

## Pemodelan Dan Simulasi Pemanas Air Energi Surya Dengan Kolektor Pipa Paralel

Ganang Darmanto<sup>1</sup>, F.A. Rusdi Sambada<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma

Korespondensi : gansdarmanto@gmail.com

### ABSTRAK

Air panas merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari keperluan rumah tangga seperti menyeduh minuman sampai dengan mandi. Air panas tidak hanya dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga saja melainkan juga dibutuhkan didalam dunia industri seperti pensterilan bahan dalam temperatur yang tinggi, dan lain sebagainya. Banyak cara untuk mendapatkan air panas tersebut, mulai dari menggunakan bahan bakar fosil sampai dengan energi listrik. Alat pemanas air energi surya yang sudah ada saat ini masih belum optimal, hal ini dikarenakan masih minimnya pengembangan panduan dalam tahap perancangan alat pemanas air energi surya. Dari persoalan tersebut, banyak didapatkan hasil temperatur air panas dan efisiensi alat pemanas air energi surya yang masih belum optimal. Oleh karena itu, untuk mengatasi persoalan tersebut diperlukan upaya pemodelan dan simulasi. Hal ini dilakukan guna mendapatkan sebuah rancangan alat pemanas air energi surya yang lebih baik. Penelitian pemanas air energi surya ini bertujuan untuk mengukur temperatur maksimal air panas yang dapat dihasilkan, mengetahui faktor efisiensi dari alat pemanas air energi surya serta mengetahui perbandingan simulasi dengan alat pemanas air energi surya. Pada penelitian ini akan diukur besarnya temperatur kolektor, temperatur kaca, temperatur sekitar, temperatur air dalam kolektor dan temperatur air dalam bak penyimpanan. Data dari hasil penelitian tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mencari faktor efisiensi dari alat pemanas air energi surya dan selanjutnya akan dibuat grafik berupa perbandingan simulasi dengan alat. Dari penelitian ini diperoleh temperatur air panas paling rendah sebesar 30,21°C dan temperatur air panas paling tinggi sebesar 49,40°C. Dan diperoleh faktor efisiensi paling rendah sebesar 92,86 % dan faktor efisiensi paling tinggi sebesar 96,81%. Kemudian diperoleh hasil bahwa bahan yang digunakan pada simulasi lebih baik daripada alat yang digunakan.

Kata kunci : Pemanas Air, Kolektor Pipa Paralel, Simulasi

### ABSTRACT

Hot water is one of the needs in everyday life, starting from household needs such as brewing drinks to bathing. Hot water is not only needed for household needs but is also needed in the industrial world such as sterilizing materials at high temperatures, and so on. There are many ways to get the hot water, from using fossil fuels to electricity. Solar energy water heaters that are currently available are still not optimal, this is due to the lack of development guidelines in the design phase of solar energy water heaters. From these problems, many obtained the results of hot water temperatures and the efficiency of solar energy water heaters that are still not optimal. Therefore, to overcome this problem modeling and simulation efforts are needed. This is done to get a better design of a solar energy water heater. The research of solar energy water heaters aims to measure the maximum temperature of hot water that can be produced, find out the efficiency factor of solar energy water heaters and find out the comparison of simulations with solar energy water heaters. In this study the temperature of the collector, glass temperature, ambient temperature, water temperature in the collector and the temperature of the water in the storage tank will be measured. Data from the results of these studies are then calculated to look for efficiency factors of solar energy water heaters and then graphs will be made in the form of a comparison of simulations with tools. From this study, the lowest hot water temperature was 30.21 ° C and the highest hot water temperature was 49.40 ° C. And obtained the lowest efficiency factor of 92.86% and the highest efficiency factor of 96.81%. Then the results obtained that the material used in the simulation is better than the tool used.

