

Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Plat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup

Rahardjo Tirtoatmodjo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Ekadewi Anggraini Handoyo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Air panas dibutuhkan manusia untuk berbagai keperluan seperti untuk mandi, mencuci baju, piring dan lain sebagainya. Dengan konversi fotothermal, maka energi panas matahari dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air. Sebuah kolektor surya plat datar digunakan untuk memerangkap energi panas matahari dan panasnya diteruskan ke pipa-pipa yang berisi air sehingga terjadi peningkatan suhu dari air yang berada di dalam pipa tersebut. Jumlah kaca penutup dari kolektor mempengaruhi unjuk kerja dari kolektor.

Secara umum diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan dua buah kaca penutup diperoleh efisiensi yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan satu kaca. Perbedaan suhu antara air keluar kolektor dan yang masuk ke kolektor dengan 2 kaca penutup bisa lebih tinggi hingga sekitar 17°C dibandingkan kolektor dengan sebuah kaca penutup.

Kata kunci : energi tak habis terpakai, kolektor panas matahari, konversi photothermal, pemanas air

Abstract

Warm water is needed by humanbeing to take a bath, wash their clothes, their dishes etc. By the photothermal conversion, the solar energy can be used to heat the water. Flat solar collector is a tool which is used to capture energy of sun radiation then convert it into heat to heat up water in collector's pipe. The number of glass cover used effects the performance and efficiency of the collector.

From this research, it is found that the efficiency of the collector is better when the cover used are two glasses than one glass. The temperature difference of incoming and outgoing water in the collector using 2 glasses 17°C higher than that of 1 glass.

Keywords : renewable energy, sun collector, photothermal conversion, water heater.

1. Pendahuluan

Bahwa air panas dibutuhkan oleh masyarakat luas, misalnya untuk mandi ataupun mencuci barang yang berlemak akan lebih mudah melarutkannya dalam sabun dengan menggunakan air hangat dibandingkan dengan air dingin.

Pada umumnya air panas diperoleh dengan cara memasak air dengan menggunakan bahan bakar. Perlu diketahui penggunaan bahan bakar, yang umumnya adalah bahan bakar fosil akan menimbulkan polusi udara, yaitu terbentuknya CO, NO_x SO₃ dan lain-lain. Selain itu bahan bakar jenis ini merupakan sumber energi yang tak dapat diperbarui sehingga suatu saat akan habis sehingga perlu dicari sumber energi alternatif.

Untuk menghindari terbentuknya lebih banyak polutan, sejalan dengan penerapan ISO 9000 yang sejak tahun 1994 muncul dengan standarisasi di bidang lingkungan hidup, EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) di Uni Eropa serta padanannya ISO 14000, maka salah satu solusinya adalah menggunakan peralatan penyerap energi matahari untuk memanaskan air.

Indonesia yang terletak di daerah tropis ini sebenarnya memiliki suatu keuntungan cukup besar yaitu menerima sinar matahari yang berkesinambungan sepanjang tahun. Sayangnya energi tersebut kelihatannya dibiarkan terbuang percuma untuk keperluan alamiah saja. Tidak seperti halnya negara maju, yang giat meneliti pemanfaatan energi tersebut untuk kepentingan manusia, misalnya pemakaian sel fotovoltaik yang nantinya energi listrik yang diperoleh dapat digunakan untuk peng-

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Januari 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 2 Nomor 1 April 2000.

gerak mobil, satelit, hubungan komunikasi ataupun disimpan di dalam sel-sel penyimpan.

Bagi negara berkembang, perlu diakui bahwa keterbatasan dana memang merupakan hambatan yang cukup penting. Untuk itu maka pemanfaatan energi matahari ini dapat dimulai dari yang sederhana yaitu menangkap energi yang berupa gelombang elektromagnetik itu dengan plat datar yang kemudian diteruskan ke pipa-pipa yang berisi air. Akibat *thermosiphon circulation* atau sirkulasi gravitasi maka air yang telah panas akan terdorong naik ke drum penyimpan dan tempatnya terisi oleh air yang masih relatif lebih dingin.

