 5. *Header*
Bahan : Tembaga diameter 0,75 inci panjang 900 mm
 6. Lapisan Bawah 1
Bahan : *Polyurethane* tebal 15 mm
 7. Lapisan Bawah 2
Bahan : *Alumunium Foil*
 8. Plat Siku
Bahan : Alumunium 0,75 inci

b. Tangki



Gambar 4 Tangki SWH
Spesifikasi Tangki :

- Tipe : T 1000 L

Diameter : 1270 mm
Tinggi : 1520 mm
Kapasitas : 1000 L
Berat Kosong : 185 Kg
Berat Isi : 1205 Kg

Komponen - Komponen :

1. Cover Luar

Bahan : Plat Aluminium tebal 1 mm

2. Tangki Dalam

Bahan : Plat *Stainless Steel* tebal 1,5 mm

3. Isolator

Bahan : *Polyurethane* tebal 60 mm

b. Pompa Sirkulasi



Gambar 5 Pompa sirkulasi

Spesifikasi Pompa :

Tipe : Grundfos UPA 120 Auto
Laju Aliran : 1 m³/jam
H maks. : 11 m

c. Temperature Differential Control



Gambar 6 Temperature Differential Control

Alat ini berfungsi untuk mengatur pompa dalam keadaan on atau off tergantung dari pengaturan ΔT antara fluida masuk dan fluida keluar.

d. Standar Spesifikasi Alat Uji

Sistem pemanasan : *Direct*

Active System

2. Termometer Digital

Pengukuran terhadap temperatur air menggunakan termometer digital tipe fluke 52 buatan John Fluke Mfg Co.Inc yang memiliki dua buah probe termokopel yang berfungsi sebagai sensor temperatur. Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur plat absorber, temperatur kaca dan juga temperatur lingkungan.

3. Solarimeter

Fungsi alat ini adalah untuk mengetahui besarnya radiasi total yang dipancarkan oleh matahari pada posisi yang sama dengan kolektor. Merek yang digunakan adalah Tenmars.

4. Anemometer

Anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin yang bertiup di sekitar kolektor. Merek yang digunakan adalah Lutron dengan kemampuan pengukuran kecepatan angin 0 – 30 m/s.

Pengujian

Pada saat pengambilan data perubahan temperatur air dalam setiap pengamatan dilakukan bersamaan sepanjang waktu pengamatan, data pengamatan dicatat dalam tabel. Dengan T_i merupakan temperatur air masukan kolektor pelat datar dan T_o adalah temperatur air keluaran kolektor, $T_{amb.o}$ adalah temperatur lingkungan di sekitar kolektor, $T_{amb.i}$ adalah temperatur lingkungan di dalam kolektor, $T_{c.o}$ adalah temperatur kaca luar, $T_{c.i}$ adalah temperatur kaca dalam, T_{plat} adalah temperatur plat absorber, Kecepatan angin dengan satuan m/s, serta besar radiasi surya total. Pengoperasian alat dilakukan mulai pukul 08.00 WIB sampai pukul 16.00 WIB dengan asumsi pada waktu-waktu tersebut efektif menerima cahaya matahari. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit sekali.

Pembahasan

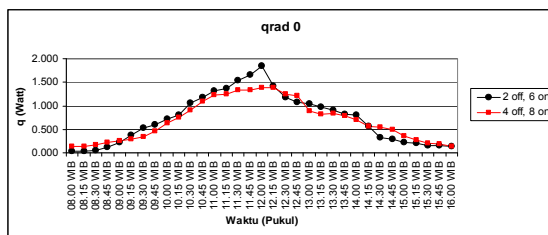
Asumsi yang digunakan adalah Energi surya yang masuk selama kurun waktu dari setiap pengujian harus tunak, kecepatan angin yang melintasi kolektor hendaknya kurang dari 4,5 m/detik, radiasi rata-rata tidak boleh kurang daripada 630 W/m², dan tidak boleh ada kotoran atau debu yang menempel pada bagian atas kolektor

Hasil Penelitian

Hasil penelitian di bawah ini dibagi menjadi 3 bagian, yaitu dari segi analisis perpindahan panas, efisiensi termal kolektor, dan suhu air di dalam tangki selama pemanasan berlangsung.

