ISSN 1693 - 1548

JURNAL TEKNIK MESIN

# SINERGI

## MESIN DAN ENERGI

SINERGI | Tahun Ke-9 | No. 2 | Hlm. 95 - 193 | Makassar Oktober 2011 | ISSN 1693 - 1548

## SUSUNAN DEWAN REDAKSI JURNAL SINERGI POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

**Pelindung**

Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang

**Penanggung Jawab**

Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Ketua Penyunting**

Anthonius L.S.Haans

**Sekretaris**

A.M. Shiddiq Y

**Penyunting Ahli**

Salama Manjang (UNHAS – Makassar)
Najamuddin Harun (UNHAS – Makassar)
Rhiza S. Sajad (UNHAS – Makassar)
Wahyu H. Piarah (UNHAS – Makassar)

**Penyunting Pelaksana**

Suryanto
Simon Ka'ka
Lewi
Abdul Salam
Abdi Wibowo
Muhammad Tekad
Remigius Tangdioga
Syaharuddin Rasyid
Firman
Muas M
Irfan Syamsuddin

**Tata Usaha**

Mudjahidin Dg Mulisa
Sukini
Muliati

JURNAL SINERGI

ISSN 1693-1548
Oktober 2011, Nomor 2, Tahun 9
Halaman 105 – 193

# DAFTAR ISI

- **Analisa Pengaruh Turbocharger terhadap Kinerja Mesin Diesel Mitsubishi Type Man-8v 52/55 pada PLTD Sektor Tello** 105 – 116
  Syah Risal
- **Analisis Over Flow pada Pengoperasian Fuel Oil Purifier di MT. Tirtasari** 117 – 129
  Paulus Pongkessu
- **Analisa Emisi Gas Buang Mesin EFI dan Mesin Konvensional pada Kendaraan Roda Empat** 130 – 139
  Muhammad Arsyad Habe, A.M. Anzarih, Yosrihard B
- **IBM Kelompok Usaha (UKM) Jagung di Kabupaten Gowa** 140 – 148
  Muh. Anshar
- **Analisis Kinerja Pendingin Udara Alternatif yang Memanfaatkan Energi Laten Es dengan Dua Heat Exchanger** 149 – 163
  Jamal dan Firman
- **Ketersediaan Jaringan Prasarana Distribusi Listrik Di Wilayah Permukiman Bumi Tamalanrea Permai Kota Makassar** 164 – 183
  Faisal
- **Performan Pemanas Air dengan Menggunakan Tiga Kolektor Plat Datar yang Disusun Secara Seri** 184 – 193
  Firman, Chandra Bhuana, HR. Fajar

# PERFORMAN PEMANAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN TIGA KOLEKTOR PLAT DATAR YANG DISUSUN SECARA SERI

**Firman, Chandra Bhuana[1], HR. Fajar[2]**

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan menentukan perbandingan efisiensi antara sebuah pemanas air kolektor surya plat datar dan tiga unit pemanas air kolektor surya plat datar yang disusun secara seri. Penelitian pemanas air kolektor surya pelat datar dilakukan dengan membandingkan 3 buah unit kolektor yang disusun seri dengan 1 unit kolektor. Pengambilan data ini dilakukan pada siang hari dengan asumsi bahwa sinar datang tegak lurus terhadap permukaan kolektor. Kondisi pengujian penelitian ini dilakukan sistem aliran paksa dengan tiga variasi laju aliran fluida masuk kolektor. Efisiensi maksimum untuk 3 unit kolektor surya plat datar yang disusun seri sebesar 29,63% , sedangkan untuk 1 unit kolektor sebesar 19,44%.

