

PENGARUH JUMLAH PIPA TERHADAP LAJU PELEPASAN KALOR PADA KOLEKTOR SURYA ABSORBER BATU GRANIT

Made Wirawan^{1*}, Mirmanto², Rudy Sutanto³,

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram

Jln. Majapahit No.62 Mataram Nusa Tenggara Barat Kode Pos: 83125

Telp. (0370) 636087; 636126; ext 128 Fax (0370) 636087

*Email: wwiralo@yahoo.ac.id

ABSTRACT

Fossil energies as un-renewable energies have been getting depletion. Therefore, the use of alternative energy should be raised. One of the alternative energies is solar energy. Solar energy does not pollute the environment and is categorized as a renewable energy which is free and plentiful. In this research, the solar energy was used to heat water by operating granite absorber solar collectors. The water was flowed naturally from a higher tank and adjusted using a valve fitted at the outlet of the collector. The volumetric rates of the water were 200, 250 and 300 cc/minutes. Two identical solar collectors with an overall dimension of 0,8 m x 1 m x 0,1 m were placed under the sun and faced to the North with an inclination angle of 15°. One collector contained 5 parallel pipes and the other comprised 7 parallel pipes. Data obtained in this research are glass cover temperatures, an ambient temperature, absorber temperatures, inlet and outlet water temperatures, and water volumetric rates.

The results show that the 7 parallel pipe collector products higher outlet water temperature and energy than the 5 parallel pipe collector. Consequently, in the process of energy removal/discharge, the heat stored in the 7 parallel pipe collector runs out quicker.

Keywords: collector, granite absorber, heat discharge

PENDAHULUAN

Matahari sebagai sumber energi kalor terbesar menjadi salah satu alternatif sumber panas yang dapat digunakan. Untuk menggunakan energi ini dibutuhkan suatu kolektor yang mampu mengumpulkan panas tersebut sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut. Pada awal abad dua puluh kolektor-kolektor sinar matahari telah digunakan untuk memanaskan air. Dengan semakin mahalnya harga bahan bakar fosil, energi matahari menjadi pusat perhatian sebagai sumber energi yang berpotensi tinggi, Tamba dan Ari [1]. Sebagai negara yang terletak di katulistiwa, Indonesia memperoleh radiasi surya yang cukup melimpah dengan rata-rata 4,5 kWh/m²/hari. Radiasi surya ini dapat dikonversikan menjadi energi termal yang berguna, misal untuk pemanasan air dan udara (pengeringan), desalinasi air laut/payau, dan pengkondisian udara, Sumarsono [2]. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengkonversi energi tersebut adalah kolektor surya.

Kolektor surya sebagai sistem pengumpul energi surya umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu: plat absorber yang berwarna gelap, pipa kalor dan penutup transparan dari kaca atau plastik yang disebut *glazing*. Sinar matahari menembus penutup transparan dan mengenai plat *absorber*, sehingga temperatur plat *absorber* naik

sebagai menyerap panas. Panas yang diserap absorber selanjutnya diberikan kepada fluida yang berada di dalam pipa-pipa kalor dan sebagian lagi hilang ke lingkungan (*heat loss*). Tipe kolektor ini pada umumnya bekerja pada temperatur di bawah 90°C. Panas yang hilang ke lingkungan dapat terjadi dengan cara konduksi melalui dinding kotak kolektor, secara radiasi menembus penutup kolektor, dan secara konveksi dari tutup kolektor, Permana dan Nasbey [3]. Salah satu aplikasi dari kolektor surya adalah untuk memanaskan air. Prinsip kerja dari pemanas air dengan menggunakan plat datar sangat sederhana. Air yang mengalir di dalam kolektor melalui pipa akan mendapatkan panas dari absorber, sehingga suhu air meningkat.