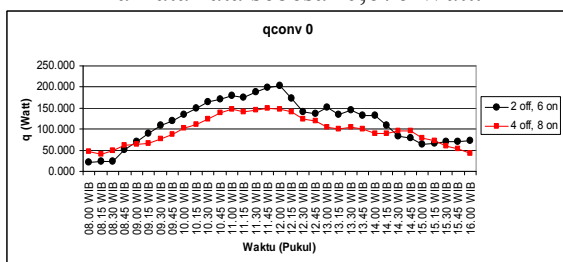
1. Analisis Perpindahan Panas

Setelah semua data - data dikumpulkan, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari laju perpindahan panas, setelah itu dibuat suatu grafik seperti di bawah ini :



Gambar 7 Grafik Perbandingan Laju Perpindahan Panas Radiasi di Luar Kolektor pada Pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan Pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on

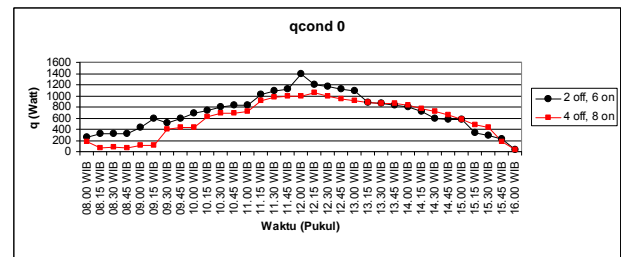
Dari grafik di atas terlihat bahwa radiasi di luar kolektor pada pengaturan pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on mencapai titik tertinggi pada 1,841 Watt dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on mencapai titik tertinggi pada 1,389 Watt. Rata-rata laju perpindahan radiasi di luar kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on adalah sebesar 0,718 Watt dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on memiliki nilai rata-rata sebesar 0,676 Watt.



Gambar 8 Grafik Perbandingan Laju Perpindahan Panas Konveksi di Luar Kolektor pada Pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan Pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on

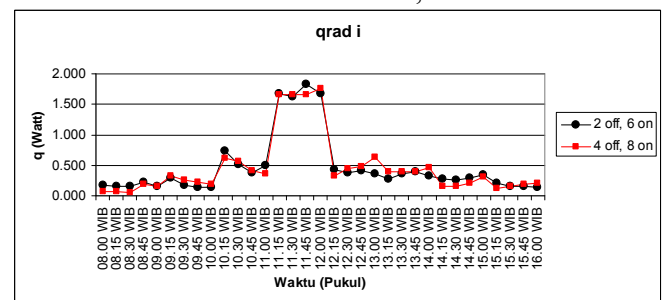
Dari gambar grafik 8 terlihat bahwa laju perpindahan panas konveksi di luar kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on mencapai titik maksimum pada 203,017 Watt, dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on mencapai titik maksimum

pada 149,903 Watt. Rata-rata laju perpindahan panas konveksi di luar kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on adalah sebesar 116,162 Watt sedangkan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on rata-ratanya adalah sebesar 96,199 Watt.



Gambar 9 Grafik Laju Perpindahan Panas Konduksi Melalui Kaca pada Pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan Pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on

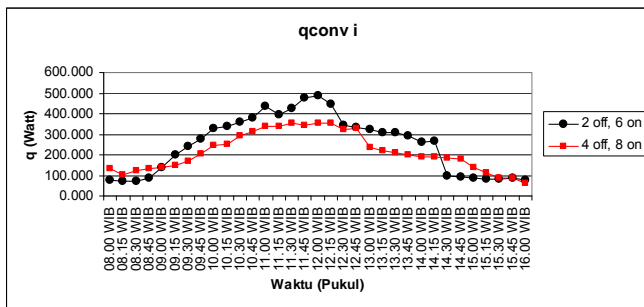
Berdasarkan grafik di atas, laju perpindahan panas konduksi melalui kaca pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on mencapai titik maksimum pada 1399 Watt dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on mencapai titik maksimum pada 1056,4 Watt. Rata-rata laju perpindahan panas konduksi melalui kaca pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on adalah sebesar 700,8 Watt, dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on adalah sebesar 594,4 Watt.



Gambar 10 Grafik Laju Perpindahan Panas Radiasi di Dalam Kolektor pada Pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan Pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on

Dari grafik di atas, laju perpindahan panas radiasi di dalam kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on mencapai nilai maksimum di titik 1,835 Watt, sedangkan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on mencapai nilai maksimum di titik 1,768 Watt. Rata-rata laju perpindahan panas radiasi di dalam kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on sebesar

0,462 Watt, dan rata-rata pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on sebesar 0,462 Watt.

