

PENGUKURAN LAJU PELEPASAN KALOR SECARA DISKONTINYU PADA TANGKI SOLAR WATER HEATER BERISI AIR DENGAN VARIASI DEBIT AIR 1; 1,5; 2; 2,5 LPM

Muhamad Bagus Ismail^a, Tito Hadji Agung S.^b, Teddy Nurcahyadi^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia.

^abagusismail67@gmail.com, ^btitoahas@yahoo.com, ^cnurcahyadi@gmail.com

Abstract

Solar Water Heater (SWH) is a water heater that relies on solar thermal energy to heat the water. SWH requires Thermal Energy Storage (TES) to store heat energy from the sun. Water is a Sensible Heat Storage (SHS) type. Water has the advantage of being easily available, inexpensive and high conductivity value. Much research has been done on SWH with water as a heat sink, but not much has been discussed about the rate of heat release that occurs in SWH tanks. The purpose of this study was to determine the evolution of the water temperature in the SWH tank, the rate of release of water heat, the rate of decrease in water temperature and the time needed during the process.

The study was discharging discontinuous carried out by flowing water into the tank gradually, that is by flowing every 5 minutes after which it was stopped for 5 minutes with variations of discharge 1; 1,5; 2; 2,5 LPM from the initial temperature of around 70°C in tanks up to 35°C temperature in the reservoir. Data taken during the research are temperature data for each thermocouple point installed.

From the results of the study, it was found that the evolution of the temperature of the water gradually decreased and wavy temperature, so that the longest temperature drop in the middle vertical row thermocouple and the fastest decrease in temperature on the horizontal line thermocouple. The greater the variation of the water discharge, the faster the heat release rate and the time needed for the process. The biggest value of heat release rate is 1007,30 J/s, the biggest decrease in water temperature is 17,53 °C/hour and the fastest time needed is 1 hour 47 minutes 5 seconds.

Keywords: *Solar Water Heater, Thermal Energy Storage, Sensible Heat Storage, discharging discontinuous*

1. Pendahuluan

Semua makhluk hidup di dunia ini sangat membutuhkan air, mulai dari mikroorganisme sampai manusia. Manusia membutuhkan air untuk berbagai kebutuhan, mulai dari minum, mencuci pakaian atau barang-barang lainnya sampai mandi. Manusia mandi menggunakan air dingin atau air panas, tergantung kebutuhan dan keinginan. Di dataran tinggi penggunaan air panas banyak digunakan untuk mandi karena faktor suhu lingkungan yang rendah. Oleh karena itu penggunaan alat pemanas air sangat dibutuhkan. Alat pemanas air ada berbagai jenis, ada pemanas air menggunakan listrik, ada yang menggunakan bahan bakar gas dan ada juga yang menggunakan energi matahari. Jenis-jenis pemanas air tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan baik dalam pembuatannya maupun dalam perawatannya. Tetapi untuk penggunaan dalam jangka panjang dan untuk pengembangan tentang pemanfaatan energi terbarukan *Solar Water Heater* (SWH) merupakan alat yang tepat sebagai pemanas air untuk kebutuhan mandi.