Pada umumnya kolektor surya menggunakan absorber metal /tembaga, tetapi pada penelitian ini digunakan absorber batu granit. Batu granit merupakan bahan yang mampu menyimpan panas, maka absorber ini dapat digunakan untuk memanaskan air hingga matahari terbenam. Namun lama penyimpanan panas ini belum diketahui. Untuk itulah pada penelitian akan dikaji berapa lama panas yang dilepas dari batu granit. Disamping itu, penelitian sebelumnya yang dilakukan, Jatmiko [4], yaitu membandingkan absorber batu granit dengan absorber pasir, menunjukkan bahwa absorber

batu granit lebih efisien dari absorber pasir. Pada penelitian yang dilakukan [4]. Untuk mengetahui unjuk kerja absorber batu granit ini, serangkaian pipa tembaga dipasang secara paralel pada alur yang telah dibuat pada batu granit dan pipa-pipa tersebut dialiri air. Dengan mengukur suhu air masuk dan keluar serta debit air yang dialirkan, maka laju perpindahan panas sebagai indikator unjuk kerja absorber dapat dihitung.

DASAR TEORI

Tinjauan Pustaka

Menurut [5], untuk merancang suatu sistem kolektor surya atau mempelajari unjuk kerja (kolektor surya), pengetahuan tentang rugi-kalor (*heat loss*) sangat penting peranannya. Rugi-kalor dari sebuah kolektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan perpindahan panas. Persamaan perpindahan panas untuk kolektor surya mencakup perpindahan panas konduksi, perpindahan panas konveksi dan perpindahan panas radiasi.

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan guna berbagai aplikasi. Kolektor surya yang pada umumnya memiliki komponen-komponen utama, [3], yaitu:

1. *Cover*, berfungsi untuk mengurangi rugi panas secara konveksi menuju lingkungan
2. *Absorber*, berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi cahaya matahari.
3. Pipa kalor, berfungsi sebagai saluran transmisi fluida kerja .
4. *Isolator*, berfungsi meminimalisasi kehilangan panas secara konduksi dari absorber menuju lingkungan
5. *Frame*, berfungsi sebagai struktur pembentuk dan penahan beban kolektor.

Perpindahan panas

Terdapat tiga mekanisme perpindahan panas dalam sebuah alat pemanas air tenaga surya. Panas mengalir secara konduksi sepanjang plat penyerap ke dinding saluran. Kemudian panas dipindahkan ke fluida dalam saluran secara konveksi. Plat absorber juga

melepaskan panas ke penutup dengan cara alamiah dan dengan cara radiasi.

Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah melalui benda yang diam dimana besar kecilnya perpindahan panas ditentukan oleh karakteristik zat atau benda yang dilalui panas pada waktu tertentu [6]. Laju perpindahan panas konduksi dinyatakan pada persamaan (2.1), Holman [7].

$$Q_k = -k A \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad (2.1)$$

Dimana :

Q_k = perpindahan panas konduksi (W).

k = konduktifitas termal (W /m K).

A = luas penampang (m^2).

dT / dx = gradien temperatur dalam arah aliran panas (K/m).

Konstanta positif k disebut konduktivitas termal (*thermal conductivity*), sedangkan tanda minus menunjukkan kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah. [7].

Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat yang berbatasan dengan fluida yang mengalir. Fluida di sini bisa dalam fasa cair atau fasa gas. Syarat utama mekanisme perpindahan panas konveksi adalah adanya aliran fluida [8]. Perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan persamaan (2.2), Holman [7]:

$$Q_c = hA (T_w - T_f) \quad (2.2)$$

Dimana :

Q_c = perpindahan panas konveksi (W).

h = koefisien konveksi ($W/m^2 K$)

A_{abs} = luas permukaan absorber kolektor surya (m^2).

T_w = temperatur dinding (K).

T_{air} = temperatur fluida (K).

Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah tanpa memerlukan zat atau perantara. Berbeda dengan mekanisme konduksi dan konveksi, radiasi tidak membutuhkan medium perpindahan panas. Sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi adalah contoh yang paling jelas dari perpindahan panas radiasi. Panas terpancar dengan cara radiasi

gelombang elektromagnetik [6]. Perpindahan panas radiasi dipengaruhi oleh:

1. Luas permukaan benda
2. Sifat permukaan benda
3. Temperatur

Perpindahan panas radiasi dapat dinyatakan dengan persamaan (2.3), Holman [7].

$$Q_r = \sigma A T^4 \quad (2.3)$$

Dimana:

- Q_r = perpindahan panas radiasi (W).
- σ = konst. Stefan-Boltzmann ($W/m^2 K$).
- A = luas permukaan (m^2).
- T = temperatur (K).

Persamaan (2.3) disebut hukum Stefan-boltzman tentang radiasi termal dan berlaku untuk benda hitam, [7].

Analisis pelepasan panas dari kolektor

Panas yang diserap oleh air didalam kolektor (Q_u) adalah sama dengan kapasitas panas air pada tekanan konstan (C_p), T_i dan T_o adalah suhu air masuk dan suhu air keluar (K) dan Q_u adalah energi guna atau energi yang diserap oleh fluida. Sehingga panas yang diserap oleh air Q_u adalah, Holman [7].

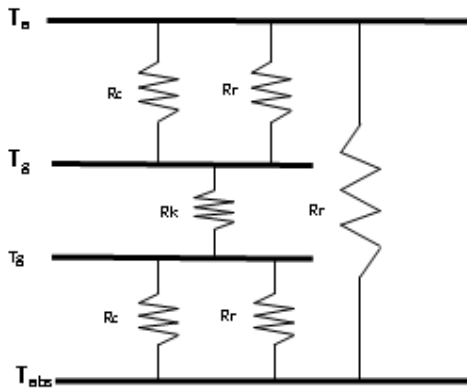
$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i) \quad (2.4)$$

Radiasi matahari yang mengenai permukaan kolektor, sebagian besar akan diserap dan dihantarkan ke fluida dan merupakan energi yang digunakan. Namun dalam berbagai sistem, maka akan terjadi kerugian energi. Kerugian energi dari kolektor dituliskan, Holman [7]:

$$Q_{loss} = Q_a + Q_b + Q_s \quad (2.5)$$

dengan Q_{loss} adalah panas atau kalor yang hilang (W).

Rugi kalor atas (Q_a)



Gambar 1. Rangkaian termal untuk kerugian kalor bagian atas.

Q_a menyatakan kerugian panas bagian atas (W), Holman [7]:

$$Q_a = \frac{T_{abs} - T_a}{R_{total}} \quad (2.6)$$

Rugi kalor samping Q_s , Holman [7]:



Gambar 2. Rangkaian termal untuk kerugian kalor bagian samping.

Q_b menyatakan kerugian panas dari bawah (W), Holman [7]:

$$Q_b = \frac{T_{abs} - T_a}{R_k + R_c} \quad (2.7)$$

Rugi kalor bawah Q_b



Gambar 3. Rangkaian termal untuk kerugian kalor bagian bawah.

Q_s menyatakan kerugian panas dari samping kolektor (W), Holman [7]:

$$Q_s = \frac{(T_{abs} - T_a)}{R_{total}} \quad (2.8)$$

Maka kalor yang terdapat didalam kolektor atau kalor yang diterima kolektor dapat dirumuskan sebagai berikut, Holman [7]:

$$Q_{in} = Q_u + Q_{loss} \quad (2.9)$$

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen langsung di lapangan dengan menggunakan alat kolektor plat datar absorber batu granit. Segala variabel yang ditentukan dan dicari diukur langsung kecuali yang variabel yang harus dihitung berdasarkan variabel yang diukur. Sedangkan kajian pustaka atau studi literatur digunakan sebagai dasar penyusunan pendahuluan, tinjauan pustaka dan landasar teori