2. Alat - Alat Percobaan

Pemanas Air Tenaga Surya

Pada sistem pemanas air tenaga surya ini dapat dibagi atas tiga unit fungsional, yaitu :

- kolektor surya
- reservoir air panas
- pipa-pipa sirkulasi

Kolektor surya 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 6 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 tembaga dengan ukuran 156 cm x 86 cm dan tebal 0,5 mm.

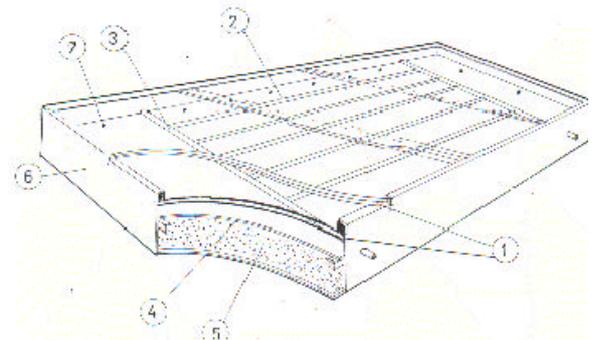
Sedangkan keenam pipa kolektor juga terbuat dari tembaga dengan diameter 0,5 inch (diameter luar (D_o) 15,875 mm dan diameter dalam (D_i) 13,843 mm) dan panjangnya masing-masing 130 cm. Jarak antar pipa 120 mm.

Kedua pipa *header* kolektor sendiri terbuat dari tembaga dengan diameter 1 inch (diameter luar (D_o) 28,575 mm dan diameter dalam (D_i) 26,035 mm), masing-masing panjangnya 1000 mm.

Pipa sirkulasi penghubung *reservoir* dan *header* kolektor terbuat dari bahan tembaga dengan diameter 1 inch (diameter luar D_o) 28,575 mm dan diameter dalam (D_i) 26,035 mm) dimana panjang pipa masuk ke kolektor 2164 mm dan yang keluar dari kolektor 1000 mm. Keseluruhan kedua pipa ini dibalut dengan *glass wool* setebal 2,25 cm.

Sebagai kaca penutup kolektor dipilih jenis *Indofigur tipe Mislite FM5* (kaca es) dengan tebal 5 mm.

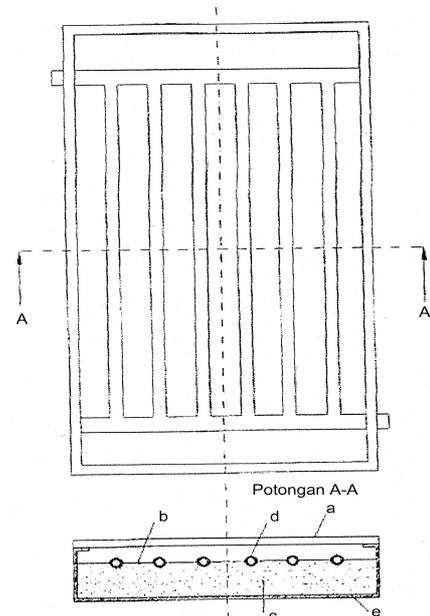
Untuk mencegah kerugian aliran panas maka digunakan isolator *glass wool* dengan ketebalan 40 mm.



Keterangan :

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1. Kaca penutup | 5. Isolator |
| 2. Pipa kolektor | 6. Kerangka kolektor |
| 3. Pipa header | 7. Keling |
| 4. Plat penyerap | |

Gambar 1. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya



Keterangan

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| a. kaca penutup | d. pipa sirkulasi fluida |
| b. plat penyerap panas | e. almari atau kotak penyangga |
| c. isolator | |

Gambar 2. Kolektor dan Susunan Pipa Paralelnya

Thermometer Air Raksa

Merupakan alat pengukur suhu udara disekitar kolektor.