**Kata kunci:** Kolektor plat datar, energy surya, pemanas air.

## I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang berada pada daerah katulistiwa, memiliki kelebihan yakni intensitas sinar matahari yang cukup besar sepanjang tahun. Energi panas matahari merupakan salah satu energi potensial untuk dikelola dan dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber cadangan energi dengan jumlah dan intensitas matahari melebihi kebutuhan bagi seluruh makhluk yang ada di bumi.
Adapun intensitas radiasi matahari di negara Indonesia yakni rata-rata sekitar 4,8 kWh/m2 dengan energi matahari yang tersedia adalah sebesar 81.000 TerraWatt (Arismunandar, 1995). Energi panas dari matahari dapat dijadikan sebagai energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari ialah untuk memanaskan air. Dalam pemanfatatan energi matahari untuk memanaskan air, digunakan suatu perangkat (kolektor surya) untuk mengumpulkan energi radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi kalor. Sistem pemanas air kolektor surya mulai dikembangkan para ahli akhir-akhir ini. Sistem ini sangat cocok pemakaiannya di Indonesia dengan kondisi alam tropisnya. Sementara pemakaian air panas semakin meningkat untuk keperluan sehari-hari.

Kolektor surya akan menyerap energi dari radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi panas yang berguna untuk memanaskan air di dalam pipa-pipa kolektor, sehinggga suhu air akan meningkat. Berdasarkan jumlah energi

[1] Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang
[2] Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

panas yang diperoleh kolektor surya dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis kolektor yakni kolektor konsentrasi dan kolektor non-konsentrasi.

Kolektor konsentrasi seperti kolektor surya konsentrator paralel semisilindris merupakan kolektor yang luas penyerapannya tidak sama dengan luas penyinarannya, sedangkan kolektor non konsentrasi seperti kolektor surya pelat datar merupakan kolektor yang luas penyerepan sama dengan luas penyinaran.

Kolektor surya jenis ini menggunakan aluminium pelat datar yang menyerap energi radiasi dari matahari dan mengkonversikannya menjadi panas pada pipa-pipa kolektor. Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap unjuk kerja kolektor tersebut di antaranya adalah ketebalan plat penyerap dan jarak antar pipa-pipa kolektor, yang disebut dengan efisiensi sirip kolektor.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini dapat memberikan manfaat serta konstribusi dalam pengembangan iptek pada Laboratorium Sistem Energi khususnya pada Lab Energi Alternatif. Analisis pengujian yang dilakukan adalah metode perbandingan antara kinerja sebuah unit kolektor dengan tiga unit kolektor yang disusun secara seri.

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas ialah: nilai efisiensi pemanas air kolektor surya plat datar yang disusun secara seri; dan perbandingan nilai efisiensi sebuah unit pemanas air kolektor surya pelat datar dengan tiga unit pemanas air kolektor surya plat datar yang disusun secara seri.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi pemanas air kolektor surya pelat datar menggunakan pemanas air kolektor surya plat datar yang disusun secara seri. Di samping itu, juga mendapatkan perbandingan nilai efisiensi antara sebuah pemanas air kolektor surya plat datar dengan tiga unit pemanas air kolektor surya pelat datar yang disusun secara seri.

Manfaat hasil penelitian ini diharapkan agar dapat dijadikan sebagai bahan acuan dalam praktikum Sistem Energi pada Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang. Dapat dijadikan sebagai sistem pemanas air untuk kebutuhan sehari-hari dan dapat pula dijadikan sebagai sistem destilasi air laut tenaga surya .

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Energi matahari merupakan energi yang mempengaruhi dinamika atmosfer dan kehidupan di bumi. Energi ini kemudian ditransformasikan menjadi bermacam-macam bentuk energi, misalkan pemanasan permukaan bumi, gerak dan pemanasan atmosfer, gelombang lautan, fotosintesa tanaman dan reaksi fotokimia lainnya. Penyebaran sinar matahari setiap tahun di belahan bumi bervariasi. Indonesia rata-rata menerima sinar matahari delapan jam perhari dan intensitas sinar matahari yang masuk ditentukan posisi matahari terhadap kolektor.

Menurut Kreith (1985:4), perpindahan panas adalah "Perpindahan energi dari satu daerah ke daerah lain sebagai akibat dari adanya perbedaan suhu antara kedua

daerah tersebut". Dengan kata lain bahwa perpindahan panas adalah peristiwa berpindahnya energi dari suatu benda atau material ke benda yang lain, yang disebabkan oleh adanya perbedaan suhu di antara kedua benda atau material tersebut. Hal serupa juga diuraikan oleh Holman (1994 :1) yaitu " Perpindahan kalor atau alih bahang (heat transfer) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material".