Alat dan Bahan Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Thermocouple*. *Thermocouple* digunakan untuk mengetahui temperatur pada permukaan kaca, air masuk, air keluar, lingkungan dan temperatur absorber.
2. *Thermometer*. *Thermometer* digunakan untuk mengkalibrasi *termocouple*
3. *Stopwatch*. *Stopwatch* digunakan untuk mengukur debit air yang mengalir.
4. Gelas Ukur. Gelas ukur dikombinasikan dengan *Stopwatch* untuk mengukur debit air yang mengalir pada kolektor surya.
5. Kompas. Kompas digunakan untuk menentukan arah mata angin. Hal ini berguna untuk mengetahui posisi matahari, sehingga didapatkan arah peletakan kolektor surya yang tepat.

Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Air
2. Kaca
3. Batu granit
4. Pipa tembaga
5. Perak las
6. *Sterfoam*
7. Bak air
8. Kran air
9. Selang
10. Kerangka kolektor

11. Pompa air

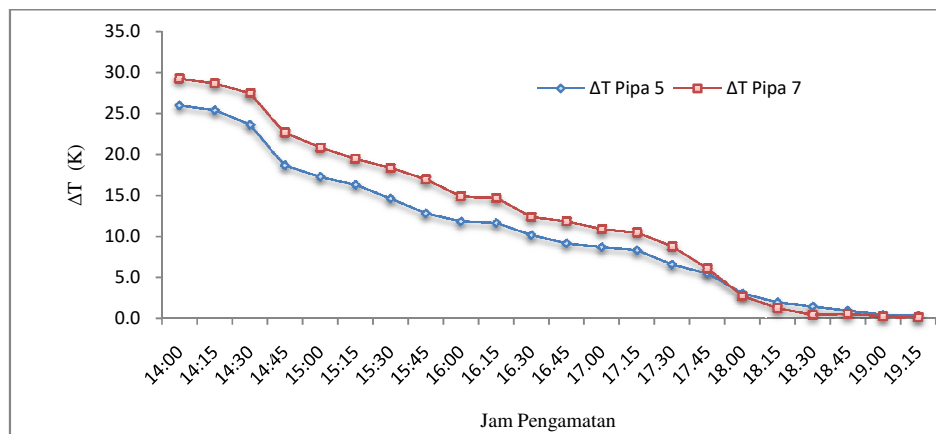
Variabel Penelitian.

Variabel yang menjadi penelitian adalah sebagai berikut :

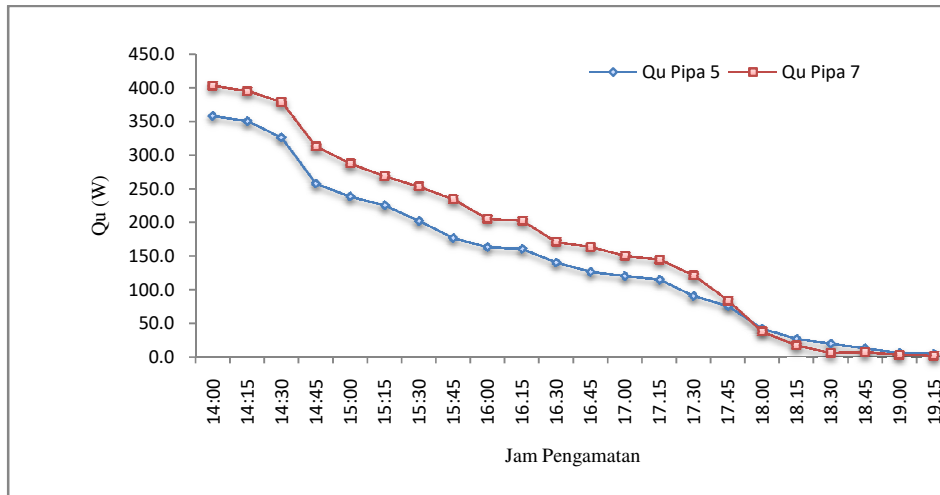
1. Variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi variabel Variabel terikat, yaitu variabel yang tergantung pada variabel bebas. Yang menjadi variabel terikat adalah kenaikan temperatur air dan laju perpindahan kalor pada air.
2. terikat. Variable bebas dalam hal ini berupa variasi debit air dan jumlah pipa.