Thermocouple

Digunakan untuk mengukur temperatur air pada tangki bagian bawah maupun atas, air yang masuk dan keluar kolektor serta pada lima titik yang berbeda pada kolektor.

Jenis yang digunakan adalah tipe CA/K yang berkemampuan pengukuran dari 0 ÷ 400 °C.

Thermocontrol

Sebagai pasangan dari *thermocouple*, maka alat ini berfungsi untuk mengonversikan tegangan yang dihasilkan *thermocouple* karena terpanaskan hingga suhu tertentu menjadi angka, sehingga terlihatlah angka yang menunjukkan temperatur hasil pengukuran.

Merek yang digunakan adalah *Shimaden* yang mampu membaca suhu dari 0÷1200 °C.

Solarimeter

Fungsi alat ini adalah untuk mengukur radiasi total yang menimpa kolektor pada posisi kemiringan sama dengan kolektor.

Merek alat yang digunakan *Haenni Messerate Solar 118*.

Anemometer

Alat ini dimanfaatkan untuk mengukur kecepatan angin yang berhembus disekitar kolektor.

Alat yang digunakan termasuk jenis *Fan Wheel Anemometer type 4.3016.00.81* dengan kemampuan pengukuran kecepatan angin dari 0 ÷ 1000 m/menit pada temperatur pengoperasian antara -20 ÷ 80 °C.

3. Teori Dasar

Energi panas yang dipancarkan oleh matahari dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan bantuan sebuah kolektor panas.

Dengan didasari oleh teori efek rumah kaca, maka efektifitas pengumpulan panas bisa ditingkatkan. Sedangkan untuk memanaskan air dalam tangki penyimpan secara keseluruhan dapat memanfaatkan efek termosiphon.

Prinsip dasar untuk menghitung efisiensi kolektor ini adalah dengan membandingkan besar kenaikan temperatur fluida yang mengalir di dalam kolektor dengan intensitas cahaya matahari yang diterima kolektor.

Energi dari matahari yang bisa diserap oleh kolektor adalah

$$S = (t.a) |_{\tau} \text{ (Watt/m}^2\text{)}$$

di mana

τ = transmisivitas

α = absorpsivitas

I_T = radiasi total matahari (Watt/m²)

Panas berguna dari kolektor

$$Q_u = A_c F_r [S - U_L (T_f - T_o)]$$

di mana

A_c = luas kolektor (m²)

F_r = faktor pemindahan panas kolektor

U_L = koefisien kehilangan panas kolektor (Watt/m².K)

T_{fi} = temperatur fluida masuk (K)

T_a = temperatur udara lingkungan (K)

Jika energi berguna yang diberikan kolektor ke air sebesar

$$Q_u = \dot{m}.C_p (T_{fo} - T_{fi})$$

di mana

\dot{m} = laju aliran massa fluida (kg/det)

C_p = panas jenis (J/kg °C)

T_{fo} = temperatur fluida keluar (K)

T_{fi} = temperatur fluida masuk (K)

Efisiensi dari kolektor dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara panas yang berguna dari kolektor dengan intensitas dari radiasi surya.

$$h = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_T}$$

$$h = \frac{\dot{m}.C_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c \cdot I_T}$$

Dengan demikian efisiensi per laju aliran massa dapat di tulis :

$$\frac{h}{\dot{m}} = \frac{C_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c \cdot I_T}$$

4. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan di teras bangunan berlantai dua di Surabaya mulai tanggal 12 Juni 1999 hingga 25 Juni 1999. Separuh waktu yang pertama digunakan untuk melakukan pengujian dengan kolektor yang hanya ditutup dengan sebuah kaca dan pada paruh waktu

yang kedua digunakan untuk melakukan percobaan dengan dua buah kaca penutup.

