

PENGARUH KECEPATAN FLUIDA TERHADAP EFISIENSI TERMAL PADA KOLEKTOR PANAS MATAHARI PLAT DATAR ALIRAN PARALEL

EFFECT OF FLOW RATE FLUID ON THE THERMAL EFFICIENCY IN FLAT-PLAT SOLAR THERMAL COLLECTOR FLOW PARALLEL

Daulat Kliston Simatupang¹, Mukhammad Ramdhan Kirom², Tri Ayodha Ajiwiguna³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹daulatkliston@student.telkomuniversity.ac.id, ²m.ramdhanikirom@telkomuniversity.ac.id,

³tri.ayodhaa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menggunakan plat datar aliran paralel untuk menganalisis kecepatan fluida terhadap efisiensi. Kolektor panas matahari plat datar aliran paralel mengumpulkan dan menyerap radiasi sinar matahari, dimana panas dari matahari di konversikan menjadi panas kolektor yang berguna untuk memanaskan fluida (air) dalam pipa penerima. Kolektor panas terdiri dari plat berbahan tembaga dicat hitam, pipa penerima yang berbahan tembaga yang dicat hitam yang di bentuk paralel serta dasar dari bahan kayu sebagai pelapis dan juga diatas nya diberikan kaca. Desain alat yaitu panjang 0,87 m dan lebar 0,59 m dengan sudut 15°. Pengujian dilakukan dengan lima variable yaitu 0.1 lpm sampai dengan 0.5 lpm. Dari pengujian didapat nilai efisiensi yaitu 23%, 34%, 64,3%, 54,55%, dan 47,62% dan debit 0,1 lpm memiliki nilai efisiensi paling baik yaitu 64,3 %. Dari seluruh pengujian menunjukkan bahwa perbedaan temperatur input dan output fluida (air) pada pipa penerima, serta kecepatan aliran fluida dapat mempengaruhi efisiensi dari kolektor panas matahari plat datar aliran paralel.

Kata kunci: Kolektor panas matahari plat datar aliran paralel, variasi kecepatan aliran fluida, efisiensi panas.

Abstract

This research uses a flat plate parallel to analyze fluid flow rate towards efficiency. Flat-plate solar thermal Collectors flow parallel collect and absorb radiation from the Sun, the solar heat radiation is absorbed by collectors in convert into heat useful to heat the fluid (water) in the pipeline. Solar thermal collector consists of a copper-plate is painted black, copper pipe receiver made from black painted in parallel and form the basis of wood as a coating and also above its given glass. Design tools namely 0,87 m and width of 0,59 m with an angle of 15 °. This research aims to analyze the influence of the variation of the fluid flow speed of work flow against heat efficiency. Testing conducted with the five variable i.e. 0,1 lpm up to 0,5 lpm. Efficiency values obtained from testing that is 23%, 34%, 64,3%, 54,55%, and 47,62% debit and has a value of 0,1 lpm most improved efficiency that is 64,3%. From all the testing shows that the difference in temperature of the input and output of fluid (water) on the pipe of the recipients, as well as the speed of the fluid flow can affect the efficiency of flat-plate solar thermal collectors streams in parallel.

Keywords: Flate plate solar thermal collectors flow parallel, flow rate variation, thermal efficiency.

1. Pendahuluan

Energi sangat dibutuhkan untuk kehidupan mahluk hidup. Keberadaan energi di muka bumi ini mendukung manusia untuk beraktivitas dan untuk bertahan hidup. Salah satu sumber energi terbesar bagi kelangsungan hidup berasal dari matahari yang menghasilkan panas. Umumnya energi terdiri dari dua bagian yaitu energi yang dapat diperbaharui dan tidak dapat diperbaharui. Energi fosil adalah salah satu contoh energi yang tidak dapat diperbaharui dan menjadi energi yang paling banyak digunakan sampai saat ini. Penggunaan energi fosil yang tinggi mengakibatkan menipisnya sumber daya fosil tersebut sehingga diperlukan energi alternatif yang membantu untuk mengurangi pemanfaatan energi fosil yang berlebih. Salah satu energi yang dikembangkan dan dapat digunakan yaitu energi panas matahari. Energi panas matahari merupakan energi yang tersedia dalam jumlah banyak dan tanpa biaya dalam menggunakannya.

