

Analisa Pengaruh Konfigurasi Pipa Pemanas Air Surya Terhadap Efisiensi

Darwin

Departement Of Mechanical Engineering, Syiah Kuala University
Jl. Tgk. Syeh Abdurrafuf No. 7 Darussalam - Banda Aceh 23111, Indonesia
Phone/Fax:+62-651-7428069e_mail : darwinmtir@yahoo.com

ABSTRACT

In order to reduce or replace the use of wood fuel, oil and natural gas to heat water, has a lot of research being done to find alternative energy sources. Solar energy is one alternative energy that can be used to heat water. Solar collector is a device that serves to collect the incoming solar energy and convert it into heat energy which in turn forwarded to the working fluid. The purpose of this study solar water heater is to compare the influence of the configuration of pipes and pipe parallel series with the addition of the collector absorber plate honeycomb shaped the performance of solar energy water heater so that in can be efficiency. From research result obtained temperature irrigate in parallel pipe collector tank at angle 5° equal to 52 °C and also reached efficiency that is 46,16 %, at angle 10° equal to 54 °C reached efficiency 48,15 %, at angle 15° equal to 51 °C reached efficiency 45,10 % and at angle 20° equal to 48 °C and also reached efficiency that is 39,60 % while the water temperature inside the tank to the collector pipe series at angle 5° equal to 48 °C reached efficiency is 41.67 %, the angle at 10° equal to 49 °C reached efficiency is 42.86 %, angle 15° equal to 47 °C reached efficiency is 40.43 % and at an angle 20° equal to 46 °C and also reached efficiency that is 39,14 %. In general, the obtained results indicate that the solar collector with parallel pipe configuration has better efficiency compared to solar collector with series pipe configuration.

Keywords: Solar Energy, Solar Collectors, Series Pipe, Parallel Pipe, Efficiency

PENDAHULUAN

Energi radiasi dari matahari merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan guna menggantikan energi yang dihasilkan oleh minyak bumi. Indonesia adalah negara yang terletak di daerah equator yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan fluks rata-rata pada siang hari di musim kemarau mencapai harga di atas 1000 W/m², dengan lama penyinaran rata-rata 12 jam/hari, suatu nilai yang cukup tinggi untuk dimanfaatkan. Energi matahari merupakan energi yang tidak terhabiskan, kondisi ini sangatlah penting untuk melakukan berbagai hal dalam bentuk yang baru sehingga dapat digunakan oleh masyarakat Indonesia secara khusus dan masyarakat internasional secara umum.

Letak astronomis Banda Aceh yaitu pada 05°16' 15" - 05° 36' 16" Lintang Utara dan 95° 16' 15" - 95° 22' 35" Bujur Timur serta beriklim tropis, sehingga berpotensi besar dalam penggunaan energi yang berasal dari matahari.

Potensi penggunaan energi matahari ini dapat kita manfaatkan untuk penyinaran, pemanas air, pengering hasil pertanian dan perikanan, sebagai bahan bakar, penghasil tenaga listrik dan lain-lain. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini akan memanfaatkan energi surya sebagai pemanas air yang populer dinamakan kolektor surya plat datar.

Sutrisno (2002) melakukan pengujian kolektor surya pemanas air dengan menggunakan plat absorber gelombang dengan dan tanpa *honeycomb*. Plat absorber yang digunakan adalah plat seng yang

mempunyai sudut = 129°. Pengujian dilakukan dengan variasi laju aliran massa air 300 cc/menit, 400 cc/menit dan 500 cc/menit dan temperature inlet 35 °C, 40 °C, dan 45 °C dengan mengabaikan bayangan yang terbentuk oleh plat gelombang itu sendiri. Dari hasil pengujian maka diketahui kolektor dengan menggunakan plat absorber gelombang dengan *honeycomb* lebih efisien dibandingkan dengan kolektor tanpa *honeycomb*.