Adapun prosedur percobaan, baik dengan penutup satu ataupun dua buah kaca adalah sebagai berikut :

- Kolektor diletakkan dengan kemiringan 10° terhadap bidang horisontal dan menghadap ke utara.
- Waktu pengukuran mulai jam 10.00 hingga jam 16.00 BBWI
- Selang waktu pengukuran 30 menit
- Untuk mengetahui kemampuan penyimpanan panas yang dapat dilakukan oleh tangki penyimpanan panas, maka selama 3 hari pertama air dibiarkan di dalam tangki tanpa diganti, kemudian pada 3 hari berikutnya setiap sore, air dikuras dari tangki dan diisi dengan air dingin kembali.

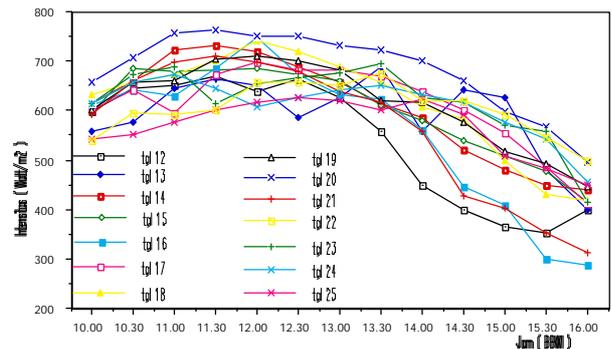
5. Hasil Percobaan Dan Analisa

Pada tanggal 12 Juni hingga 18 Juni, hanya digunakan sebuah kaca penutup, kemudian mulai tanggal 19 Juni hingga 25 Juni digunakan 2 buah kaca penutup kolektor. Dengan demikian semua data di bawah ini yang bertuliskan antara tanggal 12 hingga tanggal 18 Juni berarti selalu berhubungan dengan data kolektor dengan satu kaca penutup dan sisanya adalah untuk dua kaca penutup.

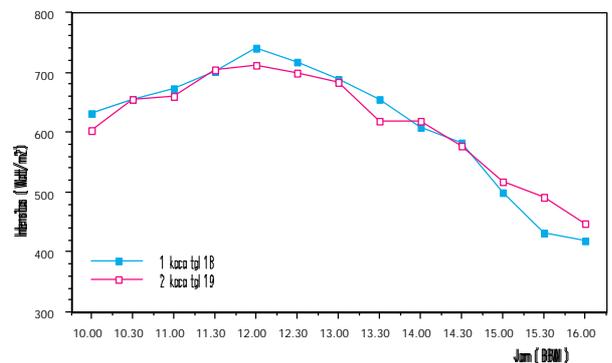
Seperti pada kondisi pada umumnya, pada saat awal mula, suhu air lebih rendah dari pada suhu udara di sekelilingnya. Kemudian ketika matahari bersinar suhu air mulai meningkat secara perlahan tetapi masih lebih rendah dari suhu lingkungan. Data yang cukup menarik untuk mulai dicatat adalah mulai pukul 10 pagi.

Untuk bisa membandingkan *performance* dari percobaan kolektor dengan sebuah kaca penutup dan dua buah kaca penutup, maka sebaiknya dilihat dahulu intensitas cahaya matahari yang menerpa kolektor surya seperti yang disajikan oleh gambar 3 di bawah ini.

Pada gambar dapat dilihat bahwa intensitas cahaya yang diterima kolektor paling identik adalah pada percobaan tanggal 18 Juni (untuk 1 kaca penutup) dan tanggal 19 Juni (dengan 2 kaca penutup). Apabila data dari intensitas pada tanggal yang lainnya dieliminir maka dapat lebih terlihat jelas data pada kedua tanggal tersebut pada gambar di bawah ini.



