

## KONFIGURASI SERPENTINE-PARALEL DAN PARALEL-SERPENTINE PADA PIPA FLUIDA PEMANAS AIR SURYA SISTEM THERMOSIPHON

Mustofa & Rustan Hatib  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Tadulako  
E-mail: [mustofa@pnsmail.go.id](mailto:mustofa@pnsmail.go.id)

**Abstract: Configuration of Serpentine-Parallel and Parallel-Serpentine in Solar Hot Water Tube Thermosiphon System.** The aim of this research is to compare the performance of two differences tube configuration in solar hot water collector thermosiphon system. Not only the tubes configuration are not the same, but also the collector materials, such as hot water reservoir and heat absorber are differences. For example, fiberglass and stainless steel reservoirs are compared in terms of long-lasting heat isolation. Likewise, copper tubes configuration between serpentine-parallel and parallel-serpentine are shown in association with mass flow rates and times consume to heat the water within the tubes. The test results show that parallel-serpentine configuration has higher performance (around 50%) than that of serpentine-parallel (approximately 35%). It is possibly because of fluid velocity within the tube configuration.

**Keywords:** serpentine-parallel, parallel-serpentine, solar hot water, thermosiphon

**Abstrak: Konfigurasi Serpentine-Paralel dan Paralel-Serpentine Pada Pipa Penyerap Fluida Panas Air Surya Sistem Thermosiphon.** Tujuan penelitian ini adalah membandingkan unjuk kerja dua kolektor pemanas air yang berbeda konfigurasi pipa sirkulasi fluida dan penyerap panasnya dengan sistem thermosiphon. Tidak itu saja, tandon air panas pada kedua kolektor berbeda materialnya antara fiberglass dan stainless steel. Tandon fiberglass memanfaatkan konfigurasi pipa serpentine-paralel, dimana fluida masuk ke pipa tembaga berdiameter 1/2" dengan konfigurasi serpentine pada dimensi yang sama yang keluar dari tangki akan diserikan dengan konfigurasi paralel dan selanjutnya fluida masuk ke tangki fiber. Sementara itu, pada konfigurasi paralel-serpentine dengan dimensi pipa tembaga yang paralel terdiri dua ukuran, yaitu 3/8 dan 5/8" dan yang serpentine 3/8 saja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi panel kolektor dengan konfigurasi paralel-serpentine lebih besar dengan kisaran 50%, sementara yang serpentine-paralel pada angka rata-rata 35%. Hal ini disebabkan oleh kecepatan fluida dan konduktivitas panas sebelum masuk kembali ke tangki setelah melewati kolektor.

**Kata kunci:** serpentine-paralel, paralel-serpentine, pemanas air surya, sistem thermosiphon

### PENDAHULUAN

Perkembangan pemanfaatan energi surya dalam kolektor pemanas air mengalami perkembangan signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas kolektor energi matahari. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan memodifikasi konfigurasi pipa penyerap panas dan bentuk pelat penyerap absorbernya yang di cat hitam. Beberapa penelitian menghasilkan bentuk konfigurasi pipa paralel atau serpentine saja. Padahal masing-masing bentuk tersebut memiliki keunggulan, misalnya konfigurasi pipa paralel cocok digunakan

pada sore hari, sementara yang bentuk serpentine atau bentuk seperti susunan usus lebih cocok digunakan pada pagi hingga siang. Oleh karena itu dalam penelitiannya, Mustofa *et al.* (2013a) dan Mustofa dkk. (2013b) menyatukan 2 konfigurasi itu dalam satu kotak kolektor yang terbuat dari kayu dengan pipa tembaga 1/2" dengan satu dan dua penutup kaca dengan prinsip kerja secara thermosiphon. Hasilnya, panas maksimum yang keluar dari pipa sirkulasi fluida sebelum masuk ke tandon mencapai sekitar 80°C. Sayangnya panas dalam tandon tidak bertahan lama karena

material *fiberglass* kurang baik kemampuan isolasinya atau resistensi panas. Disamping itu efisiensi kolektor masih perlu ditingkatkan.

Dalam meningkatkan efisiensi dan penampilan kolektor supaya lebih berorientasi pasar, maka dilakukan beberapa modifikasi desain dan material, Mustofa dkk. (2014). Peneliti mengganti material tandon air panas dari *fiberglass* menjadi *stainless steel*, bahan kolektor dari kayu diganti menjadi aluminium dan susunan konfigurasi pipa penyerap fluida diubah dari serpentine-paralel menjadi paralel-serpentine. Handoyo (2000) dalam penelitiannya yang menguji konfigurasi

pipa kolektor pemanas air model serpentine dan paralel secara terpisah menunjukkan bahwa pada pemanasan air energi surya dari pagi hingga siang lebih cocok digunakan konfigurasi serpentine, sementara pada siang hingga sore yang paralel lebih baik dengan temperatur keluar dan efisiensinya yang lebih besar dibandingkan yang serpentine. Ide ini yang mendasari Mustofa dkk., (2014) menggabungkan kedua konfigurasi dalam satu kotak kolektor yang urutan konfigurasinya fleksibel. Artinya bisa dibalik urutan konfigurasinya untuk di uji unjuk kerjanya, seperti pada Gambar 1.