Keywords: Water Heater, Parallel Pipe Collector, Simulation

## 1. PENDAHULUAN

Air panas merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari keperluan rumah tangga seperti menyeduh minuman sampai dengan mandi. Air panas tidak hanya dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga saja melainkan juga dibutuhkan didalam dunia industri seperti pensterilan bahan dalam temperatur yang tinggi, dan lain sebagainya. Banyak cara untuk mendapatkan air panas tersebut, mulai dari menggunakan bahan bakar fosil sampai dengan energi listrik. Akan tetapi pada saat ini, cadangan bahan bakar fosil di Indonesia semakin menipis. Maka dibutuhkan suatu alat untuk mendapatkan air panas tersebut dengan lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengatasi persoalan tersebut yaitu dengan pemanas air energi surya. Dewasa ini, persoalan yang terdapat pada pemanas air energi surya yaitu mengenai optimalisasi dari temperatur air panas dan efisiensi dari alat pemanas air energi surya. Hal ini dikarenakan kondisi cuaca yang tidak dapat diprediksi oleh alat pemanas air energi surya. Maka dari itu, perlu adanya penambahan reflektor disamping kolektor surya untuk mengoptimalkan penyerapan sinar matahari yang dapat diserap oleh kolektor surya. Adapun alat pemanas air energi surya yang telah dibuat sebelumnya masih belum mendapatkan hasil yang optimal dari segi perhitungan perpindahan panasnya. Maka diperlukan rancangan serta panduan dalam pengembangan alat pemanas air energi surya. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengatasi persoalan tersebut yaitu dengan dilakukan perbandingan antara hasil eksperimen dengan simulasi secara matematis.

Alat pemanas air energi surya yang sudah ada saat ini masih belum optimal, hal ini dikarenakan masih minimnya pengembangan panduan dalam tahap perancangan alat pemanas air energi surya. Dari persoalan tersebut, banyak didapatkan hasil temperatur air panas dan efisiensi alat pemanas air energi surya yang masih belum optimal. Oleh karena itu, untuk mengatasi persoalan tersebut diperlukan upaya pemodelan dan simulasi. Hal ini dilakukan guna mendapatkan sebuah rancangan alat pemanas air energi surya yang lebih baik. Selain itu, untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal maka perlu ditambahkan variasi dalam pembuatan model alat dari simulasi tersebut. Adapun variasi yang digunakan untuk mendapatkan hasil temperatur air panas dan efisiensi alat yang lebih optimal yaitu dengan posisi tangki horizontal dan dengan ditambahkan reflektor pada samping kolektor. Posisi tangki horizontal dimaksudkan supaya luasan air dingin yang terdapat didalam tangki lebih luas, sehingga dengan demikian air panas yang masuk kedalam tangki penyimpanan tidak cepat merambat ke air yang dingin. Maka ketika air dingin tersebut mengalir ke dalam pipa pemanas, air yang dingin tersebut akan lebih cepat panas karena perbedaan temperatur yang lebih besar. Sedangkan penambahan reflektor dibagian samping kolektor surya dimaksudkan untuk mengoptimalkan penyerapan sinar matahari yang dapat diserap oleh kolektor surya. Hal ini dikarenakan didalam penyerapan yang dilakukan oleh kolektor surya, ada sebagian sinar matahari yang dipantulkan kembali ke atmosfer. Oleh karena itu, reflektor inilah yang nantinya berfungsi untuk membantu dalam mengoptimalkan panas dari sinar matahari yang memantul keluar tersebut untuk nantinya diarahkan kembali mengarah ke kolektor surya.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam pengambilan data penelitian ini, beberapa variabel yang akan diukur antara lain : temperatur air masuk kolektor ( $T_{in1}$ ), temperatur air keluar kolektor ( $T_{out1}$ ), temperatur air masuk bak ( $T_{in2}$ ), temperatur air keluar bak ( $T_{out2}$ ), temperatur air tengah bak ( $T_{bak}$ ), temperatur sekitar ( $T_a$ ), temperatur kolektor ( $T_p$ ), temperatur kaca ( $T_c$ ) dan energi matahari yang diterima ( $G$ ). Langkah-langkah dalam pengambilan data penelitian ini antara lain :

1. Menyiapkan alat pemanas air energi surya dengan kolektor pipa paralel (Gambar 1).
2. Mempersiapkan alat-alat ukur yang akan digunakan di antaranya *temperature sensor, microcontroller arduino, dan laptop*.
3. Mengatur letak alat pemanas air energi surya dan mengatur sudut kemiringan reflektor.
4. Mengisi bak penampung air.
5. Mencatat temperatur air masuk kolektor ( $T_{in1}$ ), temperatur air keluar kolektor ( $T_{out1}$ ), temperatur air masuk bak ( $T_{in2}$ ), temperatur air keluar bak ( $T_{out2}$ ), temperatur air tengah bak ( $T_{bak}$ ), temperatur sekitar ( $T_a$ ), temperatur kolektor ( $T_p$ ), temperatur kaca ( $T_c$ ) dan energi matahari yang diterima ( $G$ ) tiap menit.
6. Melakukan pengulangan langkah 3, 4 dan 5 dengan sudut kemiringan kolektor  $30^\circ\text{C}$ ,  $45^\circ\text{C}$ ,  $60^\circ\text{C}$  dengan luasan reflektor ditutup sebagian dan penuh.
7. Melakukan analisis data hasil penelitian.