Dari kedua pernyataan di atas menunjukkan bahwa apabila dua sistem yang memiliki gradien suhu atau perbedaan suhu disinggungkan, maka dalam sistem tersebut akan terjadi proses perpindahan panas dari sistem yang bersuhu tinggi ke suhu rendah. Proses transfer energi panas/kalor seperti ini dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas.

Pada umumnya, perpindahan panas dikenal atas 3 (tiga) jenis, yaitu: konduksi (hantaran), konveksi (rambatan), dan radiasi (pancaran).

Sudut zenit θz diperlihatkan sebagai sudut antara zenit z, atau garis lurus diatas kepala, dan garis pandang ke matahari. Persamaan untuk sudut zenit dapat dirumuskan (Wiranto Arismunandar, 1985):

$$\cos \theta_z = \sin \square \square \sin \square \square \square + \cos \square \square \cos \square \square \cos \square \square \qquad (1)$$

Dimana Yz adalah sudut zenith, δ adalah deklinasi, □ adalah sudut lintang, dan □ adalah sudut jam (15° per jam). Desklinasi □, yaitu sudut yang dibentuk oleh matahari dengan bidang ekuator, ternyata berubah sebagai akibat kemiringan bumi, dari +23,45° musim panas (21 Juni) ke -23,45° di musim dingin (21 Desember). Harga deklinasi pada tiap saat dapat diperkirakan dengan dari persamaan berikut ini (Wiranto Arismunandar, 1985):

$$\delta = 23{,}45 \sin\left(360 \times \frac{284 - n}{365}\right) \qquad (2)$$

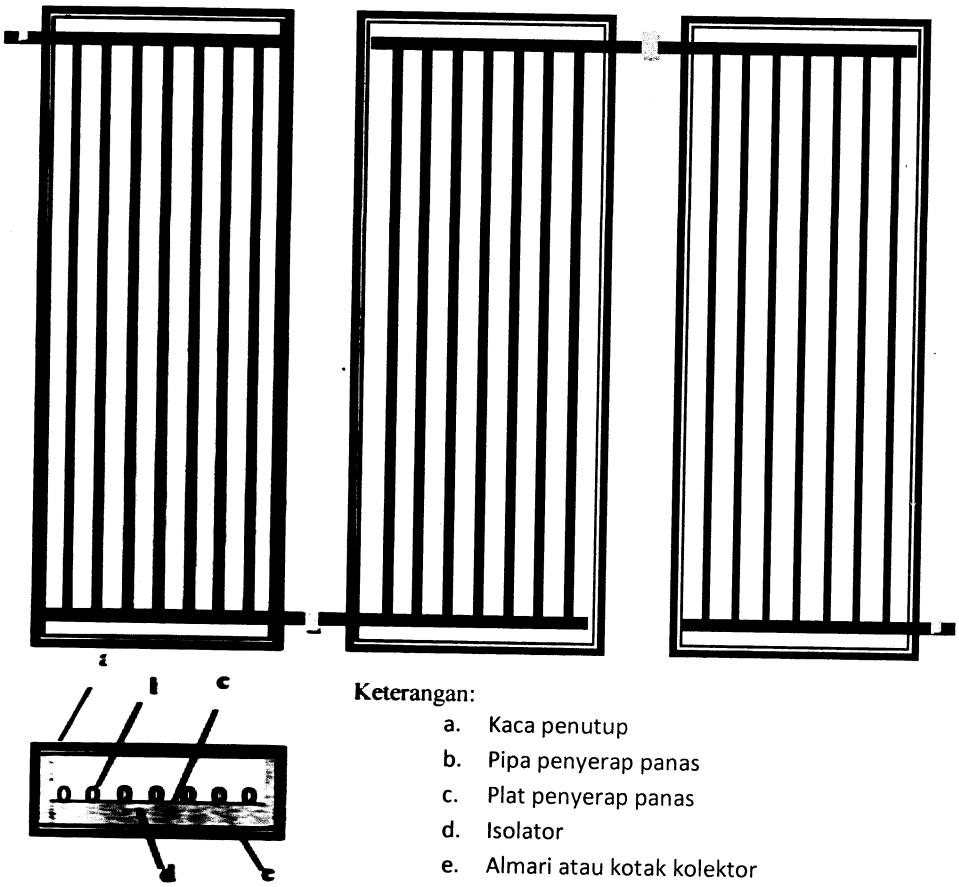
dengan n adalah hari dari tahun yang bersangkutan.

