

EFISIENSI TERMAL DESAIN SISTEM PEMANAS AIR ENERGI MATAHARI DENGAN VARIASI JUMLAH KOLEKTOR PIPA BESI

THERMAL EFFICIENCY OF SOLAR ENERGY WATER HEATING SYSTEM DESIGN WITH VARIATIONS OF THE NUMBER OF IRON PIPE COLLECTORS

Rosalina Rosina Mirino*, Kharl Hainz Yarama Rumbiak,
Mujasam, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Papua
Email: r.mirino@unipa.ac.id

ABSTRACT

This study aims to determine the maximum temperature, the percentage of an average difference temperature value of water, and the thermal efficiency that can be produced by using iron pipes as fluid collectors in the Solar Energy Water Heater design system. Iron pipe collectors were made in three variations of 5, 7, and 9 pipes, placed in a wooden box with transparent glass as a cover on the collector surface. The inside of the wooden box was lined with styrofoam and aluminum foil to reduce heat loss to the environment. Data were collected by observing and measuring the water temperature with three variations of the number of iron pipes, each variation of the number of pipes carried out for three days. This water temperature measurement was carried out for 6 hours, from 10.20-16.30 WIT. The maximum temperature and percentage of average difference water temperature produced for 5 collector pipes were 65⁰C and 63%, 7 pipes were 58⁰C and 69 %, and 9 pipes were 65⁰C and 75%. The thermal efficiency value of the solar energy water heating system design for the number of 5 iron pipe collectors was 84.5%, the 7 iron pipe collectors were 85.2%, and the 9 iron pipe collectors were 88.7%.

Keywords: Solar Energy Collector, Iron Pipes, Thermal Efficiency

PENDAHULUAN

Negara Indonesia terletak di daerah katulistiwa pada lintang (6° LU – 11° LS dan 35°BT – 141°BT), yang memperoleh radiasi surya yang cukup melimpah dengan rata-rata 4,5 kWh/m²/hari (Michael 2019, Tambunan, 2020). Radiasi surya ini dapat dikonversikan menjadi energi termal yang berguna untuk pemanasan air, pengeringan, pompa air, desalinasi air laut/payau, dan pengkondisian udara (Sumarsono, 2005, Wirawan *et al*, 2015 dan Purba, 2020).

Energi matahari dapat dikonversi

secara langsung menjadi bentuk energi lain dalam proses produksi listrik oleh sel-sel surya (*helioelectrical*) dan dalam proses penyerapan radiasi matahari menjadi energi termal (*heliothermal*). Salah satu pemanfaatan potensi energi matahari melalui proses *heliothermal* adalah pemanas air (*Solar Water Heating System*) dengan keunggulannya ramah lingkungan dan ekonomis (Suprianto,2019).

Kajian tentang pemanas air telah dilakukan diantaranya Pemanas Air Tenaga

Surya menggunakan cermin datar sebagai reflektor cahaya dengan pipa hitam sebagai medium air oleh Subhan Hamka tahun 2005 dalam Ika (2009) dan Desain Sistem Pemanas Air menggunakan radiasi sinar matahari (Puji, 2010). Hasil kajian Hamka menjelaskan bahwa temperatur rentang pengujian berada pada 40⁰C - 80⁰C yang digunakan sebagai kondisi awal proses pendidihan dengan satu kolektor panas menggunakan pipa tembaga. Hasil kajian Puji Astuti (2010) menjelaskan bahwa kerugian kalor pada kolektor dapat dikurangi dengan menggunakan *heat box*. Pada sistem ini digunakan kotak kaca untuk mentransmisikan radiasi matahari dan perangkat energi panas, sementara dua plat kolektor Aluminium digunakan untuk memaksimalkan penyerapan radiasi matahari secara langsung. Debit air kemudian divariasikan sehingga di dapatkan temperatur maksimum air panas rata-rata berkisar pada 67⁰- 74,6⁰C untuk debit 0,04 liter/menit, 58⁰C-66⁰C untuk debit 0,09 liter/menit, 42⁰-54⁰C untuk 0,13 liter/menit, dan 34,8⁰-45⁰C untuk debit 0,18 liter/menit. Semakin besar debit aliran semakin menurun panas air yang melewati kolektor surya dengan panas maksimum yang diperoleh pada intensitas radiasi matahari pukul 12.30 – 13.30.