a) Konfigurasi serpentine-paralel



b) Konfigurasi paralel-serpentine

**Gambar 1.** Prototype Kolektor Pemanas Air

Oleh karena itu, artikel ini mengulas komparasi kedua konfigurasi antara serpentine-paralel dan paralel-serpentine. Secara teori ilmu perpindahan panas, fluida yang dipanaskan dengan energi surya dalam model serpentine mengalami perlambatan aliran yang berimplikasi kepada kenaikan suhu air dibandingkan dengan model paralel. Suhu yang tinggi diperlukan sebelum fluida masuk ke tandon stainless steel untuk memanaskan fluida didalamnya.

## METODE EKSPERIMENTAL

### Pembuatan Alat Paralel-Serpentine

Dalam pembuatan alat peraga kolektor surya pemanas air digunakan bahan-bahan seperti kotak kolektor dari aluminium, pipa tembaga ukuran 3/8" dan 5/8". Khusus 5/8" dipasang pada header konfigurasi pipa paralel bagian atas dan bawah untuk memudahkan pipa 3/8" masuk ke dalam lubang header untuk selanjutnya di las gas asytelene. Konfigurasi serpentine terpasang pipa ukuran 3/8" yang langsung masuk ke tandon stainless steel. Tembaga

merupakan bahan konduktor yang konduktivitasnya paling tinggi di antara bahan logam lainnya seperti aluminium, kuningan dan besi (Duffie & Beckman, 2006).



**Gambar 2.** Rangka penyangga kolektor

Prosedur awal dalam rekayasa alat ini adalah penyambungan konfigurasi paralel dan serpentine secara terpisah, kemudian pembuatan kotak aluminium dengan susunan paling bawah adalah triplex diikuti sponse setebal 3 cm, pipa penyerap panas dan selanjutnya ditutup dengan kaca setebal 5 mm. Jarak antara pipa penyerap panas dan kaca penutup adalah 3 cm. Ukuran kolektor adalah 123 x 73 x 5 cm. Sementara itu tandon air panas dari bahan stainless steel dengan ukuran 80 x 30 cm dipasang horisontal.

Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya pada konfigurasi serpentine-paralel, bahan tandon dari fiberglass, diameter pipa tembaga digunakan 1/2" seragam dengan bahan kotak kolektor dari kayu, penelitian kali ini telah mengalami beberapa modifikasi seperti dijelaskan di atas.

Setelah kotak kolektor dimodifikasi dan panel kolektor selesai dirakit,

### Prosedur Pengujian

Panel kolektor dan rangka penyangga yang selesai dirakit kemudian ditempatkan di area terbuka yang mendapat pencahayaan maksimal. Mula-mula suhu air dalam tandon dicatat dengan termometer air raksa yang terpasang di

selanjutnya pembuatan rangka penyangga kotak kolektor dan tandon stainless steel dibuat dengan menggunakan besi 10 cm. Dudukan panel dibuat miring dengan kemiringan 20° dari bidang horizontal seperti nampak pada Gambar 2, sementara rangka tandon dibuat tepat di atas panel kolektor dengan posisi lebih tinggi dari kolektor dengan pertimbangan akan memberikan efek termosifon seperti yang terlihat pada Gambar 3. Sisi kiri dan kanan tandon terpasang kran air kuningan yang berfungsi sebagai pembuka dan penutup fluida yang masuk ke kolektor dan masuk kembali ke tandon. Siklus ini berlangsung hingga suhu air dalam tandon maksimum.



**Gambar 3.** Rangka penyangga tandon

Pengelasan antara kran kuningan dengan tandon stainless steel dilakukan oleh tenaga profesional dari CV. Junas Nasional Elektronik di Palu yang ahli dalam menservice AC dan peralatan elektronik lainnya. Hal ini dilakukan karena dibutuhkan teknik pengelasan khusus untuk menyatukan kuningan dengan stainless steel. Sayangnya, sambungan kuningan dan stainless steel belum terlalu kuat.

dalam tandon air. Pembacaan suhu dilaksanakan mulai 09.00 sampai dengan pukul 15.00 Wita. Percobaan mula-mula dilaksanakan untuk memanaskan tandon air tanpa kolektor surya, sebagai kontrol terhadap kestabilan suhu air tandon di bawah pengaruh radiasi matahari.