Praba Chand dan S. P. Sharma (2009) melakukan percobaan dengan menambahkan luas permukaan absorber disisi dalam *ducting* dan memvariasikan jarak antara *cover* dan *plat absorber* dengan luas permukaan kolektor yang dibuat konstan. Hasil percobaan ini menunjukkan peningkatan temperatur udara, efisiensi dan *heat removal factor* terhadap penambahan *aspect ratio*.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membandingkan pengaruh konfigurasi pipa seri dan pipa paralel dengan penambahan plat absorber pada kolektor yang berbentuk *Honeycomb* terhadap performance pemanas air energi surya.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, sedangkan pengujian pemanas air energi surya dilaksanakan di halaman Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh pada bulan Januari sampai dengan Maret 2013. Bahan dan alat

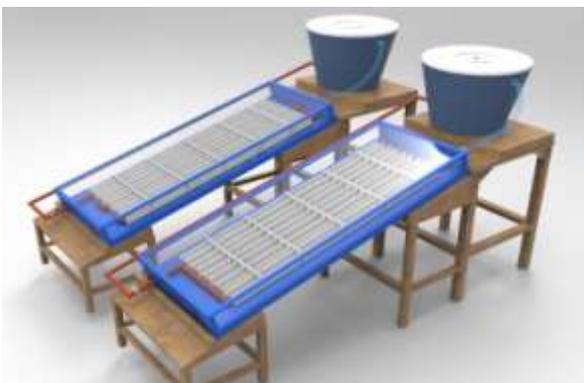
yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Pipa
 - a. Di dalam kolektor : pipa besi dengan diameter 0.5 inch, sebagai pipa absorber.
 - b. Di luar kolektor : pipa PVC dengan diameter 0,5 inch, untuk mengalirkan air masuk dan keluar kolektor.
- 2) Kaca yang digunakan kaca transparan, dengan panjang 1900 mm dan lebar 750 mm dengan ketebalan 5 mm.
- 3) Fluida yang digunakan adalah air.
- 4) Tangki air berfungsi sebagai tempat penampungan.
- 5) Isolasi menggunakan busa dengan panjang 1900 mm, lebar 750 mm dan tebal 3 mm.
- 6) Material absorber menggunakan plat alumunium berbentuk *honeycomb* dengan ketebalan 0.6 mm.
- 7) Thermokopel adalah alat untuk mengukur suhu pada pipa atau dinding kolektor surya.
- 8) Thermometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu ruang atau fluida.
- 9) Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang berhembus di sekitar kolektor.
- 10) Katup adalah sebuah alat untuk mengatur laju aliran suatu fluida dengan menutup, membuka atau menghambat sebagian dari jalannya aliran.
- 11) Kerangka kolektor terbuat dari kayu dan papan.

Prosedur Pengujian

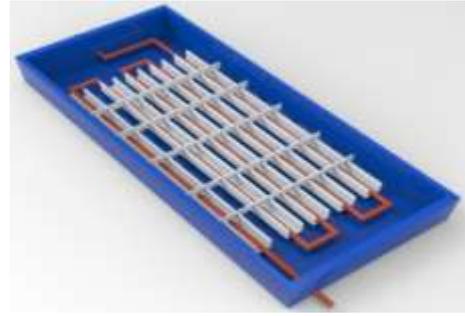
Prosedur pengujian pemanas air energi surya dilakukan dengan membandingkan efisiensi pemanas air antara kolektor surya pipa seri dengan kolektor surya pipa paralel, yang sama-sama menggunakan plat absorber berbentuk *honeycomb*, dimensi sama, dan diteliti pada waktu yang bersamaan.

Pengambilan data dilakukan setiap setengah jam, dengan mengukur temperatur lingkungan, temperatur kaca, temperatur pada plat absorber (*honeycomb*), temperatur pipa-pipa, temperatur air masuk, temperatur air keluar dan temperatur air dalam tangki pada masing-masing kolektor.