Dalam pemanfaatan energi panas matahari dibutuhkan suatu penelitian untuk membuat sistem alat kerja yang mampu menyerap energi panas matahari. Sistem alat kerja yang dimaksud merupakan kolektor panas matahari. Kolektor panas matahari memanfaatkan radiasi panas matahari yang diserap oleh kolektor, dimana panas dari matahari di konversikan menjadi panas kolektor yang berguna untuk memanaskan fluida (air) dalam pipa penerima [1]. Terdapat dua jenis kolektor yaitu: tipe plat datar (*non-concentrating*) dan tipe palung parabola (*concentrating*). Kolektor tipe plat datar (*non-concentrating*) di bagi lagi menjadi dua, yaitu: *Flat plate solar collector* dan *evacuated tube*. Sedangkan kolektor tipe palung parabola (*concentrating*) di bagi menjadi dua, yaitu : Kolektor jenis parabolik dan kolektor surya jenis fresnel [2].

Pemanfaatan energi matahari pada penelitian ini menggunakan jenis kolektor panas matahari plat datar (*Flat plate solar collector*). Adapun penelitian tentang kolektor panas matahari plat datar pernah dilakukan oleh A. Shitzer, D. Kalmanoviz, Y. Zvirin dan G. Grossman menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu: Untuk sistem yang digunakan tanpa fluida (air) keluar dari sistem maka distribusi temperatur dapat diasumsikan hampir linier karena tidak ada pencampuran dengan fluida (air) pada sistem. Dan juga laju aliran di dalam sistem mengikuti variasi dari radiasi matahari [3].

Kolektor panas matahari diletakan pada permukaan kayu dengan luas tertentu yang dihubungkan dengan pipa penerima kalor yang berisikan fluida tertentu. Radiasi panas matahari yang diserap oleh kolektor, dimana panas dari matahari dikonversikan menjadi panas kolektor yang berguna sebagai pemanas fluida pada pipa penerima [1]. Pada penelitian ini fluida air pada pipa penerima di buat paralel yang diharap kan lebih efesien dibandingkan kolektor panas matahari plat datar lainnya.

1.1 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis kalor yang diserap dengan variasi kecepatan fluida kerja?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan fluida terhadap efisiensi panas pada kolektor panas matahari jenis plat datar aliran paralel?
3. Bagaimana cara menghitung efisiensi pada kolektor panas matahari plat datar aliran paralel?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui kalor yang diserap untuk berbagai variasi kecepatan fluida kerja pada kolektor panas matahari plat datar aliran paralel.
2. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan fluida terhadap efisiensi panas pada kolektor panas matahari jenis plat datar aliran paralel.

2. Dasar Teori

2.1 Kolektor Panas Matahari

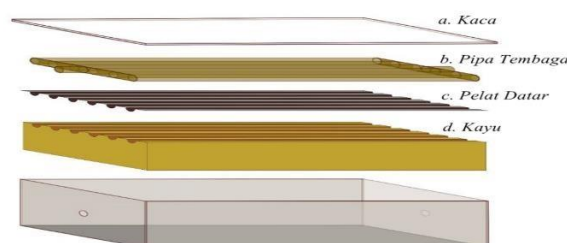
Kolektor surya atau kolektor panas matahari adalah alat penukar panas yang berfungsi mengumpulkan dan menyerap radiasi dari matahari dan panas yang didapat di teruskan terhadap fluida kerja (air) yang mengalir di dalam pipa penerima pada kolektor panas [2].

Kolektor panas plat datar merupakan jenis kolektor yang menghasilkan temperatur sampai 75°C [4].