Tabel 1. Bahan dan Alat

Uraian	Ukuran dan satuan	Jumlah
Bahan		
Pipa Besi 1/2 inc	44 cm	21 buah
Seng Plat	57 cm x 67 cm	3 Plat
Kaca Transparan 5 mm (penutup kolektor)	62 cm x 70 cm	3 lembar
Styrofoam , Aluminium Foil		
Penampung air	5 liter	2 buah
Volume luar Kerangka Kotak (kayu dan Triplek) dan penyangga kotak	62 cm x 70 cm x 15 cm	3 kotak
Volume dalam kotak	57 cm x 67 cm x 15 cm	
Alat		
Thermometer	9	pics
Time Keep (Stop Watch)	1	unit
Alat Tulis	3	buah
Laptop	1	unit

Melengkapi hasil-hasil penelitian sebelumnya berdasarkan jenis bahan yang digunakan dalam sistem pemanas air energi matahari, maka perlu dilakukan suatu penelitian sistem pemanas air dengan bahan pipa kolektor yang relatif umum digunakan dan ekonomis. Pada penelitian ini digunakan bahan pipa kolektor jenis pipa besi dengan variasi jumlah pipa pada diameter yang seragam dalam sistem pemanas air energi matahari.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui temperatur maximum rata-rata dan persentasi perbedaan temperatur dari suhu awal dan suhu maksimum air yang dihasilkan sistem desain pemanas air energi matahari dan nilai efisiensi termal yang dihasilkan dengan menggunakan bahan jenis pipa besi.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah pengujian secara experimental. Sistem pemanas air energi matahari di desain kemudian dilakukan pengambilan data di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Papua. Bahan dan alat yang digunakan pada Tabel 1.

Desain pipa dalam 3 *heat box* divariasikan terhadap jumlah pipa besi. Dimensi pipa besi dan luasan kolektor yang lebih besar diperlukan untuk meningkatkan suhu keluaran kolektor (Danny et al., 2010) sehingga luas alas plat kolektor 67 cm x 57 cm dan tinggi 14 cm (dua sisi *heat box*).

Variasi jumlah pipa untuk ukuran diameter pipa yang seragam (1/2 inci) adalah 5 kolektor pipa besi, 7 kolektor pipa besi, dan 9 kolektor pipa besi. Waktu terjadinya variasi intensitas radiasi matahari yang dianggap tinggi diukur pada 10.20 – 16.30 WIT. Jumlah pengukuran temperatur yang dihasilkan tiap *heat box* dilakukan sebanyak 12 kali untuk setiap hari dengan 3 kali pengulangan selama 3 hari.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati pada masing-

masing sistem untuk menentukan efisiensi termal desain sistem pemanas air energi matahari adalah temperatur air sebelum masuk ke dalam sistem T_L dan temperatur air sesudah keluar sistem T_{out} , temperatur dalam *box* (T_{box}) dan volume air yang dipanaskan dengan rincian sebagai berikut:

- a) Pipa sebanyak 5 buah dengan volume air 0,09 liter dan debit air 0,075 ml/s.
- b) Pipa sebanyak 7 buah dengan volume air 0,12 liter dan debit air 0,1 ml/s.
- c) Pipa sebanyak 9 buah dengan volume air 0,16 liter dan debit air 0,13 ml/s.

Pengamatan dilakukan setiap selang waktu 20 menit selama 6 jam pengamatan dari jam 10.20 – 16.30 WIT.

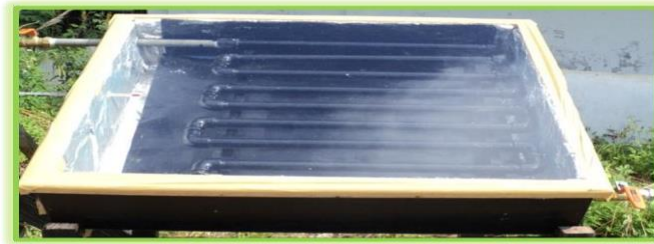
Hasil desain sistem pemanas air dengan energi matahari menurut Made *et al* (2011) pada Gambar 1, 2 dan 3.



Gambar 1. Desain sistem pemanas air energi matahari dengan kolektor 5 pipa besi (data primer)



Gambar 2. Desain sistem pemanas air energi matahari dengan kolektor 7 pipa besi (data primer)



Gambar 3. Desain sistem pemanas air energi matahari dengan kolektor 9 pipa besi (data primer)