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN Perbandingan (ΔT) dan kalor yang diserap air (Q_u) antara pipa 5 dan pipa 7 dengan waktu penelitian.

Untuk mengidentifikasi kalor yang diserap oleh air pada kolektor surya pipa 5 dan pipa 7 pada variasi debit aliran 200 cc/menit dapat dilakukan dengan membuat hubungan antara besar kalor yang diserap oleh air terhadap jam pengamatan. Dari penelitian didapat hubungan antara jam pengamatan dengan besar kalor yang diterima oleh air antara kedua kolektor. Hasil perhitungan yang dibutuhkan untuk mengetahui hubungan kalor yang diserap oleh air sangat dipengaruhi oleh kenaikan temperatur air (ΔT).



Gambar 4. Hubungan ΔT dengan jam pengamatan pada kolektor surya plat datar pipa 5 dan pipa 7 pada debit aliran 200 cc/menit



Gambar 5. Hubungan antara besar kalor yang di gunakan dengan jam pengamatan pada kolektor surya pelat datar pipa 5 dan pipa 7 pada debit aliran 200 cc/menit

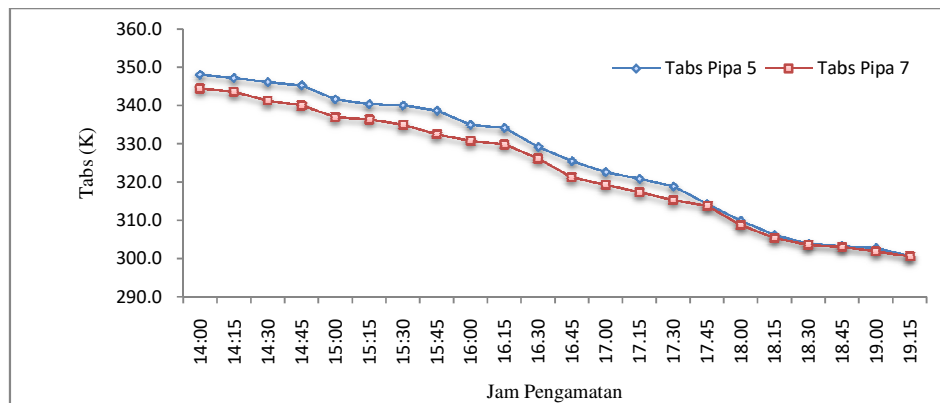
Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat kecenderungan penurunan ΔT seiring waktu pengamatan, karena pada umumnya mulai pukul 14:00 Wita intensitas radiasi matahari berkurang sehingga kalor yang diterima absorber berkurang pula. Hal ini menyebabkan kalor yang diserap air berkurang pula. Namun penurunan kalor yang diserap air pada pipa 7 dapat terlihat jelas terjadi pada pukul 18.00 Wita karena intensitas radiasi matahari sudah tidak ada. Dimana pada kolektor surya absorber batu granit pipa 5 dan pipa 7 hanya menyerap kalor yang masih tersimpan, karena luasan perpindahan panas pada pipa 7 lebih besar maka akan lebih banyak menyerap panas sehingga suhu air keluar pada pipa 7 akan lebih cepat dingin dari pada pipa 5.

Dari gambar diatas, dapat dilihat kalor yang digunakan pada pipa 7 lebih besar dari pada pipa 5. Ini terjadi karena pengaruh

jumlah pipa, dimana jumlah pipa ini mempengaruhi luasan perpindahan panas. Pada absorber dengan jumlah pipa 7 luasannya perpindahan panasnya lebih besar dibandingkan dengan absorber dengan jumlah pipa 5. Oleh sebab itu kalor yang diserap oleh air pada jumlah pipa 7 lebih besar.