Kolektor plat datar *serpentine* terdiri dari empat elemen dasar [5] yaitu :

1. Rangka (casing) kolektor yang terbuat dari kayu merupakan tempat untuk meletakkan seluruh komponen dan penyangga berat dari kolektor panas matahari.
2. Isolator (kayu dan dempul kayu) berfungsi sebagai bahan yang tidak menghantarkan panas untuk mengurangi hilangnya panas dalam kolektor yang tidak terkena radiasi panas matahari.
3. Absorber (plat tembaga dan pipa penerima) merupakan bagian dimana radiasi matahari diserap dan dikumpulkan yang selanjutnya dikonversikan menjadi energi panas yang diterima oleh pipa penerima dan fluida air mengalir didalam pipa penerima.
4. Penutup transparan (kaca bening) berfungsi untuk meneruskan radiasi matahari yang diterima kolektor plat datar (aliran paralel), dan mengurangi rugi-rugi panas konveksi serta melindungi seluruh elemen kolektor.

Skema gambar kolektor panas plat datar aliran paralel pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Skema gambar kolektor panas plat datar aliran paralel

2.2 Variasi Kecepatan dan Luas Penampang terhadap Laju Aliran Massa

Korelasi dari variasi kecepatan dapat merubah nilai untuk laju aliran massa yang menyebabkan tingkat efisiensi dari masing-masing variasi kecepatan akan berbeda. Persamaan kecepatan dan laju aliran massa yaitu oleh persamaan 2.1 [5] dan persamaan 2.2 [7].

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.1)$$

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (2.2)$$

Keterangan :

Q = Debit (m^3/s)

v = Kecepatan fluida (m/s)

A = Luas penampang saluran (m^2)

$\dot{m}$ = Laju aliran massa fluida kerja penerima (kg/s)

ρ = Kerapatan massa (kg/m^3)

2.3 Efisiensi kolektor panas matahari

Efisiensi panas merupakan perbandingan besar energi matahari yang tertangkap oleh sistem kolektor panas. Terdiri dari pemantulan oleh plat pengumpulan cahaya matahari dan penyerapan panas oleh pipa penerima (*absorber*). Persamaan untuk efisiensi panas adalah (2.3), untuk efisiensi rata-rata (2.4) serta untuk persamaan efisiensi total (2.5) [2].

$$\eta = \frac{Q_{\text{absorber}}}{Q_{\text{collector}}} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\eta = \frac{I \cdot A_{\text{absorber}}}{I \cdot A_{\text{collector}}} \quad (2.4)$$

$$\eta = \frac{I \cdot A_{\text{absorber}}}{I \cdot A_{\text{collector}}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

Q_{absorber} = Daya yang diserap Fluida (air) (W).

$Q_{\text{collector}}$ = Daya yang diterima oleh kolektor panas (W).

n = Jumlah data

2.3.1 Energi yang Diterima Medium

Energi panas yang diterima oleh fluida kerja pada pipa penerima merupakan energi panas dari matahari yang di teruskan oleh kolektor. Energi panas ini dapat diukur oleh perbedaan suhu pada fluida kerja yang mengalir. Perbedaan yang diukur adalah suhu awal dari fluida kerja dan suhu akhir fluida kerja saat keluar dari pipa penerima [2].

Nilai energi panas yang diserap oleh fluida kerja pada pipa penerima ini bergantung pada laju aliran massa zat, jenis zat (kalor jenis), dan perubahan suhu awal dan akhir pada fluida kerja. Persamaan (2.6) adalah untuk menentukan energi panas yang diterima pipa penerima [7].

$$Q_{\text{absorber}} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T \quad (2.6)$$

Keterangan :

Q_{absorber} = Daya yang diserap Fluida (air) (W).

$\dot{m}$ = Laju aliran massa fluida yang masuk ke pipa penerima (kg/s).

c_p = Kalor jenis fluida kerja (kJ/kg.°C).