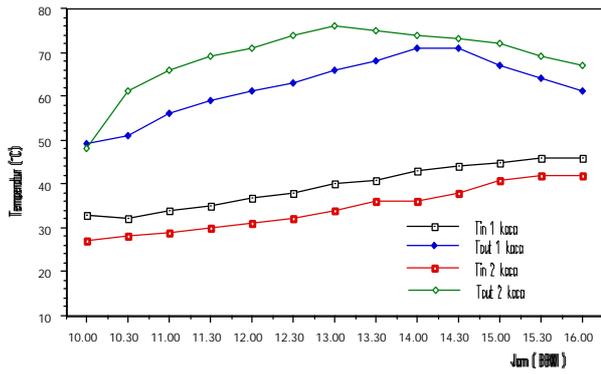
Gambar 3. Intensitas Matahari Mulai Tanggal 12 Hingga 25 Juni 1999



Gambar 4. Intensitas Matahari pada Tanggal 18 dan 19 Juni 1999

Dengan intensitas yang setara ini maka pada gambar 3 terlihat bahwa dengan suhu air mula-mula (pada jam 10.00) pada percobaan 2 kaca adalah sedikit lebih rendah dari pada yang 1 kaca, tetapi dengan cepat suhu air keluar pada percobaan 2 kaca dapat melampaui kolektor dengan penutup 1 kaca, yaitu mulai jam 10.30. Walaupun suhu air masuknya selalu lebih rendah, tetapi suhu air keluarnya pada kolektor dengan 2 kaca penutup adalah lebih tinggi pada jam-jam berikutnya. Hal ini menandakan bahwa penggunaan 2 kaca penutup memberi kemampuan untuk menahan panas yang terserap kolektor lebih baik dan panas itu kemudian ditransfer ke air yang berada di dalam pipa-pipa pemanas yang menempel pada kolektor.

Yang cukup menarik dari hasil percobaan ini adalah bahwa suhu air keluar kolektor yang ditutup dengan dua buah kaca cepat meningkat dan mengungguli suhu keluar dari kolektor dengan sebuah kaca penutup saja. Tetapi perbedaan suhu keluar ini kemudian mengecil mulai jam 13.30 dimana sejalan dengan menurunnya intensitas cahaya total matahari yang menerpa kolektor.

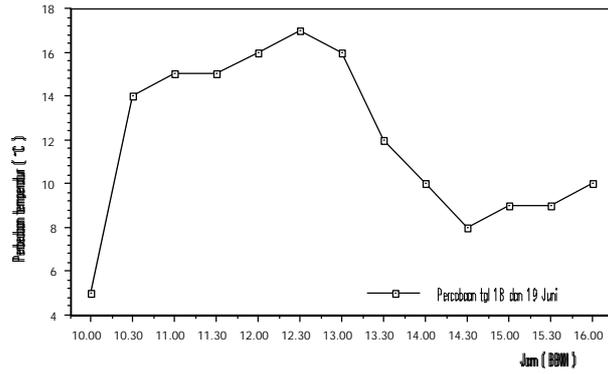


Gambar 5. Suhu Air Masuk - Keluar Kolektor pada Percobaan Tanggal 18 & 19 Juni 1999

Untuk melihat perbedaan unjuk kerja dari kedua jenis kolektor ini maka dapat dilihat pada gambar di bawah ini yang menampilkan perbedaan suhu air keluar kolektor dan yang masuk ke kolektor. Perbedaan selisih temperatur dari penggunaan dua buah kaca dan satu kaca pada jam 10.00 masih sekitar 5°C saja yang dengan cepat meningkat menjadi 14°C pada 30 menit kemudian dan terus menjadi peningkatan hingga mencapai 17°C pada jam 12.30, sesudah itu mulai menurun lagi hingga jam 14.30 yang hanya berbeda 8°C saja dan sedikit meningkat lagi pada jam-jam berikutnya.