Percobaan dilaksanakan dengan mengukur suhu air dalam tandon setiap selang waktu 30 menit. Percobaan di atas

dilakukan dengan 2 variasi debit aliran, yaitu 0,189 dan 0.035 kg/s.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Temperatur Masuk & Keluar Kolektor

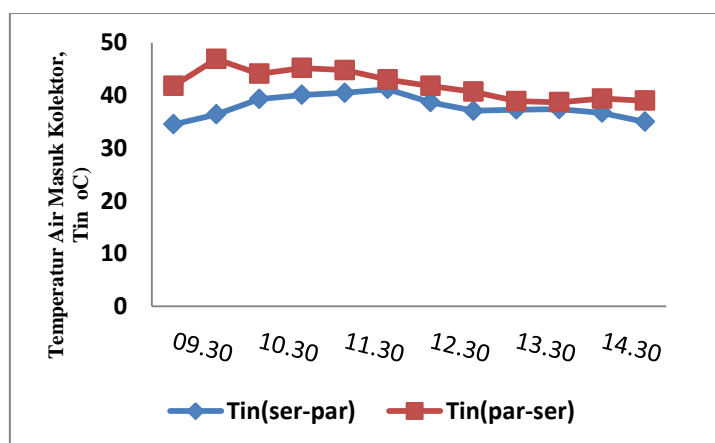
Pada Gambar 4 terbaca bahwa antara konfigurasi serpentine-paralel dan paralel-serpentine hampir tidak ada perbedaan, kecuali pada awal-awal pengamatan dengan perbedaan yang agak besar. Hal ini mungkin disebabkan oleh kondisi suhu lingkungan pada hari pengamatan. Suhu stabil terjadi pada tengah hari hingga menjelang sore hari.

Kejadian yang sama terjadi untuk suhu keluar kolektor pada kedua konfigurasi pipa penyerap panas. Hanya saja pada konfigurasi paralel-serpentine, suhu air tetap lebih besar dibandingkan dengan yang keluar pada pipa paralel seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.

serpentine-paralel berada sekitar 30%, sementara yang paralel-serpentine pada kisaran 50%. Hal ini dimungkinkan karena sirkulasi fluida sebelum masuk ke tandon berada konfigurasi serpentine dengan kecepatan fluida yang lebih lambat dengan konduktivitas panas yang lebih besar, sehingga suhunya menjadi lebih besar yang akan memanaskan air dalam tandon stainless steel.

### Efisiensi Kolektor

Perbedaan mulai terlihat jelas pada efisiensi kolektor seperti yang ada pada Gambar 6. Kolektor dengan konfigurasi



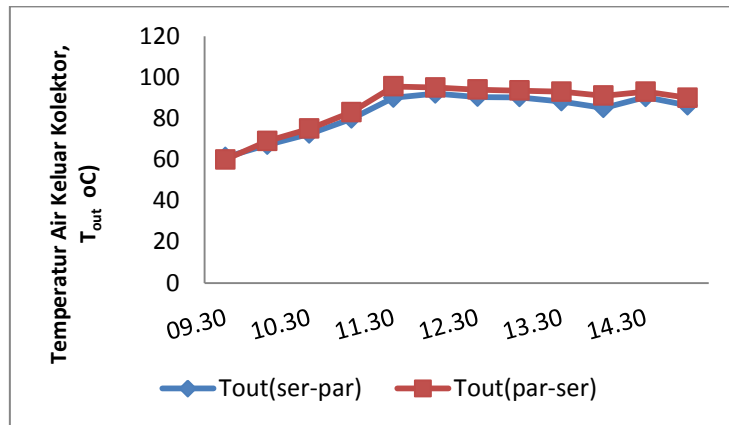
**Gambar 4.** Suhu air masuk kolektor pada 2 konfigurasi pipa penyerap panas

Dari Gambar 6 juga terlihat hubungan antara efisiensi kolektor dengan waktu pengamatan. Di awal pengamatan hingga sekitar pukul 12.00 kelihatan bahwa nilai

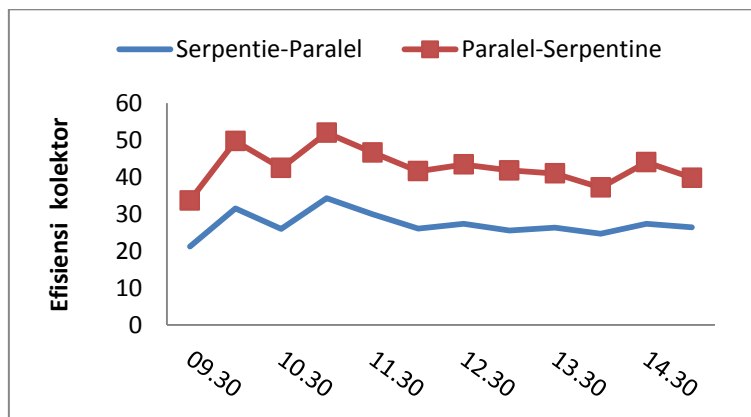
efisiensi mengalami ketidakstabilan dengan kisaran yang turun naik pada angka 40 dan 50% untuk kolektor konfigurasi paralel-serpentine dan 20-30%