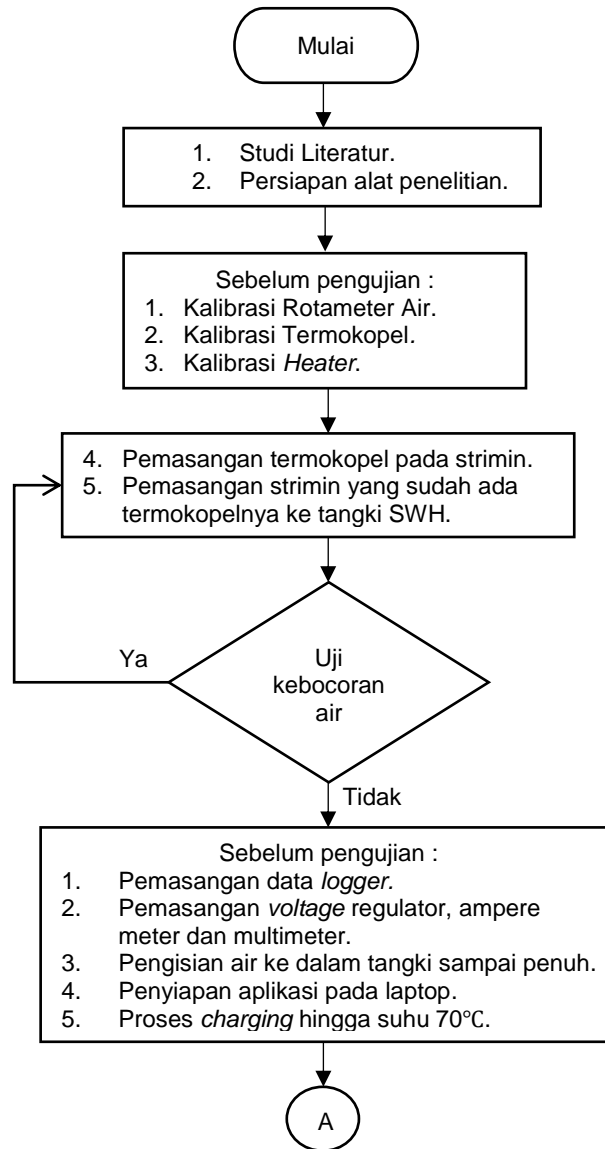
SWH merupakan alat pemanas air yang mengandalkan energi panas matahari untuk memanaskan airnya (Opalsam dan Muin, 2014). SWH sangat cocok diterapkan di Indonesia, karena Indonesia adalah negara tropis. Matahari mengemisikan energi di Indonesia dengan intensitas radiasi rata-rata sebesar 4,5 – 4,8 kWh/m² dan dipancarkan kira-kira selama 10 jam dalam sehari (Yulinanda dkk, 2015). SWH membutuhkan *Thermal Energy Storage* (TES) untuk menyimpan sumber energi panas dari matahari.

Penyimpanan energi bisa dilakukan dalam bentuk panas sensibel, panas laten dan termo kimia (Slanturi dan Ambarita, 2011). Penyimpanan energi thermal SWH yang banyak digunakan adalah air. Air adalah contoh dari penyimpanan energi panas sensibel. Air memiliki keuntungan yaitu mudah didapat dan harganya murah. Selain itu, air memiliki nilai konduktivitas thermal yang tinggi. Pada suhu 25°C air memiliki nilai konduktivitas thermal sebesar 0,607 W/m.K (Cengel, 2003). Perubahan suhu yang terjadi pada air berlangsung lambat, dan hal itu membuat air sebagai penyimpan panas yang baik (Effendi, 2003).