Perbandingan (Tabs) dan kerugian kalor (Qloss) antara pipa 5 dan pipa 7 dengan waktu penelitian.

Untuk mengidentifikasi temperatur absorber pada kolektor surya pipa 5 dan pipa 7 pada variasi debit aliran 200 cc/menit dapat dilakukan dengan membuat grafik hubungan antara besar temperatur absorber terhadap jam pengamatan. Dari penelitian didapat grafik hubungan antara waktu pengambilan data dengan besar temperatur absorber antara kedua kolektor.

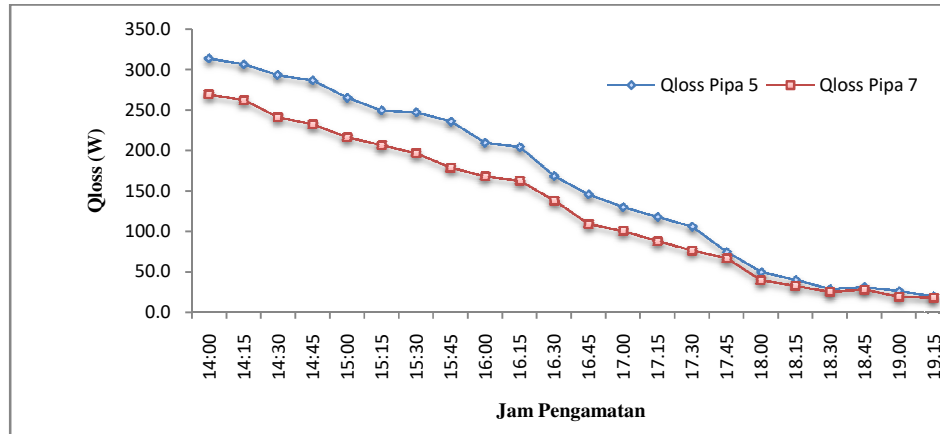


Gambar 6. Hubungan antara besar temperatur absorber dengan jam pengamatan pada kolektor surya pelat datar pipa 5 dan pipa 7 pada debit aliran 200 cc/menit

Dari gambar diatas terlihat penurunan temperatur absorber seiring jam pengamatan, sedangkan perbandingan temperatur absorber dengan jumlah pipa terlihat bahwa pipa 5 memiliki nilai temperatur absorber lebih tinggi dibandingkan pipa 7, ini disebabkan

karena kalor yang digunakan pada pipa 7 lebih besar dari pada pipa 5.

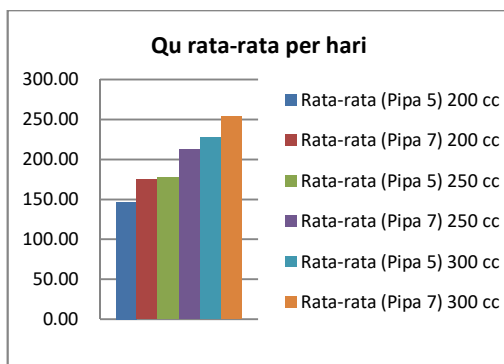
Kerugian kalor pada kolektor surya pipa 5 dan pipa 7 pada variasi debit aliran 200 cc/menit.



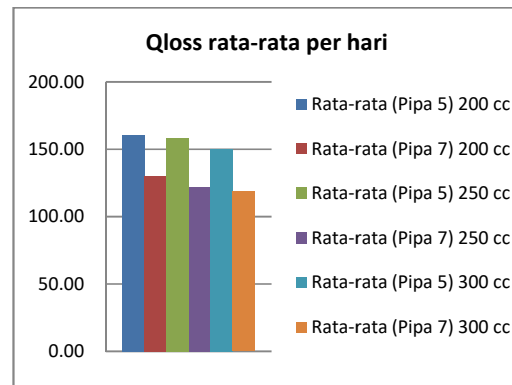
Gambar 7 Hubungan antara kerugian kalor dengan jam pengamatan antara kolektor surya pipa 5 dan kolektor surya pipa 7 pada debit 200 cc/menit.