Hal ini jika dibandingkan dengan intensitas total cahaya yang diterima kolektor, terlihat bahwa mulai jam 10.00 pagi terjadi peningkatan secara perlahan dimana mencapai puncaknya pada jam 12.00 tepat lalu mulai terjadi penurunan, tetapi ternyata kolektor dengan dua buah kaca penutup mampu memiliki daya simpan panas yang lebih baik sehingga peningkatan suhu air masih bisa terus berlanjut sampai 30 menit kemudian. Sejalan dengan penurunan intensitas cahaya terjadilah penurunan perbedaan suhu dan setelah jam 14.30 terlihat bahwa intensitas cahaya yang menerpa kolektor dengan dua kaca penutup lebih besar dibandingkan dengan kolektor dengan satu kaca penutup, maka perbedaan suhunya juga terlihat kembali meningkat.

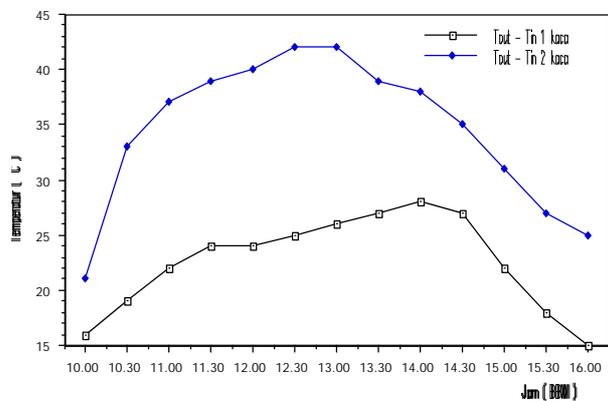
Sedangkan perbedaan suhu sebenarnya dapat dilihat pada grafik dimana pada jam 10.00 pagi sudah terlihat perbedaannya, dengan sebuah kaca penutup antara suhu air keluar kolektor dan yang masuk kolektor adalah sebesar 16°C sedangkan pada kolektor dengan 2 kaca penutup sudah mampu mencapai 21°C dan pada jam-jam berikutnya peningkatannya makin besar hingga tercapainya intensitas maksimal kemudian kembali menurun dengan menurunnya intensitas cahaya total.



Gambar 6. Selisih Perbedaan Suhu Air Masuk & Keluar Kolektor pada Percobaan Taggal 18 & 19 Juni 1999

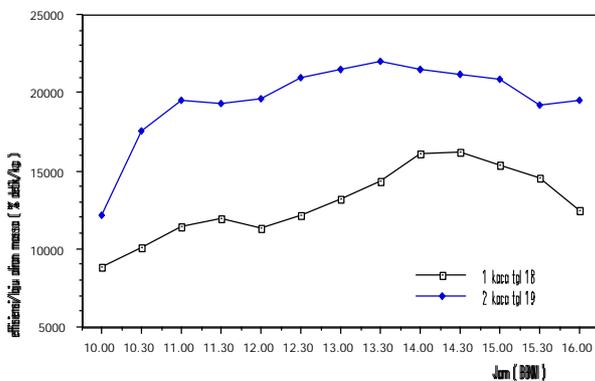
Pada kedua grafik ini yang cukup menarik untuk dianalisa adalah, pada kolektor dengan dua buah kaca penutup, jika intensitas cahaya matahari mulai berkurang maka terjadi pula penurunan perbedaan suhu air keluar dan masuk kolektor dalam waktu yang tidak terlalu lama (hanya sekitar 1 jam berikutnya). Sedangkan pada kolektor dengan sebuah kaca penutup saja, walaupun intensitas cahaya total sudah mulai menurun setelah jam 12.00 tetapi selisih suhu air keluar dan masuk ke kolektor masih bisa meningkat terus hingga jam 14.00, barulah pada jam 14.30 mulai terjadi penurunan.

Hal ini memberikan pertanda bahwa penggunaan dua buah kaca akan lebih efektif kalau digunakan ditempat yang menerima intensitas cahaya yang besar agar mengurangi kerugian panas, tetapi kalau kolektor hanya terterpa intensitas cahaya yang kecil saja, justru penggunaan dua buah kaca akan mengurangi intensitas yang ditransmisikan ke kolektor, jadi kaca menjadi penghambatnya.