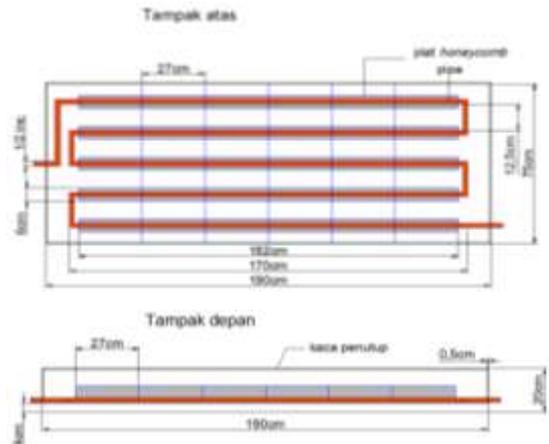


Gambar 1. Skema Pelaksanaan Pengujian

Kolektor Surya Pipa Seri

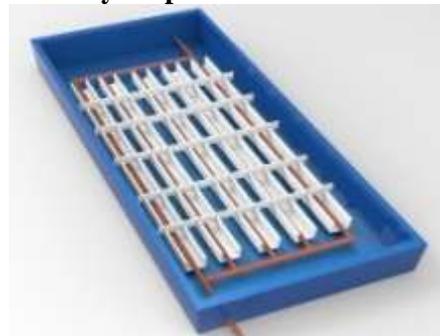


Gambar 2. Kolektor surya Pipa Seri

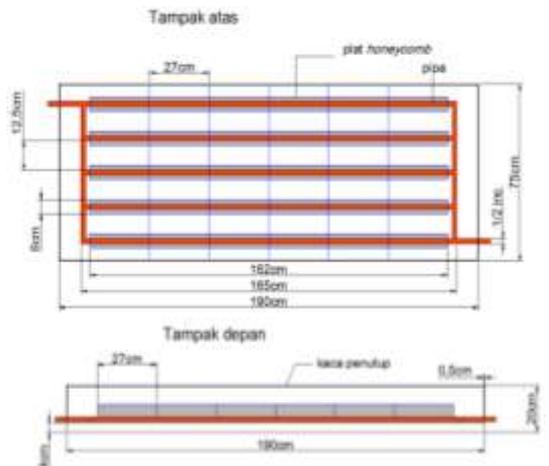


Gambar 3. Penampang Kolektor Surya Pipa Seri

Kolektor Surya Pipa Paralel

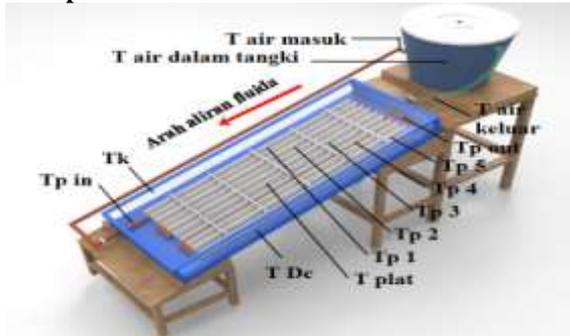


Gambar 4. Kolektor Surya Pipa Paralel

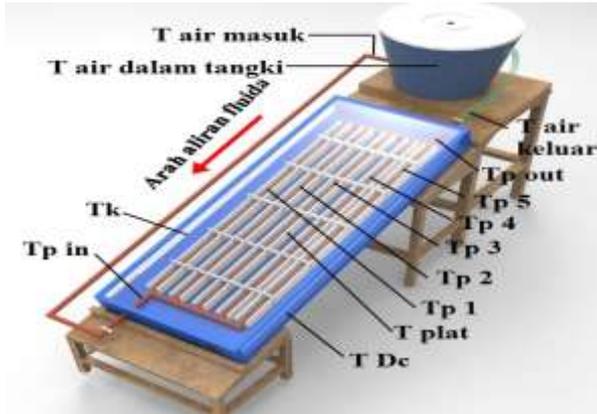


Gambar 5. Penampang Kolektor Surya Pipa Paralel

Penempatan Alat Ukur



Gambar 6. Skema Penempatan Alat Ukur Kolektor Surya Pipa Seri



Gambar 7. Skema Penempatan Alat Ukur Kolektor Surya Pipa Paralel

Keterangan gambar :

- $T_{p\ in}$ = Temperatur pipa masuk
- $T_{p\ out}$ = Temperatur pipa keluar
- T_{p1} = Temperatur pipa 1
- T_{p2} = Temperatur pipa 2
- T_{p3} = Temperatur pipa 3
- T_{p4} = Temperatur pipa 4
- T_{p5} = Temperatur pipa 5
- T_{plat} = Temperatur plat absorber (*honeycomb*)
- T_k = Temperatur permukaan kaca penutup
- T_{Dc} = Temperatur dinding kolektor
- T_{Rc} = Temperatur ruang kolektor
- T_{\sim} = Temperatur lingkungan (ambient)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