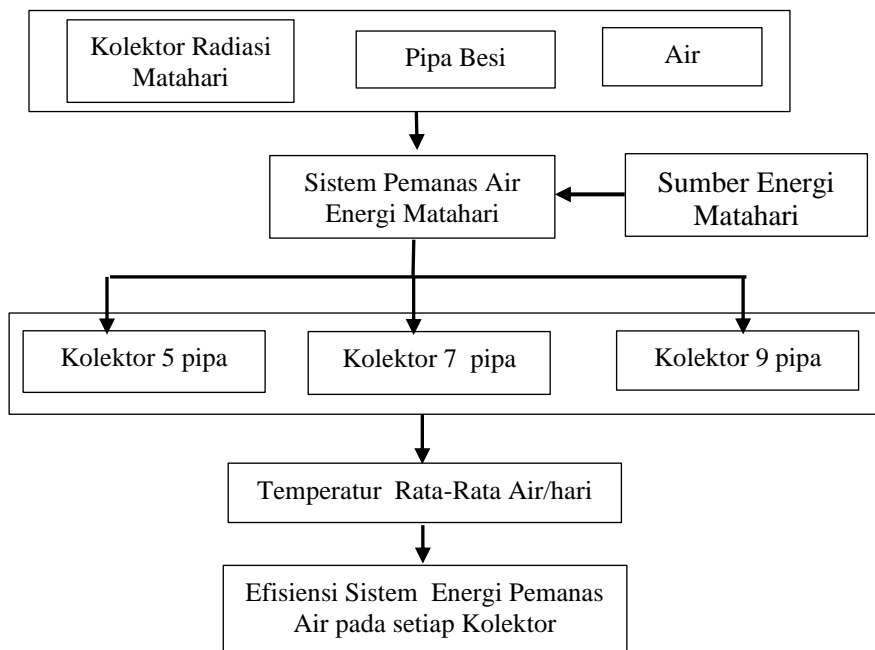
Analisis Data

Analisis data efisiensi (e) digunakan persamaan (Giancoli, 2001):

$$e = \frac{W}{Q_H} = \frac{T_{out}}{T_{box}} \times 100$$

- dengan T_{out} = Temperatur air yang keluar
- T_{box} = Temperatur kotak (*box*)
- W = Kerja (Joule)
- Q_H = Kalor Air (Kalori)

Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengamatan yang dilakukan pada

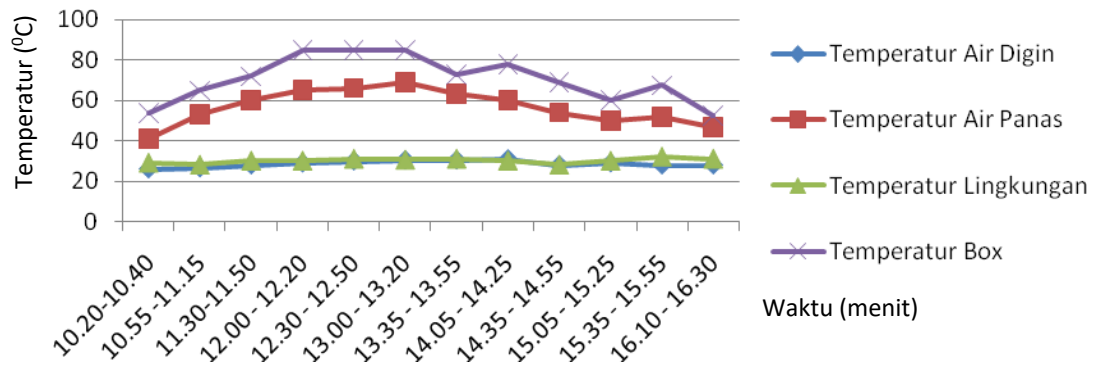
desain sistem pemanas air energi matahari berdasarkan jumlah kolektor pipa besi

dibedakan sebagai berikut air dingin adalah air yang masuk kedalam sistem pemanas air dan air panas adalah air yang keluar dari sistem pemanas air. Pengamatan dilakukan

pada saat cuaca cerah selama tiga hari.

1. Pengamatan pada hari pertama

a. Kolektor dengan lima pipa besi



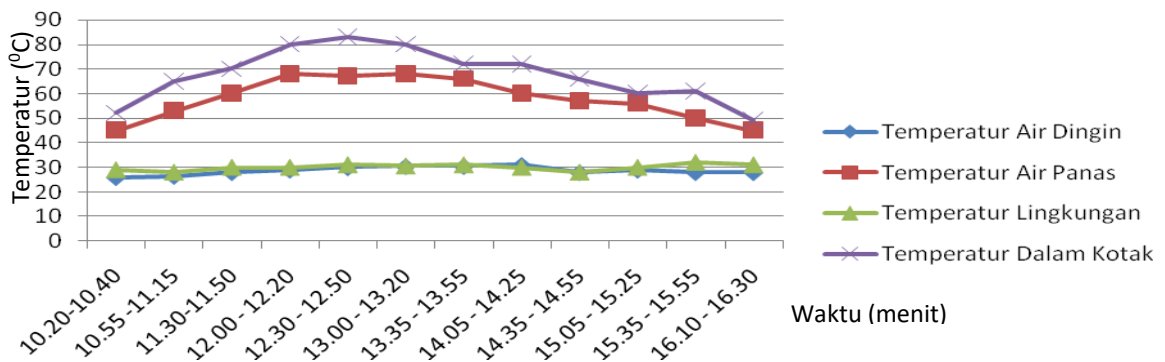
Gambar 5. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 5 pipa besi

Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor lima pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.20-10.40 WIT suhu mula-mula box dan air panas 55°C dan 40°C sementara suhu lingkungan dan air 30°C, Pada jam 12.00-13.20 WIT, suhu box mencapai nilai maksimum 85°C dan konstan selama 1 jam 20 menit. Suhu air panas juga mencapai puncak 70°C pada jam 13.00-13.20

WIT sementara suhu air normal dan lingkungan masih berkisar 30°C. Pada jam 13.20- 16.30 WIT suhu box dan air panas mengalami penurunan suhu sampai mencapai 45°C sedangkan suhu air dan suhu lingkungan masih konstan berkisar 30°C.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 82 %.

b. Kolektor dengan tujuh pipa besi



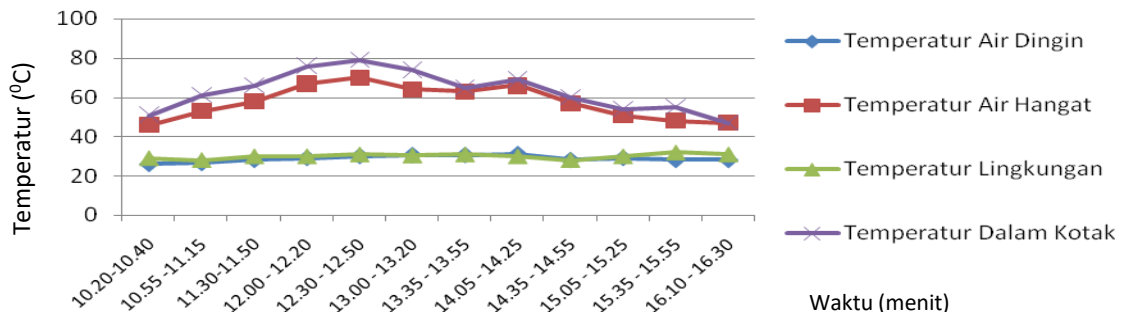
Gambar 6. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 7 pipa besi

Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor tujuh pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.20-10.40 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 29⁰C sedangkan air panas bersuhu 45⁰C dan box memiliki suhu 52⁰C. Pada jam 12.30-12.50 WIT, suhu box mencapai nilai maksimum 82⁰C. Air panas juga mencapai suhu puncak

69⁰C secara konstan selama 1 jam 20 menit pada jam 12.00-13.20 WIT sementara suhu air normal dan lingkungan berkisar 30⁰C. Setelah jam 13.20-16.30 WIT, suhu box dan air panas mengalami penurunan suhu sampai mencapai 49⁰C sedangkan suhu air dan suhu lingkungan masih konstan berkisar 30⁰C.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 84 %.

c. Kolektor dengan sembilan pipa besi



Gambar7. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 9 pipa besi

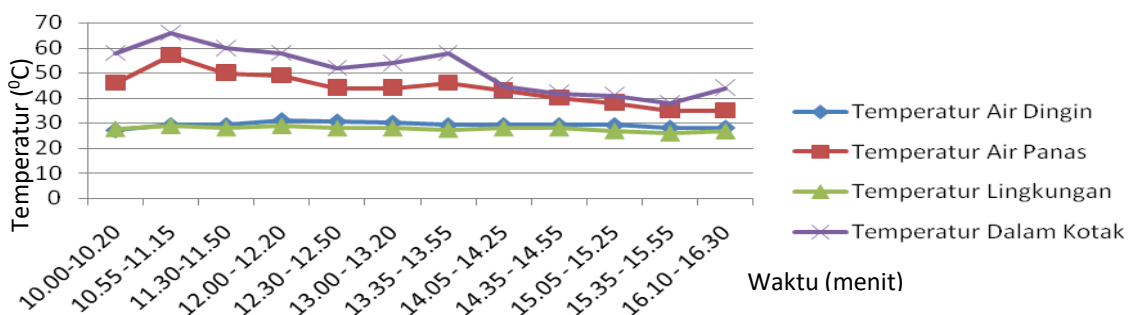
Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor sembilan pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.20-10.40 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 30⁰C sementara air panas bersuhu 45⁰C dan box memiliki suhu 50⁰C. Pada jam 12.30-12.50 WIT, suhu box mencapai nilai maksimum 80⁰C. Pada waktu yang sama air panas juga mencapai suhu puncak 70⁰C sementara suhu air normal dan

lingkungan masih konstan berkisar 30⁰C. Setelah jam 13.20-16.30 WIT, suhu box dan air panas mengalami penurunan suhu sampai mencapai 42⁰C sementara suhu air dan suhu lingkungan tetap konstan.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 87,5 %.