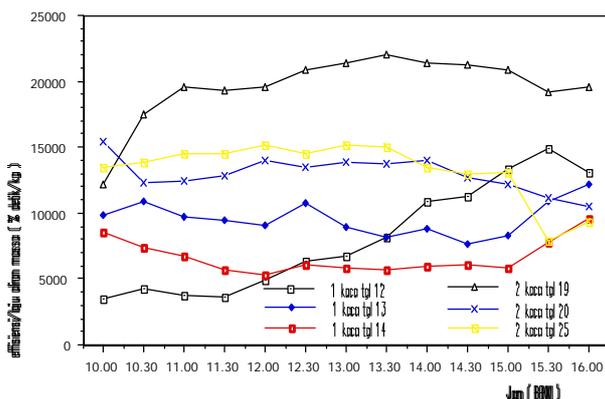
Gambar 7. Perbedaan Suhu Air Masuk & Keluar Kolektor pada Percobaan Tanggal 18 & 19 Juni 1999

Sedangkan efisiensi per laju aliran massa dari air dalam kolektor dari kedua macam percobaan ini dapat dilihat penggunaan dua buah kaca penutup kan lebih tinggi dari pada kalau hanya menggunakan sebuah kaca penutup saja.



Gambar 8. Effisiensi per Laju Aliran Massa Air pada Percobaan Tanggal 18 & 19 Juni 1999

Harga dari efisiensi aliran per laju aliran massa dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan dua buah kaca adalah lebih baik dari pada penggunaan sebuah kaca saja. Dengan demikian terlihat secara rata-rata bahwa 3 grafik teratas diperoleh dari percobaan-percobaan yang menggunakan 2 buah kaca sedangkan 3 grafik yang di bawahnya merupakan hail dari percobaan yang menggunakan sebuah kaca penutup kolektor saja.



Gambar 9. Effisiensi per Laju Aliran Massa Air

Kesimpulan

Secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan kolektor dengan dua buah kaca penutup adalah lebih baik dari pada hanya menggunakan sebuah kaca penutup saja.

Perbedaan suhu yang dicapai dengan percobaan dengan dua buah kaca penutup untuk intensitas cahaya total antara 447 hingga 711 Watt/m² adalah 25°C hingga 42°C sedangkan kolektor dengan sebuah kaca penutup yang menerima intensitas cahaya mulai dari 419 hingga 741 Watt/m² hanya memiliki perbedaan suhu antar 15°C hingga 28°C saja.

Secara umum dapat dikatakan pula bahwa penggunaan kolektor dengan dua buah kaca penutup adalah lebih efektif pada intensitas cahaya yang relatif tinggi, dalam percobaan ini jika di atas 600 Watt/m².

Daftar Pustaka

1. Brun M., *Énergétique*, École Centrale de Lyon, 1986.
2. Chauliaguët, et l., *Solar Energy in Building for Engineering Architecture and Construction*, John Wiley and Sons, 1979.
3. Debney B.T., Knight J.R., *Terrestrial Solar Cell Present and Future*, Contemporary Physics, Vol 25, No 1, 1978.
4. Djunaidi D.K., *Pengaruh Jumlah Kaca Penutup Terhadap Efisiensi Kolektor Surya Plat Datar Sistem Pipa Paralel*, Tugas Akhir no 99.54.365, Jurusan Teknik Mesin UK Petra, .1999.
5. Duffie J.A., Beckman W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1980.
6. FOX. R.W., McDonald A.T., *Introduction to Fluid Mechanics*, John Wiley and Sons, 1985.
7. Incropera F.P., DE WITT D.P., *Funamentals of Mass and Heat Transfer 3rd ed*, John Wiley and Sons Inc, 1990.
8. Kreith F., Keider J.F., *Principles of Heat Transfer*, Harper and row Publisher, 1973.
9. Suhada H., *Energi Regeneratif Sebagai Pilihan Energi Masa Depan*, Dimensi Vol. 20/EMTI, 1995.