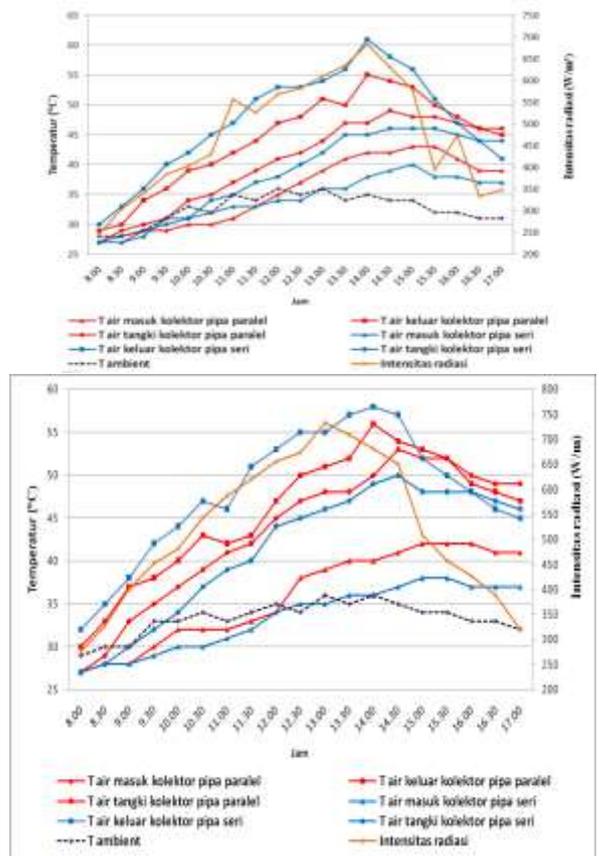
Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan data lapangan beberapa hari pada satu kondisi sudut yang sama, ini dilakukan untuk mendapatkan data yang akurat dari setiap pengujian yang dilakukan. Pada bab ini penulis akan membahas dan membandingkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian pemanas air energi surya pada kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel. Pengujian juga dilakukan pada beberapa variasi sudut kemiringan kolektor, yaitu pada kemiringan kolektor 5°, 10°, 15° dan 20°. Temperatur yang diamati dan diukur adalah temperatur pipa air masuk ($T_{p\ in}$), temperatur pipa air keluar ($T_{p\ out}$), temperatur pipa 1 (T_{p1}), temperatur

pipa 2 (T_{p2}), temperatur pipa 3 (T_{p3}), temperatur pipa 4 (T_{p4}), temperatur pipa 5 (T_{p5}), temperatur plat honeycomb (T_{plat}), temperatur kaca (T_k), temperatur dinding kolektor (T_{Dc}), temperatur air masuk ($T_{F\ in}$), temperatur air keluar ($T_{F\ out}$), temperatur air dalam tangki ($T_{air\ tangki}$) dan temperatur lingkungan (T_{\sim}) yang diukur disekitar kolektor.

Perbandingan Distribusi Temperatur Pada Kolektor Pipa Seri dan Paralel

Pengamatan pada dua jenis kolektor surya yang berbeda yaitu kolektor dengan pipa seri dan kolektor dengan pipa paralel, maka dilakukan pengukuran temperatur pada masing-masing kolektor tersebut, hal ini bertujuan untuk mengetahui jenis kolektor mana yang kemampuan menyerap panas matahari lebih tinggi.

Distribusi Temperatur Kolektor Pipa Seri dan Paralel dengan Kemiringan Sudut 5°

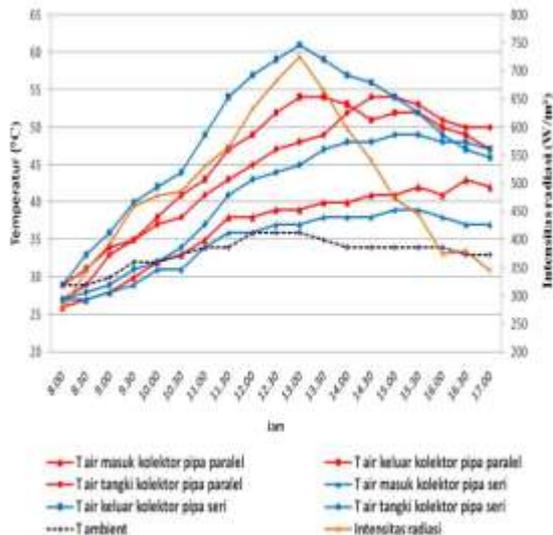


Gambar 8. Grafik distribusi temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur air dalam tangki, temperatur ambient terhadap waktu