Komponen radiasi pada suatu permukaan miring, yaitu komponen sorotan $I_{bT}$ diperoleh dengan mengubah radiasi sorotan pada permukaan horizontal menjadi masuk normal dengan mengunakan sudut zenit, dan kemudian mendapatkan komponen pada permukaan miring dengan menggunakan sudut masuk. Radiasi sorotan $I_{bT}$ pada permukaan miring dapat dihitung dari radiasi sorotan (terukur) I pada sebuah permukaan horizontal (Wiranto Arismunandar, 1985).

$$I_{bT} = I \frac{\sin\delta \sin(\emptyset - \beta) + \cos\delta \cos(\emptyset - \beta) \cos\omega}{\sin\delta \sin\emptyset + \cos\delta \cos\emptyset \cos\omega} \qquad (3)$$

Pada sistem pemanas air tenaga surya ini terdiri atas 3 buah kolektor yang disusun seri, berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang kemudian diteruskan ke fluida yang berada di dalam pipa-pipa kolektor. Pada kolektor surya ini diletakkan 7 buah pipa pada jarak yang sama dimana pipa-pipa itu berhubungan dengan header bagian atas dan bawah. Plat

penyerap dari kolektor surya ini terbuat dari plat aluminium, kemudian penutup kolektor adalah kaca dengan tebal 5 mm. Untuk mencegah kerugian aliran panas maka digunakan isolator busa (gabus) pada dinding bagian dalam kolektor maupun pipa-pipa diluar kolektor. Berikut ini merupakan gambar diagram dari 3 buah pemanas air kolektor surya yang disusun seri.




**Gambar 1. Diagram** pemanas air dengan 3 buah kolektor

## A. Analisis Kerja dari Kolektor Surya Pelat Datar

Persamaan kesetimbangan laju energi panas pada kolektor termal dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_{abs} = Q_{in} - Q_L \quad (4)$$

Dengan: $Q_{abs}$ = Energi yang digunakan oleh sistem, (kJ)
$Q_{in}$ = Energi yang masuk pada kolektor, (kJ)
$Q_L$ = energi yang terbuang (J/s)

Laju energi panas yang masuk pada kolektor termal energi surya (kJ) dipengaruhi oleh $I_{bT}$ jumlah intensitas radiasi matahari pada permukaan miring (Watt/m$^2$), luas plat (Ap) penyerap kolektor termal (m$^2$), dan waktu (t) selama penyinaran dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_{in} = A_p \, . \, I_{bT} \, . \, t \quad (5)$$

### 1. Laju Energi Panas yang Digunakan

Laju energi panas yang keluar dari kolektor termal energi surya dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$Q_{abs} = m_a \, . \, C_p \, . \, (T_0 - T_1) \quad (6)$$

Dimana : $m_a$ = massa sistem (air) (kg)
$C_p$ = kapasitas panas spesifik air (4174 kJ/kg °C)
$T_{out}$ = temperatur fluida keluar kolektor (°C)
$T_{in}$ = temperatur fluida keluar kolektor (°C)

### 2. Laju Energi Panas yang Hilang

Tidak semua energi panas yang masuk dapat dipakai seluruhnya sebab ada faktor kerugian panas pada kolektor termal. Kerugian panas ini terjadi pada bagian atas kolektor panas surya yang disebut kerugian panas bagian atas dan pada bagian bawah kolektor panas surya disebut kerugian panas bagian bawah. Dimana jumlah dari kedua kerugian panas merupakan kerugian panas total.

$$Q_L = Q_{in} - Q_{abs} \quad (7)$$

### 3. Efisiensi Kolektor Surya

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan untuk menentukan performansi dari kolektor. Oleh karena pipa penyerap mempunyai distribusi temperatur yang tidak merata, maka persamaan efisiensi biasannya dinyatakan sebagai fungsi dari fluida masuk yang relatif lebih mudah dikontrol dan diukur selama pengujian dan operasinya.