ΔT = Selisih temperatur zat yang masuk ke kolektor dan yang keluar dari kolektor (°C)

2.3.2 Energi Matahari

Energi panas matahari adalah energi yang berasal dari radiasi matahari. Energi panas matahari yang dipancarkan ke suatu permukaan kolektor dapat dihitung menggunakan persamaan (2.7) [2].

$$Q_{\text{collector}} = I \times A \quad (2.7)$$

Keterangan :

$Q_{\text{collector}}$ = Daya yang terima kolektor panas (W)

I = Besar radiasi yang jatuh pada permukaan luasan (W/m^2)

A_c = Luas permukaan luasan kolektor (m^2)

2.3.3 Hubungan antara ΔT dan Q_{masuk}

Energi panas matahari mewakili daya yang diterima kolektor (Q_{masuk}). Energi panas matahari rendah mempunyai daya yang diterima kolektor rendah, energi panas matahari tinggi mempunyai daya yang diterima kolektor tinggi. Ketika daya yang diterima rendah, perubahan temperatur kecil, ketika daya yang diterima kolektor tinggi, perubahan temperatur besar. Dapat disimpulkan bahwa jumlah daya yang diterima kolektor (Q_{masuk}) sebanding dengan perubahan temperatur benda (2.8) [2].

$$Q_{\text{masuk}} \sim \Delta T \quad (2.8)$$

Keterangan :

Q_{masuk} = Daya yang diterima kolektor panas (W).

ΔT = Selisih temperatur zat yang masuk ke kolektor dan yang keluar dari kolektor ($^{\circ}\text{C}$).

2.3.4 Energi Panas yang Hilang

Energi panas yang ditangkap oleh kolektor panas matahari aliran paralel tidak sepenuhnya diserap oleh fluida kerja yang mengalir didalam pipa penerima. Hal ini disebut sebagai energi panas yang hilang ($Q_{\text{kehilangan}}$). Nilai energi panas yang hilang diperoleh dari hasil pengukuran antara Q_{masuk} dan Q_{diserap} yang ditunjukkan oleh persamaan (2.6) [2].

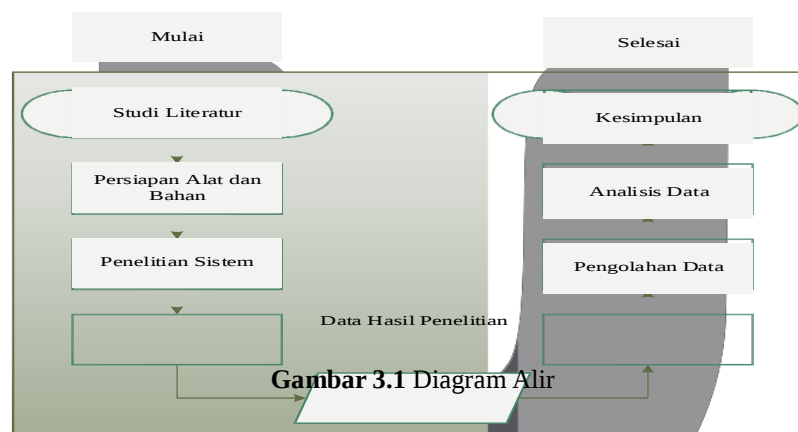
$$Q_{\text{kehilangan}} = Q_{\text{masuk}} - Q_{\text{diserap}} \quad 2.6$$

Keterangan :

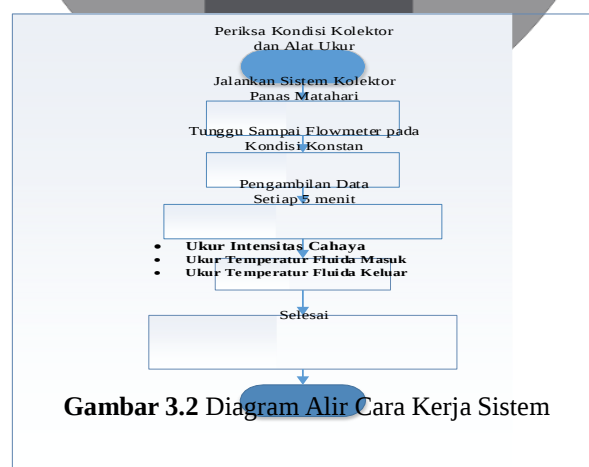
Q_{masuk} = Daya yang diterima oleh kolektor (W)

Q_{diserap} = Daya yang diserap oleh pipa penerima (W)