1. Hasil Pengamatan pada hari kedua

a. Kolektor dengan jumlah lima pipa



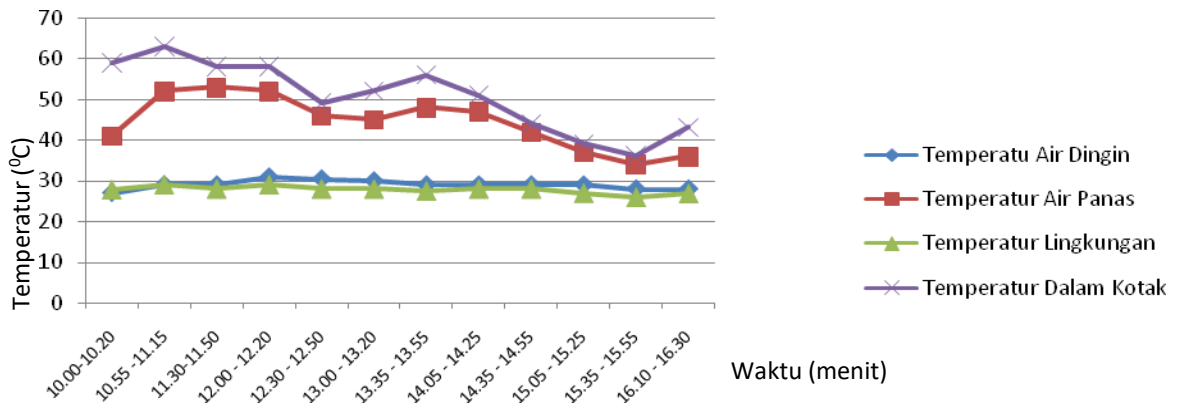
Gambar 8. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 5 pipa besi

Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor lima pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.00-10.20 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 29°C sementara air panas bersuhu 45°C dan box memiliki suhu 58°C. Pada jam 10.55-11.50 WIT, suhu box mengalami kenaikan

suhu mencapai nilai maksimum 65°C. Kenaikan suhu box diikuti oleh suhu air panas yang mencapai puncak pada 58°C kemudian terus mengalami penurunan sampai 25°C pada jam 16.10-16.30 WIT sementara suhu lingkungan dan suhu air dingin tetap konstan.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 82 %,

b. Kolektor dengan jumlah tujuh pipa besi



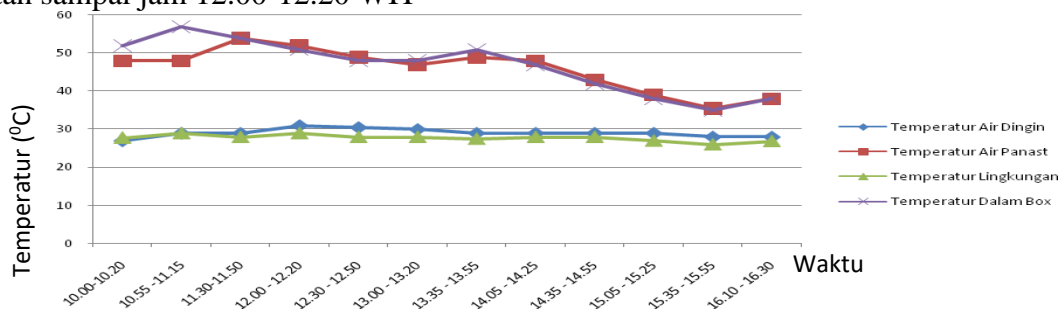
Gambar 9. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 7 pipa besi

Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor tujuh pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.00-10.20 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 28°C sementara air panas bersuhu 40°C dan box memiliki suhu 59°C. Pada jam 10.55-11.15 WIT, suhu box mencapai nilai maksimum 62°C. Kenaikan suhu box diikuti oleh suhu air panas yang mencapai puncak pada suhu 52°C dan konstan sampai jam 12.00-12.20 WIT

kemudian menurun sampai 35°C pada jam 16.10-16.30 WIT. Suhu lingkungan dan suhu air dingin tetap konstan.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 84 %.