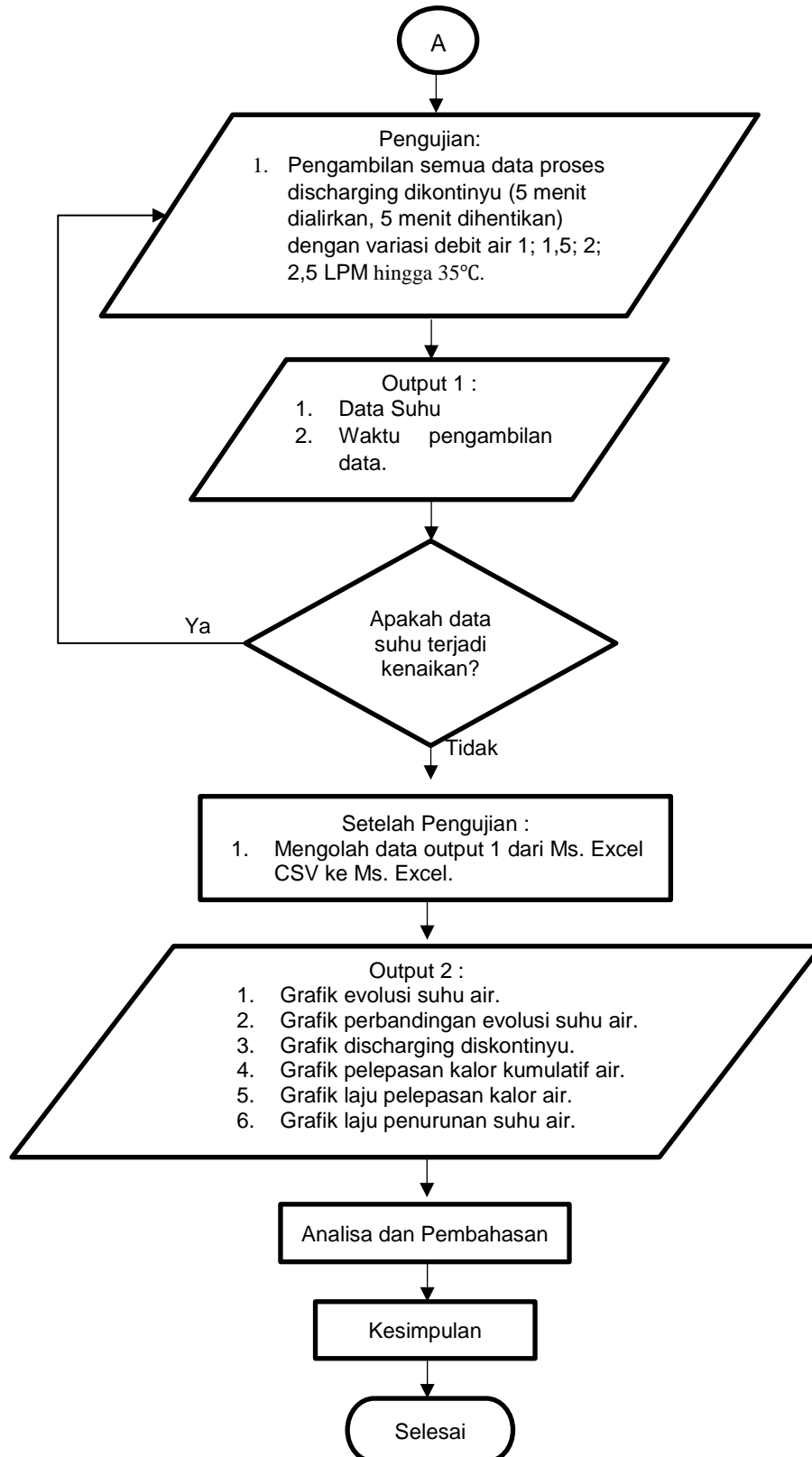
Penelitian SWH dengan air sebagai penyimpan kalornya telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya tetapi masih jarang yang membahas tentang laju pelepasan kalor pada tangki SWH yang berisi air. Contoh yang dilakukan oleh Wirawan dkk (2015) meneliti tentang pengaruh jumlah pipa terhadap laju pelepasan kalor pada kolektor surya absorber batu granit dan yang dilakukan oleh Murot dkk (2016) meneliti tentang pengaruh penambahan tekanan di atas pelat penyerap terhadap kinerja SWH sederhana. Dari kedua penelitian tersebut semuanya membahas tentang pengaruh yang terjadi jika ada penambahan komponen pada SWH, oleh karena itu peneliti ingin meneliti tentang laju pelepasan kalor secara diskontinyu pada tangki SWH berisi air dengan variasi debit 1; 1,5; 2; 2,5 LPM.

Penelitian ini dilakukan dengan cara *discharging* diskontinyu, yang artinya pelepasan kalor yang terjadi pada air dilakukan secara bertahap. Dilakukannya secara bertahap atau diskontinyu untuk mensimulasikan penggunaan air panas untuk mandi secara bergantian dan untuk mengetahui apakah ada kenaikan suhu air yang terjadi pada tangki SWH pada saat jeda atau tidak digunakan. Penelitian ini mengatur debit airnya mulai dari 1 LPM yang artinya permenit menghasilkan 1 liter air. Orang mandi biasanya membutuhkan waktu sekitar 10-20 menit setiap kali mandi. Orang rata-rata menggunakan air bersih untuk setiap kali mandi sekitar 20 liter (Handayani, 2013). Jadi pengaturan debit mulai dari 1 LPM tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mengumpulkan airnya. Ditambahkan variasi debit lainnya untuk mengetahui apakah variasi debit mempengaruhi laju pelepasan kalor pada air. Penelitian ini juga bertujuan sebagai rujukan untuk penelitian lanjutan.