3. Metodologi Penelitian

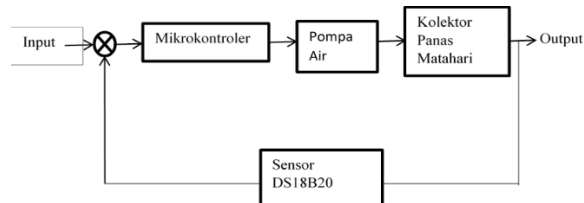


Gambar 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir Cara Kerja Sistem

1.1 Blok Diagram Sistem Penelitian



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem Penelitian Kolektor Plat Datar

4. Pembahasan

1.1 Pengujian Variasi Kecepatan Fluida

Pengujian variasi kecepatan fluida dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh variasi kecepatan fluida pada pipa penerima terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan. Untuk itu diperlukan *flowmeter* untuk mengetahui kecepatan aliran fluida yang masuk ke sistem kolektor panas. Kecepatan aliran fluida diatur dengan membuka dan menutup katup air yang diletakkan sebelum *flowmeter*. Dua buah sensor temperatur DS18B20 diletakkan di dalam pipa sebelum aliran fluida masuk ke pipa penerima dan aliran fluida yang keluar dari pipa penerima. Alat ukur power meter digital digunakan dalam pengambilan data intensitas matahari yang terukur pada saat pengujian.