Definisi dari efisiensi kolektor surya yaitu perbandingan antara energi yang digunakan dengan jumlah energi surya yang diterima pada waktu tertentu

oleh kolektor surya. Untuk mencari nilai efisiensi kolektor, maka digunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Qabs}{Q_{in}} \times 100\% \qquad (8)$$

Dimana: $\eta$ = efisiensi kolektor, (%)
$Q_{abs}$ = Energi yang digunakan oleh sistem, (kJ)
$Q_{in}$ = Energi yang masuk pada kolektor, (kJ)

## III. METODE PENELITIAN

### A. Metode Penelitian

Penelitian pemanas air kolektor surya pelat datar dilakukan dengan membandingkan 3 buah unit kolektor yang disusun seri dengan 1 unit kolektor. Metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi kolektor yakni dengan pengujian efisiensi. Pengambilan data ini dilakukan pada siang hari dengan harapan data intensitas matahari yang jatuh pada permukaan kolektor dapat diasumsikan sebagai sinar datang tegak lurus terhadap permukaan kolektor.

Untuk pengujian penelitian ini, dilakukan sistem aliran paksa dengan mengkonstankan laju aliran fluida masuk kolektor dengan tiga variasi laju aliran konstan. Maka dari itu untuk mengkonstankan aliran fluida tersebut yang dilakukan dengan cara mengambil sampel debit air (menggunakan stopwatch dan gelas ukur) dan mengatur besarnya pembukaan katup air pada pipa fluida masuk kolektor.

### B. Prosedur Penelitian

Di dalam penelitian ini prosedur pengamatan dan pengukuran data dilakukan dengan langkah pengujian sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
2. Kolektor dihadapkan pada posisi sumbu Utara-Selatan dengan sudut kemiringan kolektor diatur dengan sudut yang sama dengan posisi lintang tempat pengujian dan diarahkan ke Utara (posisi kemiringan kolektor tetap, tanpa *tracking* sudut jam).
3. Penelitian dilakukan mulai dari pukul 10.00 s/d 13.00 Wita.
4. Kemudian melakukan pengamatan dan pengukuran variabel sebagai berikut:
   - Mengatur laju aliran fluida masuk kolektor konstan dengan tiga variasi laju aliran.
   - Mencatat intensitas radiasi matahari rata-rata selama pengamatan ($G_b$). (Pencatatan/pengambilan data dialakukan setelah dipastikan

fluida input pada pipa masukan kolektor telah sampai mengalir keluar pada pipa keluaran kolektor).

- Mencatat temperatur fluida masuk kolektor ($T_{in}$), °C.
- Mencatat temperatur fluida keluar kolektor ($T_{out}$), °C.
- Mencatat temperatur rata-rata udara sekeliling kolektor ($T_a$).

5. Untuk data berikutnya, pengamatan dilakukan untuk laju aliran fluida masuk kolektor konstan yang bervariasi (tiga variasi laju aliran).

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil efisiensi, maka dilakukan analisa data menggunakan data tabel nomor 1 pada lampiran A sebagai acuan yaitu 3unit kolektor disusun seri, adapun nilai-nilai yang diketahui sebagai berikut:

Intensitas matahari, ($G_{bT}$) 78 W/m$^2$ ; panjang kolektor, (P) 2 m; lebar kolektor, (l): 1 m; volume air, (V) 1000 cc; waktu, (t) 57,21 s; temperatur udara sekeliling, ($T_a$) 30 °C; temperatur fluida masuk kolektor, ($T_{fi}$) 31 °C; temperatur fluida keluar kolektor, ($T_{fo}$) 39,6 °

1. Penyelesaian
   a. Luas kolektor, (*A*)
   $A = P \times l \times 3\ unit$ = 2 m x 1 m x 3 unit = 6 m$^2$

   b. Debit air yang melewati pipa (*Q*)
   $Q = V/t$ = 1000 cc / 57,21 s = 17,48 cc/s

   c. Temperatur rata-rata fluida ($T_{fr}$)

$$Tfr = \frac{Tfi + Tfo}{2}$$

$$= \frac{31\ ^oC + 39.67\ ^oC}{2}$$

$$= 35{,}33\ ^oC$$

   d. Massa jenis air, ($\rho$)
   Berdasarkan tabel sifat air (Lampiran D), pada $T_{fr}$ = 35,3 °C