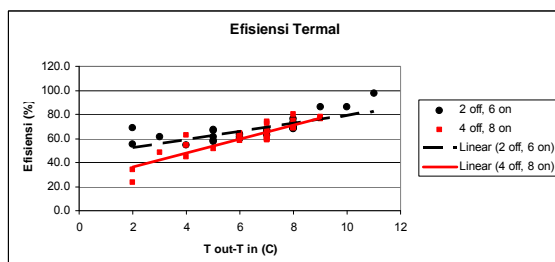


Gambar 11 Grafik Laju Perpindahan Panas Konveksi di Dalam Kolektor pada Pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan Pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on

Dari gambar grafik 11, laju perpindahan panas konveksi di dalam kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on mencapai maksimum sebesar 487,37 Watt dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on mencapai nilai maksimum sebesar 355,12 Watt. Rata-rata laju perpindahan panas konveksi di dalam kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on adalah sebesar 250,912 Watt dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on rata-ratanya sebesar 214,825 Watt.

2. Efisiensi Termal Kolektor

Hasil perhitungan efisiensi termal dalam bentuk tabulasi dapat dilihat di bagian lampiran. Berikut ini merupakan perbandingan efisiensi termal kolektor pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on dalam bentuk grafik :



Gambar 12 Grafik Efisiensi Termal Kolektor pada Pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on dan Pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on

Dari grafik efisiensi di atas, hasil efisiensi maksimum pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on adalah sebesar 97,3 %, sedangkan efisiensi maksimum pada

pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on adalah sebesar 80,3 %. Efisiensi rata-rata pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on adalah sebesar 67 % dan efisiensi rata-rata pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on adalah sebesar 62,7 %.

3. Suhu Air di Dalam Tangki Selama Pemanasan Berlangsung

Pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on terdapat suhu air yang lebih besar dibandingkan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on. Pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on suhu akhir yang didapat sebesar 62^oC, sedangkan pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on suhu akhir yang didapat sebesar 60^oC

Analisis Pembahasan

Dari pengamatan berdasarkan hasil penelitian di atas, pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on memiliki nilai maksimum dan nilai rata-rata yang lebih besar daripada dengan menggunakan pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on. Dari mulai nilai radiasi di luar kolektor, nilai konveksi di luar kolektor, konduksi, radiasi di dalam kolektor, konveksi di dalam kolektor, sampai dengan efisiensi termal semuanya menunjukkan nilai yang lebih besar. Meskipun kolektor yang diuji adalah sama tetapi hasil yang keluar nilainya berbeda. Hal tersebut terjadi karena laju perpindahan panas pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on kehilangan rugi kalor yang lebih besar dibandingkan dengan pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on. Pengaturan ΔT dapat mempengaruhi unjuk kerja dari kolektor tersebut.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju perpindahan kalor yang lebih besar terdapat pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on.
2. Pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on terdapat rugi kalor yang lebih besar dibandingkan dengan pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on.
3. Efisiensi termal yang dihasilkan oleh pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on memiliki nilai maksimal dan nilai rata-rata yang lebih besar daripada pada pengaturan ΔT 4^oC off, 8^oC on.

4. Pada pengukuran suhu di dalam tangki mulai dari pukul 08.00 wib sampai dengan pukul 16.00 wib yang memberikan hasil yang lebih baik adalah pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on.
5. Dari kedua variasi pengaturan ΔT , yang memberikan unjuk kerja yang paling baik adalah pada pengaturan ΔT 2^oC off, 6^oC on.

Referensi

- [1] Arismunandar, Wiranto, *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta : P.T. Pradnya Paramita, 1995.
- [2] Burhanuddin, Auliya, *Karakteristik Kolektor Surya Plat Datar Dengan Variasi Jarak Penutup Dan Sudut Kemiringan Kolektor*, Jurnal, Jurusan Fisika UNS, 2005.
- [3] Duffie J.A., Beckman W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, New York : John Wiley & Sons, Inc., 1980.
- [4] Handoyo, Ekadewi. A, *Perbandingan Konfigurasi Pipa Paralel Dan Serpentin Pada Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar*, Jurnal Teknik Mesin Vol.2 No.1, Jurusan Teknik Mesin UK Petra, 2000.
- [5] Incropera F.P, De Witt D.P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, New York : John Wiley & Sons, Inc, 2002.