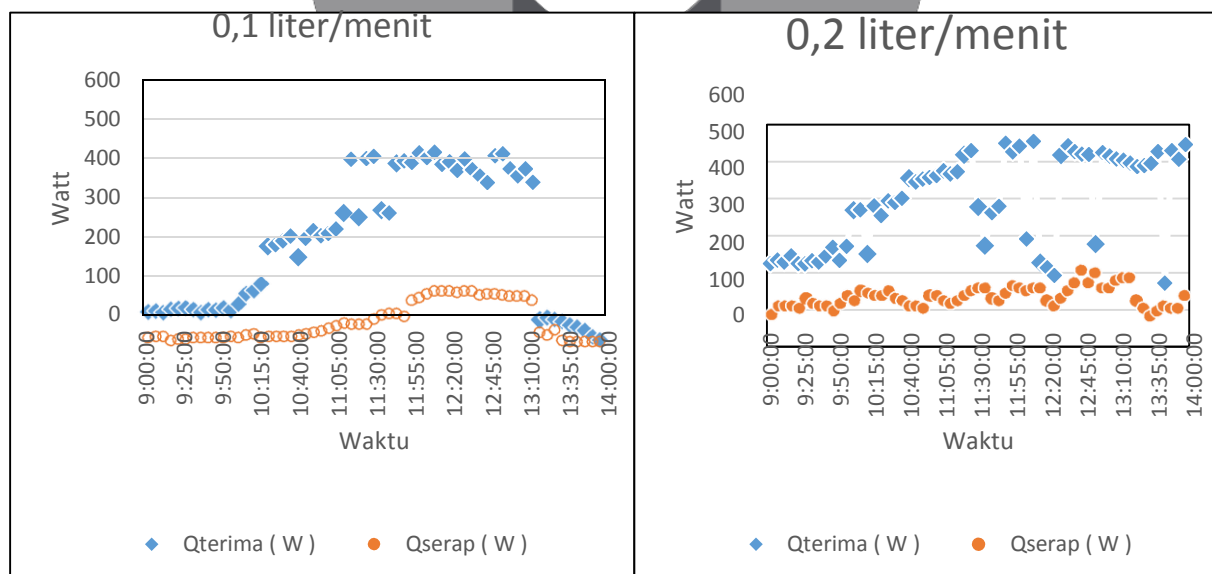
1.2 Skenario Pengujian

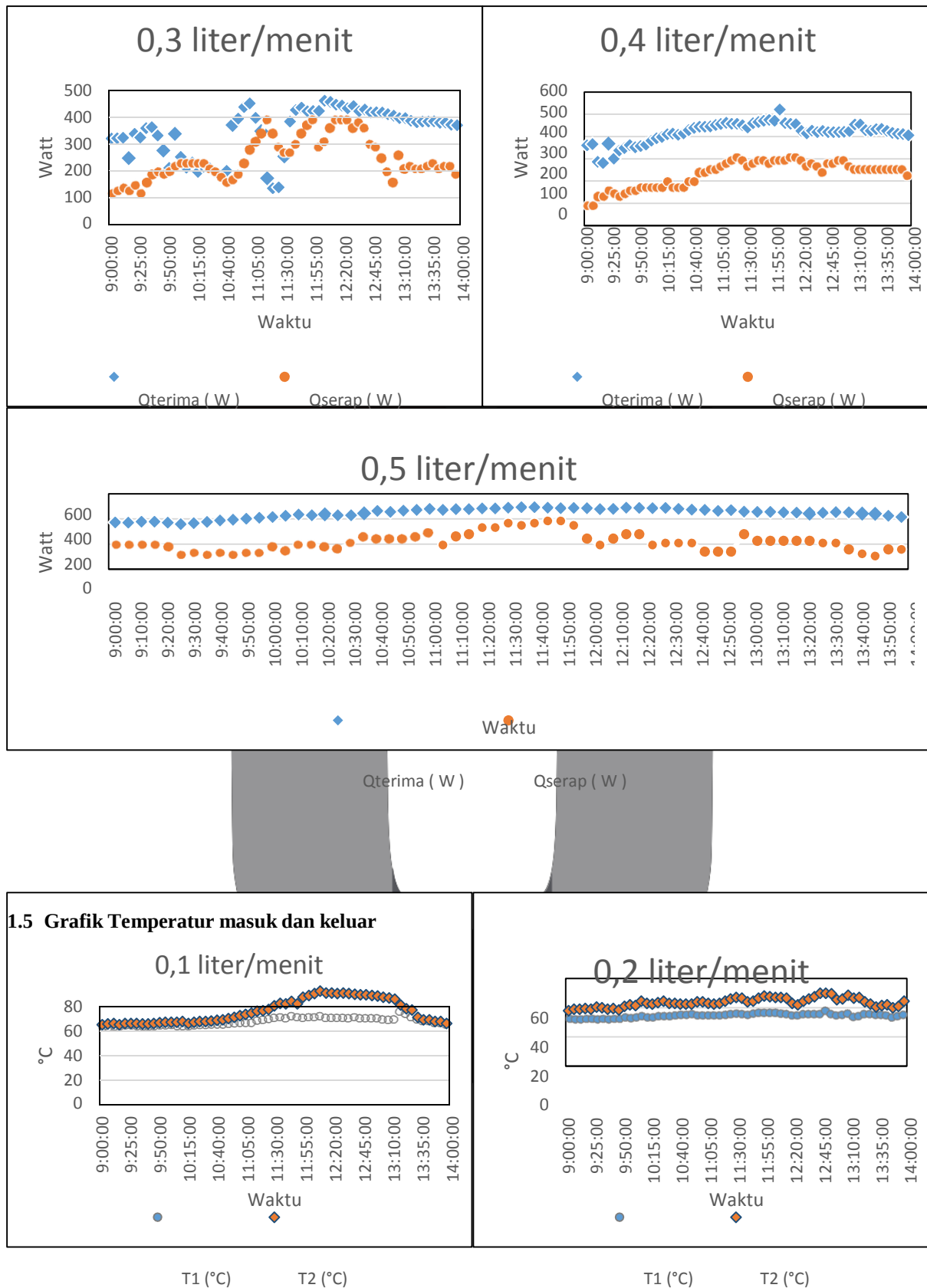
Pengujian dilakukan dengan lima variasi kondisi, yaitu pengujian variasi kecepatan fluida sebesar 0,1 liter/menit, sampai dengan 0,5 liter/menit. Hal ini bertujuan untuk mencari nilai selisih antara temperatur fluida awal dan temperatur fluida akhir yang paling besar diantara variasi kecepatan fluida yang diberikan. Pengujian dilakukan pada tanggal 29 Agustus 2016 dengan skenario pengujian dilakukan mulai pukul 09.00 sampai dengan 14.00 WIB.