   Diperoleh $\rho$ = 993,98 kg/m$^3$

   e. Panas jenis air, (*Cp*)
   Berdasarkan tabel sifat air (Lampiran D), pada $T_{fr}$ = 35,3 °C

   Diperoleh *Cp* = 4178 J/kg °K

   f. Laju aliran massa fluida masuk kolektor, (m)
   $\dot{m} = Q \times \rho$

$= 17{,}48 \text{ cc/s} \times (10^{-6} \text{ m}^3) \times 993{,}98 \text{ kg/m}^3$

$= 0{,}01737 \text{ kg/s}$

g. Perbedaan temperatur air, ($\Delta$T)

$\Delta T = T_{fo} - T_{fi}$

$= 39{,}67 \text{ °C} - 31 \text{ °C}$

$= 8{,}67 \text{ °C}$

h. Daya yang diterima oleh kolektor , ($Q_s$)

$Q_s = G_{bT} \times A$

$= 808 \text{ W/m}^2 \times 6 \text{ m}^2$

$= 4848$ Watt

i. Daya yang diserap oleh kolektor

$Q_u = \dot{m} \times Cp \times \Delta T$

$= 0{,}01737 \text{ kg/s} \times 4178 \text{ J/kg °C} \times 8{,}67 \text{ °C}$

$= 629{,}1095$ Watt

j. Efisiensi aktual sesaat kolektor ($\eta$

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_s} \times 100\ \%$$

$$= \frac{629.11 \text{ Watt}}{4848 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$= 12{,}98\%$

| Perco-baan | Posisi Katup | Gbt (W/m2) | V (cc) | t (s) | Tudara (°C) | Tfi (°C) | Tfo (°C) | Q (cc/s) | Tfr (°C) | P (kg/m³) | Cp (J/kg °K) | $\dot{m}$ (kg/s) | ΔT (°C) | Qs (Watt) | Qu (Watt) | η (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 1 | 808 | 1000 | 57 | 30 | 31 | 39 | 17,48 | 35 | 993 | 4178 | 0,017 | 8,67 | 4848 | 629,11 | 12,98 |
| | 2 | 810 | 1000 | 43 | 30 | 31 | 39 | 23,05 | 35 | 994 | 4178 | 0,022 | 8,00 | 4864 | 765,77 | 15,74 |
| | 3 | 812 | 1000 | 35 | 30 | 31 | 38 | 28,15 | 34 | 995 | 4178 | 0,028 | 7,00 | 4872 | 819,83 | 16,83 |
| B | 1 | 812 | 1000 | 57 | 30 | 35 | 45 | 17,48 | 40 | 992 | 4178 | 0,017 | 10,33 | 4873 | 748,77 | 15,36 |
| | 2 | 814 | 1000 | 43 | 30 | 35 | 42 | 23,05 | 38 | 992 | 4178 | 0,022 | 7,00 | 4884 | 669,20 | 13,70 |
| | 3 | 816 | 1000 | 35 | 30 | 35 | 40 | 28,15 | 37 | 993 | 4178 | 0,027 | 5,33 | 4897 | 623,02 | 12,72 |
| C | 1 | 819 | 1000 | 57 | 32 | 40 | 45 | 17,48 | 42 | 991 | 4178 | 0,017 | 5,00 | 4914 | 362,00 | 7,37 |
| | 2 | 825 | 1000 | 43 | 32 | 40 | 43 | 23,05 | 41 | 991 | 4178 | 0,022 | 3,33 | 4954 | 318,30 | 6,43 |
| | 3 | 832 | 1000 | 35 | 32 | 40 | 42 | 28,15 | 41 | 991 | 4178 | 0,027 | 2,00 | 4992 | 233,35 | 4,67 |
| D | 1 | 838 | 1000 | 57 | 32 | 45 | 48 | 17,48 | 46 | 989 | 4179 | 0,017 | 3,67 | 5029 | 265,03 | 5,27 |
| | 2 | 840 | 1000 | 43 | 32 | 45 | 47 | 23,05 | 46 | 989 | 4179 | 0,022 | 2,00 | 5040 | 190,67 | 3,78 |
| | 3 | 842 | 1000 | 35 | 32 | 45 | 46 | 28,15 | 45 | 990 | 4179, | 0,027 | 1,00 | 5052 | 116,48 | 2,31 |