Dari Gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa, temperatur air keluar masing masing kolektor (kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel) terjadi peningkatan setiap jamnya sejak pukul 08.00 WIB, tapi pada jam 11.00 WIB mengalami sedikit penurunan temperatur, hal ini diakibatkan terjadinya penurunan suhu lingkungan, kemudian pada jam

11.30 WIB temperatur kembali naik sampai jam 14.00 WIB, setelah itu temperatur turun sampai jam 17.00 WIB. Dari Grafik 4.1 di atas dapat dilihat bahwa temperatur air dalam tangki kolektor pipa paralel lebih tinggi dibandingkan temperatur air dalam tangki kolektor pipa seri, sehingga temperatur air masuk pada kolektor pipa paralel juga lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur pada kolektor pipa seri karena siklus tertutup. Tetapi temperatur air keluar kolektor pipa seri lebih tinggi dibanding kolektor pipa paralel dari pagi sampai jam 15.00 WIB, menjelang sore dari jam 15.00 WIB sampai jam 17.00 WIB temperatur air keluar kolektor pipa paralel yang lebih besar dibandingkan kolektor pipa seri. Temperatur air keluar tertinggi pada kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel dengan kemiringan sudut 5° adalah pada pukul 14.00 WIB. Temperatur air keluar tertinggi kolektor pipa seri mencapai 58 °C sedangkan temperatur air keluar kolektor pipa paralel tertinggi mencapai 56 °C. Temperatur air dalam tangki pada kolektor pipa paralel dari waktu ke waktu lebih tinggi dibandingkan pada kolektor pipa seri, kemungkinan besar hal ini disebabkan laju aliran massa air yang mengalir dalam pipa-pipa sirkulasi dalam kolektor pipa paralel lebih besar dibanding pipa seri, kesimpulan bahwa banyak sedikitnya laju aliran massa air yang mengalir dalam sistem dipengaruhi oleh bentuk konfigurasi pipa atau besar kecilnya head loss (rugi tekanan)

Distribusi Temperatur Kolektor Pipa Seri dan Paralel dengan Kemiringan Sudut 10°

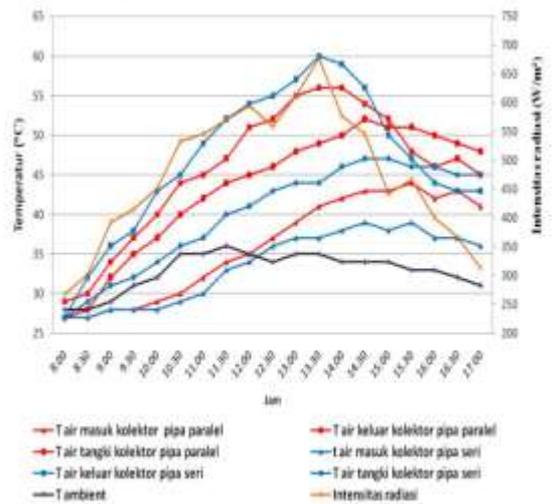


Gambar 9. Grafik distribusi temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur air dalam tangki, temperatur ambient terhadap waktu

Dari Gambar 9 di atas dapat dilihat bahwa, temperatur air keluar masing masing kolektor (kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel) terjadi peningkatan setiap waktu sejak pukul 08.00 WIB. Dari Grafik 4.2 di atas dapat dilihat bahwa

temperatur air dalam tangki kolektor pipa paralel lebih tinggi dibandingkan temperatur air dalam tangki kolektor pipa seri. Temperatur air keluar kolektor pipa seri lebih tinggi dibanding kolektor pipa paralel dari pagi sampai jam 15.00 WIB, tetapi menjelang sore dari jam 15.30 WIB sampai jam 17.00 WIB temperatur air keluar kolektor pipa paralel yang lebih besar dibandingkan kolektor pipa seri. Dalam hal ini pipa seri sangat dipengaruhi oleh kondisi intensitas cahaya matahari, begitu intensitas matahari turun maka temperatur di pipa seri langsung turun. Dapat disimpulkan bahwa jumlah air atau laju air di dalam pipa seri kecil dibanding pipa paralel. Temperatur air keluar tertinggi kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel dengan kemiringan sudut 10° adalah pada pukul 13.00 WIB. Temperatur air keluar tertinggi kolektor pipa seri mencapai 61 °C sedangkan temperatur air keluar kolektor pipa paralel mencapai 54 °C.