Pada gambar diatas, terlihat perbedaan kerugian kalor yang dilepas antara kedua kolektor. Kerugian kalor pada kolektor surya pipa 5 lebih besar dibandingkan dengan kolektor surya pipa 7. Hal ini disebabkan karena temperatur absorber pada pipa 5 lebih tinggi dari pipa 7, sehingga kerugian kalor akan lebih besar.

4.1. Perbandingan rata-rata perpindahan kalor perhari untuk debit 200 cc/min, 250 cc/min dan 300 cc/min



Gambar 8. Perbandingan Qu rata-rata perhari untuk pipa 5 dan pipa 7



Gambar 9. Perbandingan Qloss rata-rata perhari untuk pipa 5 dan pipa 7

Pada gambar diatas terlihat semakin tinggi debit maka perpindahan kalor yang diserap oleh air semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin besar debit air yang mengalir maka kalor yang akan diserap dari pipa akan semakin banyak.

Pada gambar diatas terlihat kerugian kalor pada pipa 5 lebih tinggi dari pipa 7. Hal ini disebabkan karena semakin besar temperature absorber maka kerugian kalor akan semakin tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jumlah pipa mempengaruhi besar kecilnya kerugian kalor ke lingkungan, laju perpindahan kalor pada jumlah pipa 7 lebih besar dari pada jumlah pipa 5.
2. Pada debit air yang sama kalor yang tersimpan pada absorber 7 pipa paralel lebih cepat habis daripada pipa 5.
3. Semakin besar debit maka kalor yang diserap oleh air semakin besar, namun sebaliknya semakin besar debit maka kerugian kalor semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tamba, H.N.Y., dan Ary B.K.P., 2012, "Analisa Pengaruh Variasi Diameter Receiver Dan Intensitas Cahaya Terhadap Efisiensi Termal Model Kolektor Surya Tipe Linear Parabolic Concentrating", *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1, (2012) 1-5., Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2]. Sumarsono, M., 2005, "Optimasi Jumlah Pipa-Pemanas Terhadap Kinerja Kolektor Surya Pemanas Air", *Jurnal Ilmiah Teknologi Energi*, Vol.1, No.1, Agustus 2005., Balai Besar Teknologi Energi - BPPT, PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang.
- [3]. Permana, H., dan Nasbey H., 2011, "Preparasi Pengukuran Suhu Kolektor Surya dan Fluida Kerja dengan Datapaq Easytrack2 System", *Jurnal Fisika dan Aplikasinya, FMIPA*, Vol. XI No.1 Mei 2011., p 16-18., Universitas Negeri Jakarta.
- [4]. Jatmiko, H., 2014; *Kajian Eksperimental Penggunaan Absorber Pasir Dan Absorber Batu Granit Terhadap Laju Perpindahan Kalor Yang diterima Air Pada Kolektor Surya Tipe Plat Datar*, Tugas Akhir, Universitas Mataram-Mataram.
- [5]. Wirawan, I.K.G., 1985, "Kolektor Surya Jenis Sirkular Dengan Memanfaatkan Neon Bekas Sebagai Kaca Penutu", *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, Vol. 2 No. 2, Desember 2008 (124 – 60)., Universitas Udayana.
- [6]. Wilis, G.R., 2013, *Pengaruh Bentuk Plat Arbsorber Pada Solar Water Heater Terhadap Efisiensi Kolektor*,
- [7]. Holman, J. P., 1998; *Perpindahan kalor*, penerbit Erlangga, Jakarta.
- [8]. Hariri., 2011; *Kajian Eksperimental Penggunaan Absorber Plat Aluminium Dan Absorber Pasir Terhadap Laju Perpindahan Kalor Yang diterima Air Pada Kolektor Surya Tipe Plat Datar*, Tugas Akhir, Universitas Mataram-Mataram.