untuk serpentine-paralel. Di atas jam 12.00 hingga menjelang sore jam 15.00, efisiensi kolektor cenderung tetap. Hal ini terjadi karena panas fluida dalam tandon sudah tetap dan tidak ada tambahan pemanasan. Artinya sirkulasi pemanasan dalam kolektor tidak banyak berpengaruh

pada suhu fluida dalam reservoir. Hanya saja pada jam 14an, terjadi sedikit fluktuasi yang mungkin disebabkan oleh kecepatan angin disekitar kolektor yang berhembus lebih cepat yang berpengaruh terhadap suhu pemanasan.



**Gambar 5.** Suhu air keluar kolektor pada 2 konfigurasi pipa penyerap panas setelah pemanasan



**Gambar 6.** Efisiensi kolektor serpentine-paralel dan paralel-serpentine

Sementara itu untuk karakteristik perbedaan temperatur pada desan pipa paralel dan serpentine dimana plat datar terletak di bawah konfigurasi serpentine dan plat gelombang berpasangan dengan konfigurasi paralel, dapat dilihat pada Tabel 1. Hasilnya menunjukkan bahwa delta suhu masuk dan keluar pipa tembaga pada plat datar lebih kecil dibandingkan dengan yang plat gelombang. Hasil pengujian ini juga sejalan dengan hasil penelitian Supriadi

(2010). Perbedaanya terletak pada kaca penutup kolektor, yaitu Supriadi menggunakan 2 kaca penutup, sementara penelitian ini hanya satu. Penyebab utama dari fenomena perbedaan delta suhu tersebut adalah luasan plat gelombang lebih besar karena ada lengkungan yang memungkinkan panas yang diserap lebih besar. Ini terjadi pada konfigurasi serpentine-paralel dan paralel-serpentine.

**Tabel 1.** Karakteristik perbedaan suhu antara plat gelombang dan datar pada kedua konfigurasi

Waktu	Delta plat gelombang (°C)	Delta plat datar (°C)
09.30	14,7	21,5
10.00	30,7	17,4
10.30	30,9	19
11.00	34,8	15
11.30	38,2	10
12.00	41,3	7
12.30	39,7	8,5
13.00	43,3	7
13.30	43,1	6
14.00	35,7	19
14.30	25,6	23
15.00	25,7	21

## SIMPULAN

Efisiensi kolektor meningkat dengan adanya modifikasi jenis material, serial konfigurasi dan dimensi pipa penyerap panas. Hal ini disebabkan oleh konduktivitas panas material yang berbeda, sehingga daya isolasi air panas dalam tandon stainless steel lebih baik dibandingkan dengan dari bahan fiberglass. Selanjutnya, peningkatan suhu air sirkulasi dari paralel ke serpentine menjadi lebih tinggi karena kecepatan fluida menjadi lambat pada model serpentine sebelum masuk ke tandon.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DP2M Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI atas dana penelitian Hibah Bersaing, sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian ini.

## DAFTAR RUJUKAN

Duffie, J.A., dan Beckman, W.A., 2006, "Solar Engineering of Thermal Processes," 3rd Ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Son.

Handoyo, E.A., 2000, "Perbandingan Konfigurasi Pipa Paralel dan Serpentine pada Unjuk Kerja Kolektor Surya Plat Datar," diakses di Internet pada <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>

Mustofa, Rahman Y.A., & Muchsin, 2014, *Rekayasa Kolektor Energi Surya Tipe Single and Double Cover Glazing (SIDOCI) Dengan Pelat Datar dan Gelombang Sinusoidal*, LPM UNTAD, Palu.

Mustofa, Rahman Y.A., Muchsin & Hatib R., 2013a, "A New Copper Tube Configuration of Solar Water Heating Collector: Single and Double", *Proceeding of Engineering International Conference*, Semarang, pp. 1-4, ISBN 97925-2784

Mustofa, Rahman Y. A., Muchsin & Nugraha R.C.G., 2013b, "Hybrid Plat Datar dan Gelombang Sinusoidal pada Kolektor Pemanas Air Surya", *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri I*, Makassar, ISBN 978-602-14537-0-4, hal. 99-105.

Supriadi (2010), *Uji Performansi Kolektor Panas Surya Plat Datar dan Plat Gelombang Dengan Variasi Jarak Dua Kaca Penutup*, Tugas Akhir, Jurusan Fisika FMIPA, UNS.