2. Metode Penelitian



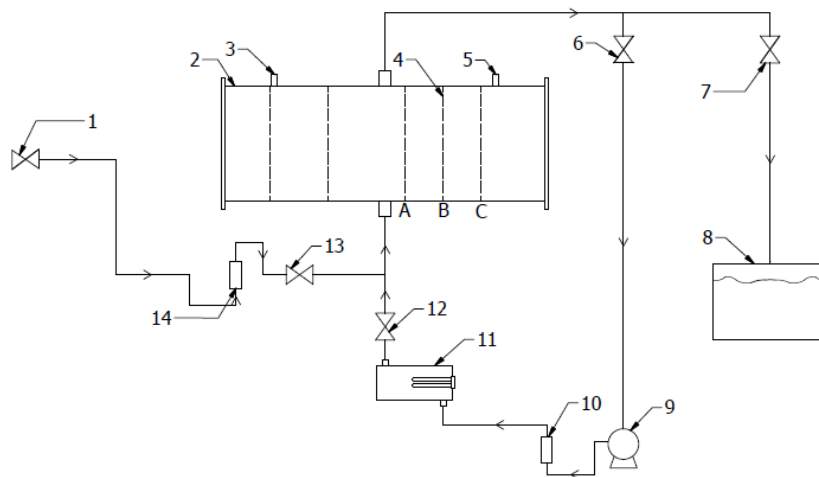
Gambar 1. Diagram Air Penelitian



Gambar 2. Diagram Air Penelitian (Lanjutan)

2.1 Skema Penelitian

Pada Gambar 3. pada saat proses *charging* dimulai dari keran air dinyalakan kemudian air mengisi tangki sampai penuh. Kemudian air tersebut dipanaskan dengan *heater* sampai suhu mencapai 70°C. Air dalam tangki dan *heater* dipompa secara berputar dengan pompa air agar pemanasannya berlangsung secara merata. Setelah itu dilakukan proses *discharging* yang dimulai dari air dari keran dialirkan ke rotameter air dan diatur debitnya. Kemudian melewati *valve* dan masuk ke tangki SWH, setelah masuk lalu keluar melewati pipa di atas tangki dan kemudian melewati *valve* lalu berakhir di bak penampung air dan berhenti sampai suhu mencapai 35°C. Proses *discharging* diskontinyu dilakukan dengan cara 5 menit aliran air dari keran dinyalakan, kemudian 5 menit dihentikan aliran tersebut dengan variasi debit 1; 1,5; 2; 2,5 LPM.



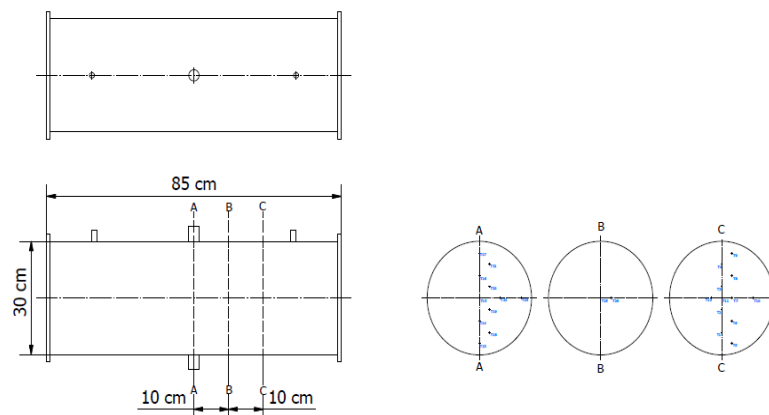
Gambar 3. Skema proses *charging* dan *discharging*

Keterangan nomor pada Gambar 4. :