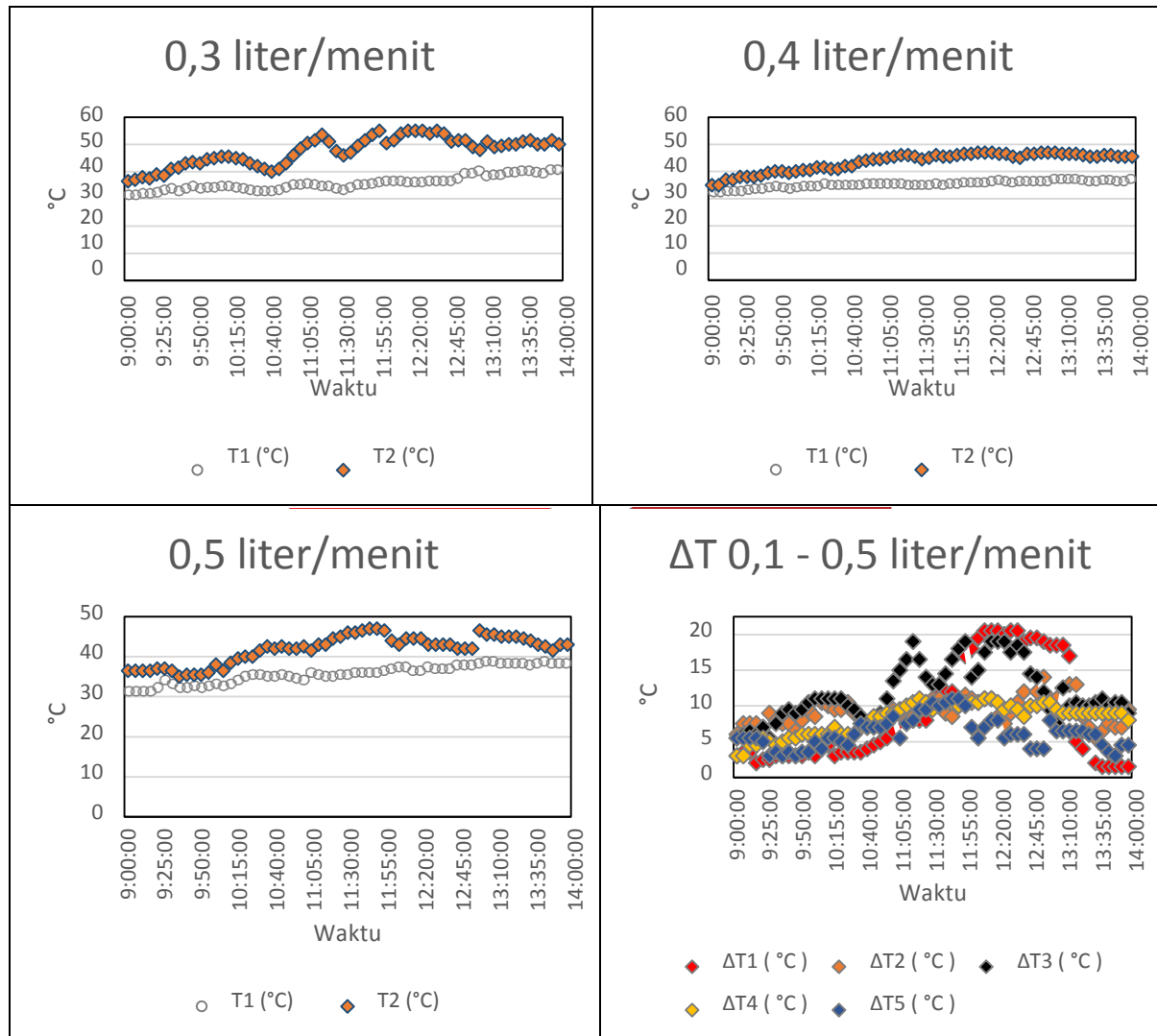
1.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian dengan lima variasi kondisi kecepatan fluida merupakan data yang diambil berdasarkan temperatur fluida masuk dan keluar yang dihasilkan dari proses pemanasan. Data diperoleh setiap 5 menit sekali dengan pengambilan data sebanyak 61 data untuk setiap variasi data. Hasil data temperatur kemudian diolah menggunakan persamaan 2.1 sampai persamaan 2.4, sedangkan data intensitas matahari diolah menggunakan persamaan 2.5. Sehingga diperoleh nilai terhadap yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1 sampai Gambar 4.5.