Pengambilan data untuk tiap variasi dilakukan selama satu hari. Pencatatan data dilakukan dengan sensor yang terhubung dengan mikrokontroler, sehingga dapat dilakukan pengambilan data tiap menit. Analisis data dan pembahasan tentang fenomena yang terjadi dilakukan dengan cara menghitung rata-rata per jam data yang diperoleh setiap harinya dengan masing-masing variasi yang berbeda, melakukan pengolahan data hasil penelitian, melakukan pembahasan data hasil penelitian, pembuatan kesimpulan, dan saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.



Gambar 1. Alat pemanas air energi surya tampak samping kiri



Gambar 2. Alat pemanas air energi surya dengan luasan reflektor penuh sudut 30°

#### Efisiensi Sirip

Pada penelitian ini data yang didapatkan kemudian diolah untuk mencari efisiensi sirip dari kolektor pemanas air. Dalam kolektor surya, efisiensi sirip merupakan suatu ukuran untuk mengetahui kebaikan radiasi yang diserap dan diubah menjadi panas yang dikonduksikan ke bagian dasar sirip. Efisiensi sirip adalah satu-satunya parameter yang paling penting dalam perancangan kolektor surya jenis cairan (Arismunandar, 1995). Parameter rancangan yang berkaitan dengan tebal pelat  $\delta$ , konduktivitas termal  $k$  (W/(m.K)), dan sela antar pipa  $s$  (m) disebut efisiensi sirip ( $F$ ). Efisiensi sirip dapat dihitung menggunakan persamaan (1), dimana  $U_L$  merupakan koefisien kerugian panas total (W/(m<sup>2</sup>.K)).

$$F = \frac{\tanh\left[\frac{U_L(s-d)}{\sqrt{k\delta}\left(\frac{s-d}{2}\right)}\right]}{\frac{U_L(s-d)}{\sqrt{k\delta}\left(\frac{s-d}{2}\right)}} \quad (1)$$

#### Faktor Efisiensi

Pada penelitian ini apabila seluruh sirip dan pipa memiliki temperature yang seragam  $T_f$  yang mengurangi kerugian panas menjadi minimum, maka perolehan fluida untuk sirip dengan lebar  $s$  akan mencapai maksimum. Faktor efisiensi dapat dihitung menggunakan persamaan (2), dimana  $U_L$  koefisien kerugian panas total (W/(m<sup>2</sup>.K)),  $s$  jarak antar pipa (m),  $d$  diameter luar pipa (m),  $F$  merupakan efisiensi sirip, konduktansi perekat  $C_b = kb/l$  (W/(m.K)),  $h$  koefisien konveksi fluida (W/(m<sup>2</sup>.K)), dan  $d_i$  merupakan diameter dalam pipa (m).

$$F' = \frac{1}{UL \left\{ \frac{1}{UL[(s-d)F + d]} + \frac{1}{kb} + \frac{1}{h\pi di} \right\}} \tag{2}$$

**Faktor Pelepasan Panas**

Faktor pelepasan panas merupakan perbandingan antara energi berguna yang dikumpulkan terhadap energi yang mungkin dikumpulkan. Faktor pelepasan panas dapat dihitung menggunakan persamaan (3), dimana G merupakan debit dikarenakan alirannya secara termosifon, Cp dalam kJ/(kg.°C), UL adalah koefisien kerugian panas total (W/(m².K), F' merupakan faktor efisiensi, dan FR adalah faktor efisiensi pelepasan panas.

$$FR = \frac{G Cp}{UL F'} \left[ 1 - \exp - \left( \frac{UL F'}{G Cp} \right) \right] \tag{3}$$