Distribusi Temperatur Kolektor Pipa Seri dan Paralel dengan Kemiringan Sudut 15°



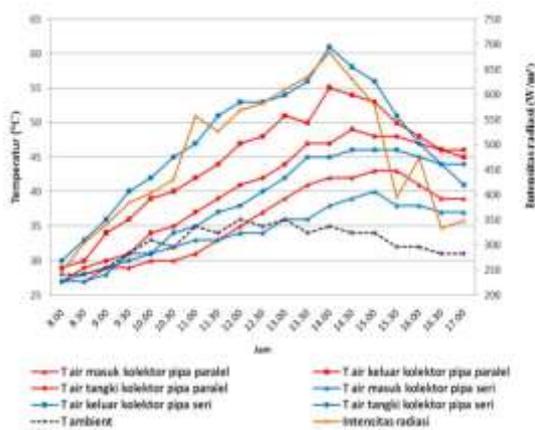
Gambar 10. Grafik distribusi temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur air dalam tangki, temperatur ambient terhadap waktu

Dari Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa, temperatur air keluar masing masing kolektor (kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel) terjadi peningkatan setiap waktu mulai pukul 08.00 WIB. Dari Grafik pada Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa temperatur air dalam tangki kolektor pipa paralel lebih tinggi dibandingkan temperatur air dalam tangki kolektor pipa seri. Temperatur air keluar kolektor pipa seri lebih tinggi dibanding kolektor pipa paralel dari pagi sampai jam 14.30 WIB, tetapi menjelang sore dari jam 15.00 WIB sampai jam 17.00 WIB temperatur air keluar kolektor pipa paralel yang lebih besar dibandingkan kolektor pipa seri. Temperatur air keluar tertinggi pada kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel dengan kemiringan sudut 15° adalah pada pukul 13.30 WIB. Pada pukul 13.30 selisih antara temperatur air dalam

tangki kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel hanya 5 °C. Temperatur air keluar tertinggi kolektor pipa seri mencapai 60 °C sedangkan temperatur air keluar kolektor pipa paralel mencapai 56 °C.

Distribusi Temperatur Kolektor Pipa Seri dan Paralel dengan Kemiringan Sudut 20°

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa temperatur air dalam tangki kolektor pipa paralel lebih tinggi dibandingkan temperatur air dalam tangki kolektor pipa seri, sehingga temperatur air masuk pada kolektor pipa paralel juga lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur pada kolektor pipa seri. Tetapi, temperatur air keluar kolektor pipa seri



Gambar 11. Grafik distribusi temperatur air masuk, temperatur air keluar, temperatur air dalam tangki, temperatur ambient terhadap waktu

lebih tinggi dibanding kolektor pipa paralel dari pagi sampai jam 15.30 WIB, tetapi menjelang sore dari jam 15.30 WIB sampai jam 17.00 WIB temperatur air keluar kolektor pipa paralel yang lebih besar dari kolektor pipa seri. Temperatur air keluar tertinggi kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel dengan kemiringan sudut 20° berada pada pukul 14.00 WIB. Temperatur air keluar tertinggi kolektor pipa seri mencapai 61 °C sedangkan temperatur air keluar kolektor pipa paralel mencapai 55 °C. Temperatur tertinggi air dalam tangki kolektor pipa seri mencapai 47 °C pada jam 15.00 WIB sedangkan temperatur air dalam tangki kolektor pipa paralel mencapai 49 °C pada jam 14.30 WIB.

Perhitungan Efisiensi Termal

Untuk perhitungan nilai efisiensi masing-masing kolektor surya yaitu pada kolektor pipa seri dan kolektor pipa paralel.

Perhitungan Nilai Efisiensi Termal Kolektor Pipa Seri pada Sudut 5°, 10°, 15° dan 20°

Untuk hasil perolehan efisiensi termal dari beberapa variasi sudut yang di uji pada pipa seri dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Efisiensi kolektor surya pipa seri dengan variasi sudut kemiringan kolektor pada rentang waktu pukul 09.00 – 15.00 WIB.