c. Kolektor dengan jumlah sembilan pipa besi



Gambar 10. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 9 pipa besi

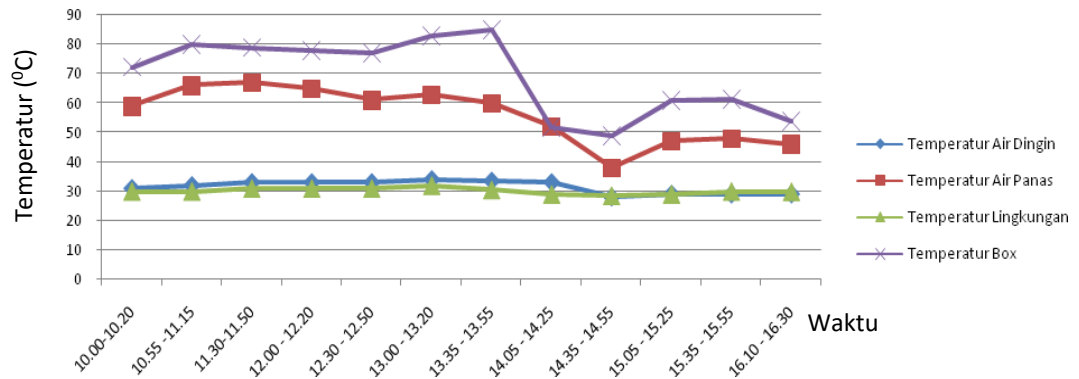
Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor sembilan pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.00-10.20 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 28⁰C sementara air panas bersuhu 48⁰C dan box memiliki suhu 52⁰C. Pada jam 10.55-11.15 WIT, suhu box mencapai nilai

maksimum 58⁰C dan suhu air panas 52⁰C pada jam 11.30-11.50 WIT kemudian suhu box dan air panas bersama-sama mengalami penurunan suhu sampai 35⁰C pada jam 15.35-15.55 WIT.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 89,6 %.

2. Hasil pengamatan pada hari ketiga

a. Kolektor dengan jumlah lima pipa besi



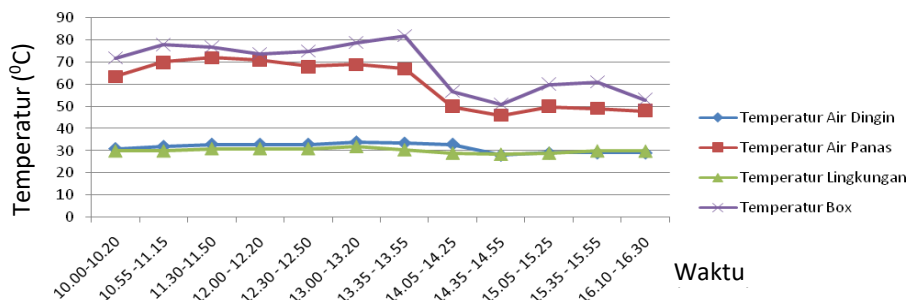
Gambar 11. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 5 pipa besi

Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor lima pipa besi diperoleh sebagai berikut: pada jam 10.00-10.20 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 30⁰C sementara air panas bersuhu 60⁰C dan box bersuhu 71⁰C. Pada jam 13.35-13.55 WIT, suhu box mencapai nilai maksimum 84⁰C. Kenaikan suhu box diikuti oleh suhu air panas yang mencapai puncak pada suhu 68⁰C, kemudian terus mengalami penurunan

sampai 38⁰C pada jam 14.35-15.55 WIT sementara suhu lingkungan dan suhu air dingin tetap konstan.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 81 %

b. Kolektor dengan jumlah tujuh pipa besi



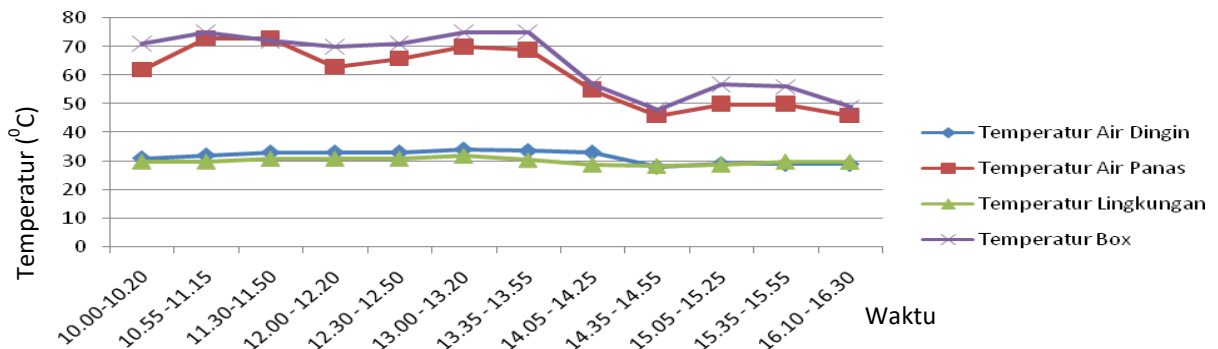
Gambar 12. Grafik perubahan temperatur terhadap kolektor 7 pipa besi

Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor tujuh pipa besi diperoleh hasil sebagai berikut: pada jam 10.00-10.20 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 30°C sementara air panas bersuhu 62°C dan box bersuhu 71°C. Pada jam 13.35-13.55 WIT, suhu box mencapai nilai maksimum 81°C dan suhu kembali menurun pada 52°C di

jam 16.10-16.30 WIT. Kenaikan suhu box diikuti oleh suhu air panas yang mencapai puncak pada suhu 72°C kemudian terus mengalami penurunan sampai 49°C pada jam 16.10-16.30 WIT sementara suhu lingkungan dan suhu air dingin tetap konstan.

Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 89 %

c. Kolektor dengan jumlah sembilan pipa besi



Gambar 13. Grafik perubahan temperatur untuk kolektor 9 pipa besi

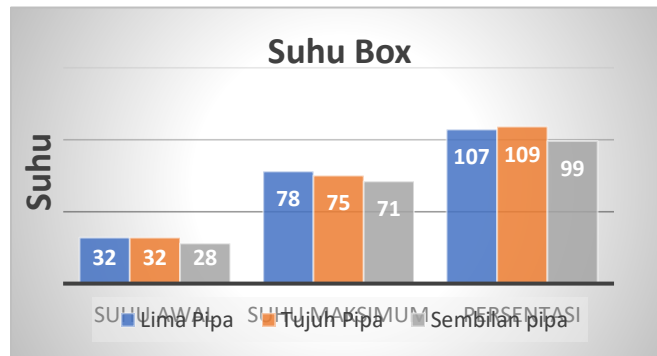
Pengukuran suhu yang dilakukan pada desain sistem pemanas air dengan kolektor sembilan pipa besi diperoleh hasil sebagai berikut: pada jam 10.00-10.20 WIT, suhu lingkungan sama dengan suhu air berkisar 30°C sementara air panas bersuhu 61°C dan box bersuhu 70°C. Pada jam 13.35-13.55 WIT, box mencapai suhu maksimum 75°C. diikuti oleh suhu air panas yang mencapai puncak pada suhu 72°C kemudian mengalami penurunan sampai 48°C pada jam 16.10-16,30 WIT sementara suhu lingkungan dan suhu air dingin tetap konstan.

pemanas air dapat berfungsi dengan baik dalam meningkatkan temperatur lingkungan dan temperatur air. Desain sistem pemanas air dengan variasi jumlah kolektor lima, tujuh dan sembilan pipa besi sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima. Rata-rata suhu puncak box dan air panas yang dicapai desain sistem pemanas air energi matahari dengan kolektor lima pipa besi adalah 78°C dan 65°C dari suhu awal 32°C dan 19°C dengan persentase kenaikan suhu box 107% dan suhu air 63%, kolektor tujuh pipa besi rata-rata suhu box dan suhu air 75°C dan 58°C dari suhu awal 32°C dan 20°C dengan persentase kenaikan suhu box 109% dan suhu air 69%, kolektor sembilan pipa besi 71°C dan 65°C dari suhu awal 28°C dan 22°C dengan persentase kenaikan suhu box 95% dan suhu air 75% terhadap suhu lingkungan. Data-data tersebut dapat dilihat

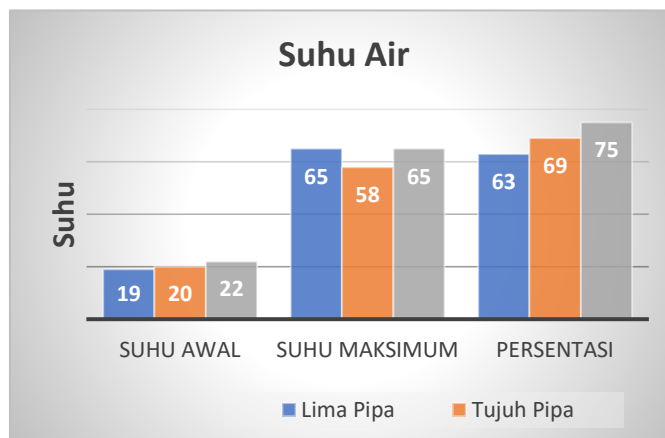
Efisiensi termal yang dihasilkan dari sistem ini pada saat suhu puncak sekitar 96 %.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan selama 3 hari dalam cuaca yang cerah diketahui bahwa desain sistem

pada gambar 14 dan 15.