1.4 Grafik Perbandingan Qserap terhadap Qterima







Tabel 4.1 Data Perbandingan Variasi Kecepatan terhadap Efisiensi

ΔT_{avg} (°C)	ΔT (°C)	Debit (l/menit)	Qserap (W)	Qterima (W)	Efisiensi (η) (%)
40,6	8,8033	0,1	61,75	270,53	23
43,63	9,2623	0,2	134,72	396,93	34
47,51	11,926	0,3	250,45	389,53	64,3
43,59	8,2295	0,4	230,54	416,86	54,55
41,8	6,1721	0,5	215,94	447,52	47,62

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Kecepatan fluida kerja mempengaruhi nilai dari ΔT , dimana ΔT dipengaruhi oleh nilai dari ΔT , dimana ΔT didapat dari selisih temperatur masuk dan keluar.
2. Dalam penelitian yang dilakukan pada variasi kecepatan fluida yang diberikan pada pipa penerima

mempengaruhi nilai efisiensi panas dengan menghasilkan 23% untuk 0,1 liter/menit, 34% untuk 0,2 liter/menit, 64,3% untuk 0,3 liter/menit, 54,55% untuk 0,4 liter/menit, dan 47,62% untuk 0,5 liter/menit

3. Efisiensi panas rata-rata paling baik selama penelitian ini sekitar 64,3% dengan kecepatan fluida pada debit 0.3 liter/menit pada pipa penerima selama durasi pengujian 5 jam dengan rata-rata intensitas matahari 758,87 W/m² yang didapat dari data pada lampiran.

5.2 Saran

Saran untuk memajukan penelitian ilmiah ini:

1. Pengambilan data lebih baik menggunakan data akuisisi pada pengambilan data Intensitas karena lebih dan akurat, serta tidak mengeluarkan banyak waktu dan tenaga.
2. Variasi jenis fluida kerja perlu dilakukan untuk mendapatkan efisiensi panas yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya

Daftar Pustaka:

- [1] Karman, Firda Fara., A. Ganesa Nawan Surya, Talitha S. Ekaputri, Herdianto, Firman. 2015. *Penyimpanan energi panas untuk meningkatkan kinerja pemanas air tenaga surya dengan konsentrator semi silindris*. Departemen Teknik Mesin Fakultas Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [2] Kalogirou, Soteris A. 2009. *Solar Energy Engineering : Processes And System*. USA: Elsevier Ltd.
- [3] Shitzer, A., Kalmanoviz, D., Zvirin, Y ., Grossman, G. 1979. *Experiments with a flat plate solar water heating system in thermosyphonic flow*. *Solar Energy*. 22, 27-36.
- [4] Sulaeman, Mapasid, Darul. 2013. *Analisa Efisiensi Kolektor Surya Plat Datar Dengan Debit Aliran Fluida 3-10 Liter/Menit*. Padang: Institut Teknologi Padang.
- [5] Ferli, dkk. 2007. *Rancang Bangun Kolektor Surya Trapesium*. Makasar: Politeknik Negeri Ujung pandang.
- [6] Goswami, D, Y., Kreith, F., Kreider, J. F. 1999. *Principles of Solar Engineering*, 3rd edition, Taylor & Francis.
- [7] Holman, J.P. 1986. *Heat Transfer 6th Edition*. McGraw-Hill, Ltd., Inc.
- [8] Cengel, Yunus A. 2003. *Heat Transfer Second Edition*. Noor, M. Fathuddin. 2005. *Efek Penggunaan Thermal Mass Pada Solar Crop Dryer Terhadap Temperatur Aliran Udara*. Purwokerto: Intuisi Teknologi dan Seni.

Lampiran