**Efisiensi Kolektor**

Efisiensi kolektor dapat dihitung menggunakan persamaan (4), dimana pada efisiensi kolektor ini FR dan UL biasanya konstan dalam daerah operasi kolektor. Dimana pada efisiensi kolektor FR adalah faktor efisiensi pelepasan panas, GT radiasi yang masuk (W/m²), UL adalah koefisien kerugian panas total (W/(m².K), Ti merupakan temperatur masuk fluida (°C), dan Ta merupakan temperatur sekitar (°C).

$$\eta = FR (\tau\alpha) - FR UL \left( \frac{Ti - Ta}{GT} \right) \tag{4}$$

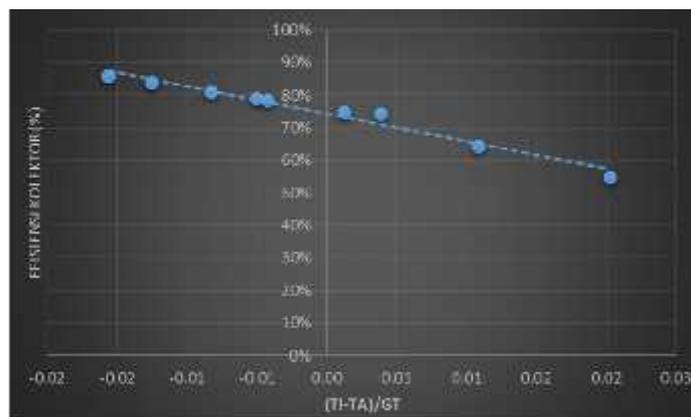
**Persamaan Prestasi Thermal**

Pada penelitian ini data yang telah diolah kemudian dibuat simulasi menggunakan *microsoft excel*. Adapun pada pembuatan simulasi ini didasarkan pada temperatur rata-rata tangki penyimpanan air panas (Ts), koefisien kerugian tangki penyimpanan (Us), luas permukaan bak (As), temperatur lingkungan dalam ruangan (Tr), temperatur sekitar (Ta). Dimana pada persamaan ini faktor efisiensi (F') digunakan sebagai pengganti faktor pelepasan panas (FR), dan hasil perkalian (τα) serta faktor efisiensi (F') dianggap konstan dengan radiasi masuk (GT) digambarkan sebagai sebuah fungsi sinus.

$$m scs \frac{dT_s}{d\phi} = Ac F' [(\tau\alpha) GT maks \sin\omega\phi - UL(T_s - Ta)] - Us As(T_s - Tr) \tag{5}$$

**3. HASIL DAN ANALISIS**

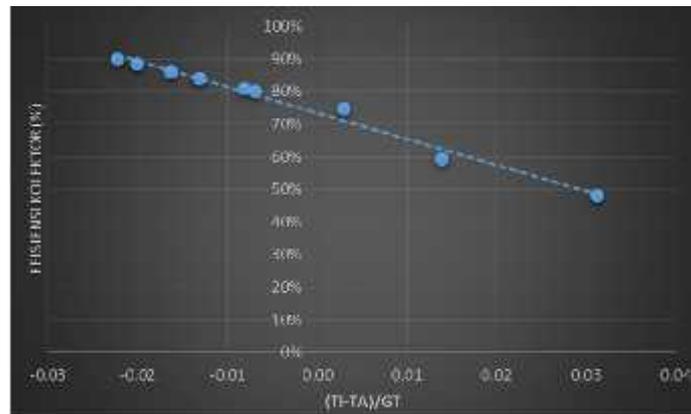
Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sudut reflektor (30°, 45°, dan 60°) dan bukaan luasan reflektor pada sudut 45° (tanpa reflektor, luasan reflektor setengah, dan luasan reflektor penuh). Hasil dari pengambilan data selama kurang lebih 8 jam masing-masing variasi ini selanjutnya akan diolah menggunakan *microsoft excel* untuk diambil rata-rata per jam.