Kolektor surya plat datar terdiri dari konstruksi kotak kolektor, isolator, pipa penyerap, plat datar, dan kaca penutup. Kaca penutup kolektor surya plat datar merupakan komponen terpenting dari kolektor surya, yang berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas dari plat penyerap ke lingkungan dan tempat kondensasi. Kaca dengan tebal 5 mm dipilih sebagai penutup karena kaca dapat menyekat sinaran yang tahan lama.

Berdasarkan hasil analisa data, perhitungan efisiensi sesaat untuk 3 unit kolektor disusun seri, diperoleh nilai efisiensi minimum 2,31% pada temperatur air masuk kolektor 45 °C dan laju aliran 28,15 cc/s, sedangkan untuk efisiensi maksimum yaitu 16,83% pada temperatur air masuk kolektor 31 °C dan laju aliran 28,15 cc/s.

Untuk 3 unit kolektor disusun seri, diperoleh nilai efisiensi minimum 7,19% pada temperatur air masuk kolektor 40 °C dan laju aliran 28,15 cc/s, sedangkan untuk efisiensi maksimum yaitu 29,63% pada temperatur air masuk kolektor 31 °C dan laju aliran 23,05 cc/s.

Untuk 1 unit kolektor , diperoleh nilai efisiensi minimum 2,62% pada temperatur air masuk kolektor 45 °C dan laju aliran 28,15 cc/s, sedangkan untuk

efisiensi maksimum yaitu 19,44% pada temperatur air masuk kolektor 35 °C dan laju aliran 17,48 cc/s.

Untuk 1 unit kolektor, diperoleh nilai efisiensi minimum 4,37% pada temperatur air masuk kolektor 45 °C dan laju aliran 28,15 cc/s, sedangkan untuk efisiensi maksimum yaitu 16,11% pada temperatur air masuk kolektor 35 °C dan laju aliran 23,05 cc/s.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil perhitungan dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai efisiensi maksimum untuk 3 unit kolektor surya plat datar yang disusun seri sebesar 29,63% , sedangkan untuk 1 unit kolektor sebesar 19,44%.
2. Nilai perbandingan efisiensi maksimum antara 3 unit kolektor surya disusun seri dengan 1 unit kolektor surya adalah = 29,63% - 19,44% = **10,19%.**

Untuk mendapatkan hasil efisiensi kolektor yang lebih baik, sebaiknya:

1. Melakukan pengujian pada waktu keadaan cuaca yang lebih cerah dengan intensitas radiasi matahari yang secara umum lebih besar.
2. Menggunakan peralatan ukur yang memiliki ketelitian yang lebih tinggi serta masih dalam keadaan layak pakai.

Agar penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan konsentrator dan metode yang berbeda.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

BPS. 2008 Kabupaten Takalar Dalam Angka.

Duffie, John A dan Beckham A. 1980. Solar Enginering Of Thermal Process, John Wiley & Sons, New York.

Jansen, Ted. J. 1995. Teknologi Rekayasa Surya, alih bahasa Wiranto Arismunandar, Jakarta:n PT. Pradnya Paramita.

Moeliona, Anton M. 1994. Kamus besar Bahasa Indonesia. Cetakan ketiga. Jakarta: Balai Pustaka.

Pierce, Ricard H. 1992, Inovation Solar Technologies Demonstation Program. http://www-ist-optimist.org. Diakses juli 2004

Sularso. 1983. Pompa dan Kompresor. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Weisman, J&R. Eckart. 1985. Modern Power Plant Engineering New Jersey: Prantice Hall International Inc.

Winkle, Matthew V. 1967. Destilation New York: MC Graw Hill Book Company.