No	Tanggal Pengujian	Kemiringan sudut	T tangki jam 09.00 WIB (°C)	T tangki jam 15.00 WIB (°C)	ΔT (°C)	η (%)
1	05/03/2013	Sudut 5°	28	48	20	41,67
2	23/02/2013	Sudut 10°	28	49	21	42,86
3	19/02/2013	Sudut 15°	28	47	19	40,43
4	24/01/2013	Sudut 20°	28	46	18	39,14

Perhitungan Nilai Efisiensi Termal Kolektor Pipa Paralel pada Sudut 5°, 10°, 15° dan 20°

Untuk hasil perolehan efisiensi termal dari beberapa variasi sudut yang di uji pada pipa paralel dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Efisiensi kolektor surya pipa paralel dengan variasi sudut kemiringan kolektor pada rentang waktu pukul 09.00 – 15.00 WIB.

No	Tanggal Pengujian	Kemiringan sudut	T tangki jam 09.00 WIB (°C)	T tangki jam 15.00 WIB (°C)	ΔT (°C)	η (%)
1	05/03/2013	Sudut 5°	28	52	24	46,16
2	23/02/2013	Sudut 10°	28	54	26	48,15
3	19/02/2013	Sudut 15°	28	51	23	45,10
4	24/01/2013	Sudut 20°	28	48	20	39,60

Perolehan nilai efisiensi dari pengujian kolektor pipa seri dan pipa paralel dengan beberapa variasi sudut dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Perbandingan nilai efisiensi antara kolektor pipa seri dengan pipa paralel

No	Tanggal Pengujian	Kemiringan sudut	ΔT (°C)		η (%)	
			Paralel	Seri	Paralel	Seri
1	05/03/2013	Sudut 5°	24	20	46,16	41,67
2	23/02/2013	Sudut 10°	26	21	48,15	42,86
3	19/02/2013	Sudut 15°	23	19	45,10	40,43
4	24/01/2013	Sudut 20°	20	18	39,60	39,14

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pada pemanas air energy surya dengan membandingkan pipa seri dan

paralel, dengan luas kolektor dan panjang pipa yang sama, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi pada kolektor pipa paralel dengan kemiringan sudut 10° mencapai 48,15 % dan pada kolektor pipa seri mencapai 42,06 %.
2. Selisih efisiensi pada kolektor pipa paralel dan pipa seri pada sudut 5° adalah 4,49 %.
3. Efisiensi termal tertinggi adalah 48,15 % pada kolektor pipa paralel dengan kemiringan sudut 10° .
4. Pengujian kolektor surya pada beberapa variasi kemiringan sudut kolektor, diperoleh bahwa temperatur air dalam tangki kolektor pipa paralel lebih tinggi dibandingkan pipa seri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Wiranto, 1995, *Teknologi Rekayasa Surya. Flat Plate Solar Collector Performance*, Jakarta:PT Pradnya Paramita;
- [2] Bergman, T. L, DeWitt, D. P, Incropera, F. P., 2007, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Edisi ke-6, John Wiley and Sons, USA;
- [3] Duffie A.John, Beckman A. William, 2005, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley and Sons, USA;
- [4] Astuti, Puji, 2010, *Desain sistem pemanas air menggunakan radiasi sinar matahari*, skripsi, Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang;
- [5] Kalogirou, Soteris A., 2009, *Solar Energy Engineering Process and Systems*, Academic Press, USA;
- [6] Arbi. Achmad. Harahap, 2009, *Pemamfaatan energi matahari untuk memanaskan air*, Karya Akhir Program Studi Teknologi Mekanik Industri, Universitas Sumatra Utara, Medan;
- [7] Tirtoatmodjo Rahardjo, Handoyo Anggraini Ekadewi, 1999, *Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Pelat Datar dengan Satu dan Dua Kaca Penutup*, Jurnal Teknik Mesin vol. 1, no. 2, Universitas Kristen Petra;
- [8] Maskur, Iswadi M.Basir, 2009, *Pengaruh diameter pipa penyerap terhadap efisiensi kolektor pemanas air surya plat datar*, Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri, Ujung Pandang;
- [9] Srukman, Fabio, 2008, *Analisis of A Flat-plate Solar Collector*, *Project Report*, Lund University, Sweden.