Gambar 3. Grafik pengaruh luas kolektor terhadap efisiensi kolektor pada variasi 1

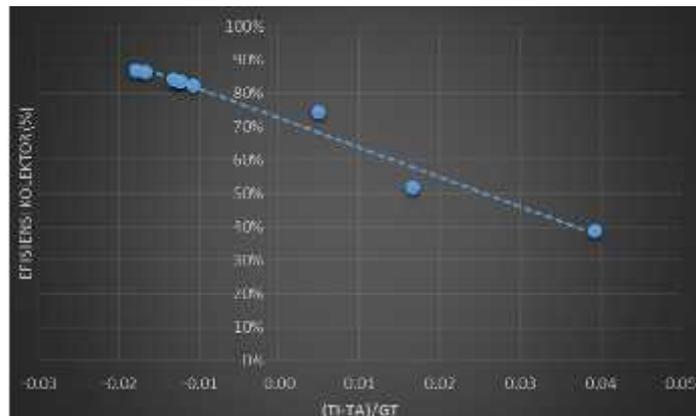
Pada gambar 3 diatas diperoleh hasil bahwa pada variasi pertama dimana alat pemanas air tanpa penambahan reflektor mengalami efisiensi paling tinggi pada pukul 10.00 WIB. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada pukul 10.00 WIB mengalami perbedaan antara temperatur sekitar, temperatur masuk fluida dan tingkat radiasi surya yang tinggi jika dibandingkan dengan waktu yang lain. Dari gambar 3 diatas kita dapat melihat bahwa perbedaan ketiga komponen antara temperatur sekitar, temperatur fluida masuk dan

tingkat radiasi matahari adalah sebesar -0,02. Sehingga hal ini akan berpengaruh pada kemampuan dari kolektor dalam menyerap panas matahari menjadi lebih maksimal. Pada variasi pertama ini menghasilkan efisiensi kolektor rata-rata dalam satu hari sebesar 75%.



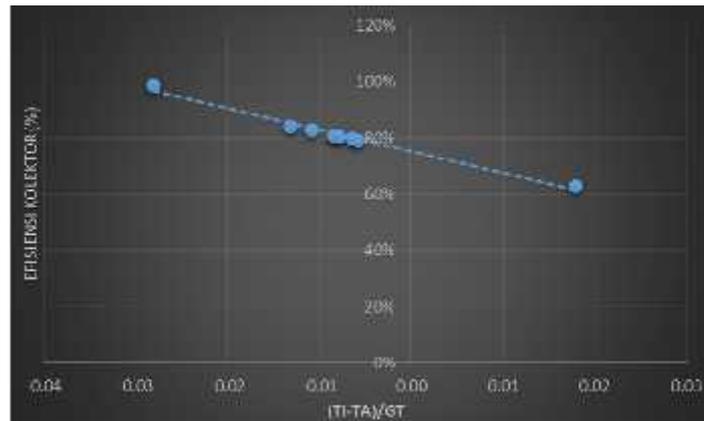
Gambar 4. Grafik pengaruh luas kolektor terhadap efisiensi kolektor pada variasi 2

Pada gambar 4 diatas merupakan hasil efisiensi dari kolektor setelah adanya penambahan reflektor dengan luasan ditutup sebagian. Pada variasi kedua ini, efisiensi dari kolektor secara rata-rata mengalami kenaikan dari variasi pertama. Dimana pada variasi pertama mendapatkan efisiensi kolektor rata-rata dalam satu hari sebesar 75%, sedangkan pada variasi kedua mendapatkan efisiensi kolektor rata-rata satu hari sebesar 77%. Hal ini dapat terjadi demikian dikarenakan pada hari kedua penelitian ini dilakukan, berada pada cuaca yang baik. Sehingga panas matahari yang dapat diterima oleh kolektor dapat maksimal dan panas yang diterima tersebut adalah panas matahari langsung (*direct*).



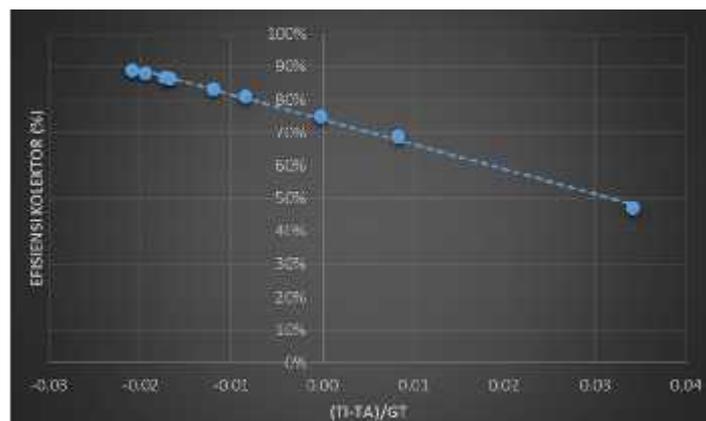
Gambar 5. Grafik pengaruh luas kolektor terhadap efisiensi kolektor pada variasi 3