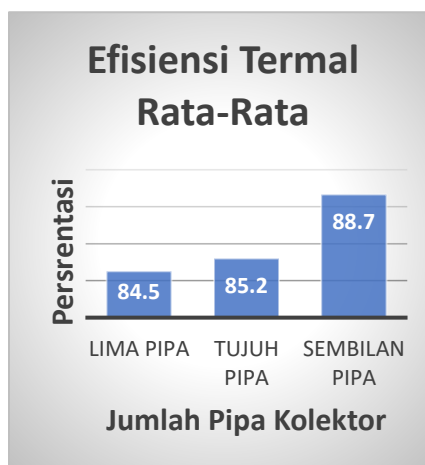
Gambar 14. Suhu box dan persentasi kenaikan suhu kolektor pipa besi 5, 7 dan 9



Gambar 15. Suhu air dan persentasi kenaikan suhu kolektor pipa besi berjumlah 5, 7, 9

Hasil pengukuran efisiensi termal rata-rata dari sistem desain pemanas air dapat

dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Persentasi efisiensi termal rata-rata desain sistem pemanas dengan 5, 7, 9 kolektor pipa besi

Dari hasil pengamatan diketahui

bahwa sistem pemanas air energi matahari pada kolektor dengan sembilan pipa besi dapat memiliki persentase kenaikan suhu air panas yang tertinggi kemudian diikuti oleh kolektor tujuh pipa besi dan kolektor lima pipa besi demikian juga dengan nilai efisiensi termal rata-rata dari sistem tersebut. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa semakin banyak jumlah pipa-pipa pemanas maka energi panas yang dihasilkan oleh kolektor semakin besar. Energi panas ini memberikan pengaruh pada proses perpindahan panas dari absorber ke air yang mengalir di dalam pipa pemanas sehingga proses ini lebih efektif pada jumlah pipa yang lebih banyak (Soemarsono, 2012).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu maksimum rata-rata air dan persentase perubahan suhu desain sistem pemanas air energi matahari yang dihasilkan:
 - a. Sistem dengan kolektor lima pipa besi: 65⁰C dan 63%
 - b. Sistem dengan kolektor tujuh pipa besi: 58⁰C dan 69%
 - c.
 - d. Sistem dengan kolektor sembilan pipa besi: 65⁰C dan 75%
2. Nilai efisiensi termal rata-rata desain sistem pemanas air energi matahari yaitu:
 - a. Sistem dengan kolektor lima pipa besi: 84,5%
 - b. Sistem dengan kolektor tujuh pipa besi: 85,2%
 - c. Sistem dengan kolektor sembilan pipa besi: 88,7 %.

DAFTAR PUSTAKA

Danny Syamsu W. Kristian Selleng dan

Mustofa, 2012.. Efektifitas Kolektor Energi Surya Pada Konfigurasi Paralel Serpentine. “Mektek” Tahun Xiv No. 1, Januari

Giancoli, 2001. Fisika ,Edisi kelima, Jildi I. Erlangga, Jakarta.

Ika, D. 2009. Alat Otomatisasi Pengukur Kadar Vitamin C Dengan Metode Titrasi Asam Basa. Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya.

Made Sucipta, Ketut Astawa, dan A.A. Kade Argha Dharmawan, 2011 Performansi Kolektor Surya Tubular Terkonsentrasi Dengan Pipa Penyerap Dibentuk Anulus Dengan Variasi Posisi Pipa Penyerap. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana . Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 5 No.1. (98-102).

Michael Parningotan Sitohang, M. 2019. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpusat Off-Grid System (Studi Kasus: Desa Tanjung Beringin, Kabupaten Kampar, Riau) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).

Philip Kristanto. 2001 Pengaruh Tebal Plat dan Jarak Antar Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Plat Datar. Jurnal Teknik Mesin Vol. 3, No. 2, Oktober: 47 – 5.

Puji Astuti, 2010. Desain Sistem Pemanas Air Menggunakan Radiasi Sinar Matahari. Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.

Purba, J. S. 2020. Unjuk Kerja Solarcooker

Type Parabolic Dengan Diameter 100
Cm Tinggi 50 Cm. *Jurnal Ilmiah
Maksitek*, 5(2), 139-150.

Sumarsono, M. 2005) Optimasi Jumlah Pipa-
Pemanas Terhadap Kinerja Kolektor
Surya Pemanas Air. *Jurnal Ilmiah
Teknologi Energi*, 98716.

Sumarsono, M. 2012. Optimasi Jumlah Pipa-
Pemanas Terhadap Kinerja Kolektor
Surya Pemanas Air. *Jurnal
Teknologi Energi*,

Supriyanto, J. 2019. Rancang Bangun Panel
Surya Dengan Variasi Sudut
Reflektor Untuk Meningkatkan
Performa (Doctoral Dissertation,
Universitas Pasir Pengaraian
Kabupaten).

Tambunan, H. B. 2020. Sistem Pembangkit
Listrik Tenaga Surya. Deepublish.

Wirawan, M., Mirmanto, M., Sutanto, R.
2015. Pengaruh Jumlah Pipa
Terhadap Laju Pelepasan Kalor Pada
Kolektor Surya Absorber Batu
Granit. *Dinamika Teknik
Mesin*, 5(2).