Pada gambar 5 diatas merupakan hasil efisiensi dari kolektor setelah adanya penambahan reflektor dengan luasan penuh. Pada penelitian dalam variasi ini didapatkan hasil efisiensi kolektor rata-rata satu hari sebesar 75%, hal ini mengalami penurunan efisiensi kolektor jika dibandingkan dengan variasi kedua dengan bukaan reflektor setengah. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya perbedaan besarnya panas matahari yang dapat diserap oleh kolektor pada variasi ketiga ini lebih kecil. Fenomena ini dipengaruhi oleh panas yang diterima oleh matahari adalah panas matahari sebaran dimana panas matahari tersebut tidak secara langsung mengenai kolektor akan tetapi tertutup oleh awan , sehingga panas yang diterima menjadi tidak maksimal.



Gambar 6. Grafik pengaruh sudut reflektor terhadap efisiensi kolektor pada variasi 4

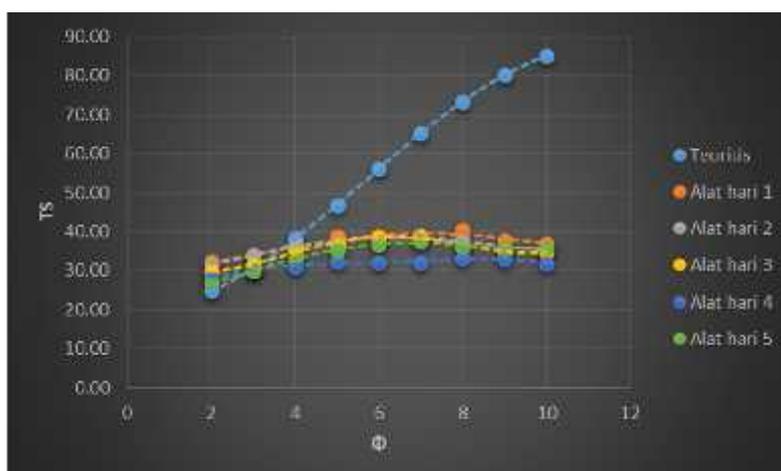
Pada gambar 6 diatas merupakan hasil efisiensi kolektor setelah adanya penambahan reflektor dengan bukaan penuh pada sudut 30°. Pada variasi keempat ini menghasilkan efisiensi kolektor paling tinggi jika dibandingkan dengan variasi yang lain. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan reflektor mengakibatkan semakin bertambah luas permukaan kolektor, dan dengan sudut reflektor sebesar 30° mengakibatkan panas matahari yang diterima menjadi lebih maksimal dikarenakan panas sebagian yang dipantulkan oleh reflektor dapat ditangkap oleh reflektor dan dikembalikan ke kolektor. Pada variasi keempat ini menghasilkan efisiensi kolektor rata-rata satu hari sebesar 81%.



Gambar 7. Grafik pengaruh sudut reflektor terhadap efisiensi kolektor pada variasi 5

Pada gambar 7 diatas merupakan hasil efisiensi kolektor setelah adanya penambahan reflektor dengan bukaan penuh pada sudut 60°. Pada variasi kelima ini menghasilkan efisiensi kolektor yang lebih rendah dari variasi keempat. Pada variasi kelima ini menghasilkan efisiensi kolektor rata-rata satu hari sebesar 79%. Hal ini tentunya lebih rendah dari variasi keempat yang dapat menghasilkan efisiensi kolektor rata-rata satu hari mencapai 81%. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh sudut reflektor yang terlalu tinggi, sehingga panas matahari yang dipantulkan oleh kolektor tidak dapat dimanfaatkan dengan maksimal oleh reflektor.

Dari data hasil perhitungan diatas, maka selanjutnya keseluruhan data variasi hasil pengujian dibuat simulasi menggunakan *microsoft excel* dengan pembandingan menggunakan hasil penghitungan yang terdapat pada buku (Arismunandar, 1995) menggunakan persamaan (5). Hasil berupa simulasi dan analisis dapat dilihat pada grafik perbandingan antara waktu dengan temperatur tangki penyimpanan pada alat dan teoritis dalam gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan antara waktu dengan temperatur tangki penyimpanan pada alat dan teoritis

Pada gambar 8 diatas diperoleh grafik hasil perbandingan simulasi antara teoritis dengan alat pemanas air energi surya. Pada teoritis temperatur air yang dihasilkan terjadi kenaikan yang signifikan, hal ini dapat kita lihat dari grafik pada gambar 8 diatas. Pada teoritis didapatkan hasil temperatur air yang selalu naik dari awal sampai dengan akhir waktu penelitian. Dalam hal ini dapat kita lihat bahwa pada awal penelitian didapatkan temperatur sebesar  $24.80^{\circ}\text{C}$  dan diakhir penelitian didapatkan hasil temperatur sebesar  $84.36^{\circ}\text{C}$ . Pada alat hari pertama diperoleh hasil bahwa terjadi kenaikan temperatur pada pukul 12.00 wib dimana pada jam tersebut didapatkan temperatur kolektor yang paling tinggi dan terjadi penurunan temperatur pada sore harinya. Pada alat hari pertama, didapatkan temperatur paling tinggi mencapai  $40,47^{\circ}\text{C}$  pada pukul 14.00 wib. Pada alat hari kedua terjadi kenaikan temperatur yang dinamis, hal ini sama dengan hari pertama dimana terjadi kenaikan temperatur yang tinggi mencapai  $39.00^{\circ}\text{C}$  pada siang hari pukul 13.00 wib dan kemudian terjadi penurunan temperatur pada sore harinya. Pada alat yang ketiga terjadi hal sama berupa kenaikan temperatur yang dinamis, dan terjadi kenaikan temperatur paling tinggi mencapai  $38.83^{\circ}\text{C}$  pada pukul 13.00 wib dan kemudian terjadi penurunan temperatur pada sore harinya. Pada hari keempat terjadi kenaikan temperatur yang fluktuatif, dimana hal ini terjadi dikarenakan oleh pengaruh panas matahari dan cuaca yang tidak menentu karena mendung. Pada alat kelima terjadi kenaikan temperatur yang dinamis, dan terjadi kenaikan temperatur yang tinggi mencapai  $37.47^{\circ}\text{C}$  pada pukul 13.00 wib dan terjadi penurunan temperatur pada sore harinya.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi kolektor terbesar yang dapat dihasilkan oleh kolektor pada variasi bukaan reflektor dengan sudut  $45^{\circ}$  adalah pada bukaan setengah dengan efisiensi kolektor rata-rata satu hari yang dapat dihasilkan adalah sebesar 77%.
2. Efisiensi kolektor terbesar yang dapat dihasilkan oleh kolektor pada variasi sudut reflektor dengan sudut  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ , dan  $60^{\circ}$  adalah pada sudut  $30^{\circ}$  dengan efisiensi kolektor yang dihasilkan sebesar 81%.
3. Dari hasil simulasi yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa hasil teoritis lebih baik daripada hasil alat yang digunakan pada penelitian. Hal ini dikarenakan bahan yang digunakan pada teoritis lebih baik daripada bahan alat penelitian. Sehingga hal ini mempengaruhi kemampuan dari kolektor dalam menangkap panas dari matahari. Selain itu faktor dari cuaca sangat berpengaruh terhadap hasil panas yang dapat diserap oleh kolektor.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa teknik mesin Universitas Sanata Dharma kelas rekayasa tenaga surya yang telah membantu menyiapkan segala keperluan selama proses penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Wiranto A. *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita. 1995: 210-211.
- [2] Faisal Amir, Ahmad Syuhada, dan Hamdani. 2013. Pemodelan Dan Simulasi Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Pelat Datar. *Jurnal Ilmu Hukum Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*. Vol.1, No.4 Tahun 2013:2302-0180 pp.32-38.
- [3] Rustan Hatib.2015. Konfigurasi Serpentine-Paralel Dan Paralel-Serpentine Pada Pipa Fluida Pemanas Air Surya Sistem Thermosiphon. *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Tadulako Palu* Vol.6, No.3 Tahun 2015: 177-181.