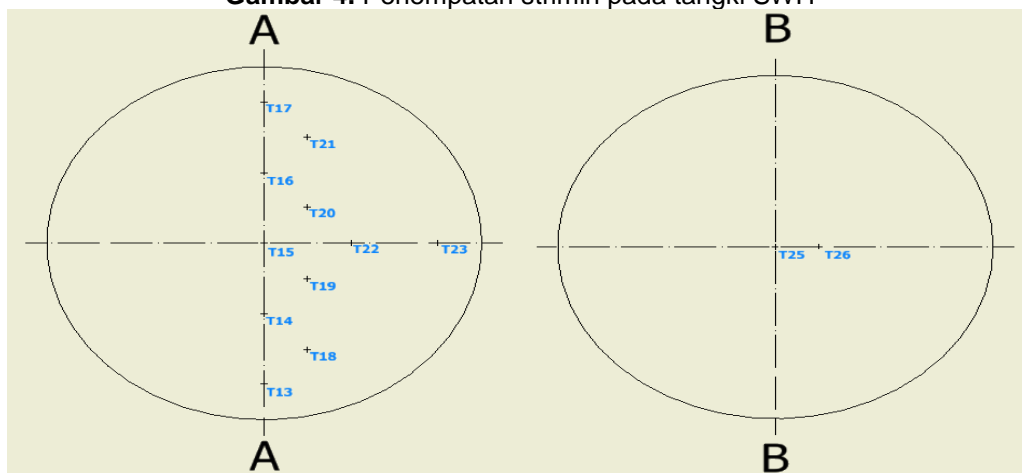
- (1) Keran Air.
- (2) Tangki SWH.
- (3) Lubang Pipa Masuknya Termokopel A.
- (4) Posisi Strimin (A, B dan C).
- (5) Lubang Pipa Masuknya Termokopel B dan C.
- (6) Valve Keluarnya Air Dari Tangki ke Pompa Air.
- (7) Valve Keluarnya Air Dari Tangki ke Bak Penampung Air.
- (8) Bak Penampung Air.
- (9) Pompa Air.
- (10) Rotameter Air 1000 mLPM.
- (11) *Heater*.
- (12) Valve Keluarnya Air Dari *Heater*.
- (13) Valve Masuknya Air ke Tangki.
- (14) Rotameter Air 3 LPM.

2.2 Penempatan Termokopel

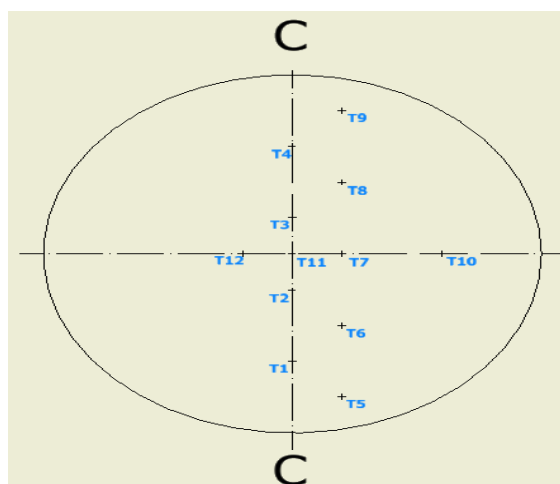
Termokopel dipasang pada strimin dengan cara dijahit dengan panjang 5 cm dan dipasang pada tangki. Penempatan strimin dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun T1 sampai T10 posisinya terletak berada pada penampang A-A, sedangkan T11 sampai T23 berada pada penampang C-C. Posisi T24 dan T30 berada pada pipa keluar dan masuk tangki SWH. T25 dan T26 posisinya sama seperti T11 dan T12 tetapi berada pada penampang B-B. T27 dan T29 berada pada pipa masuk dan keluar *heater*. T28 adalah penampang air output atau suhu pada bak mandi, sedangkan T31 mewakili suhu lingkungan. Posisi termokopel dapat dilihat pada Gambar 5. dan Gambar 6.



Gambar 4. Penempatan strimin pada tangki SWH



Gambar 5. Posisi Termokopel Penampang A-A dan B-B



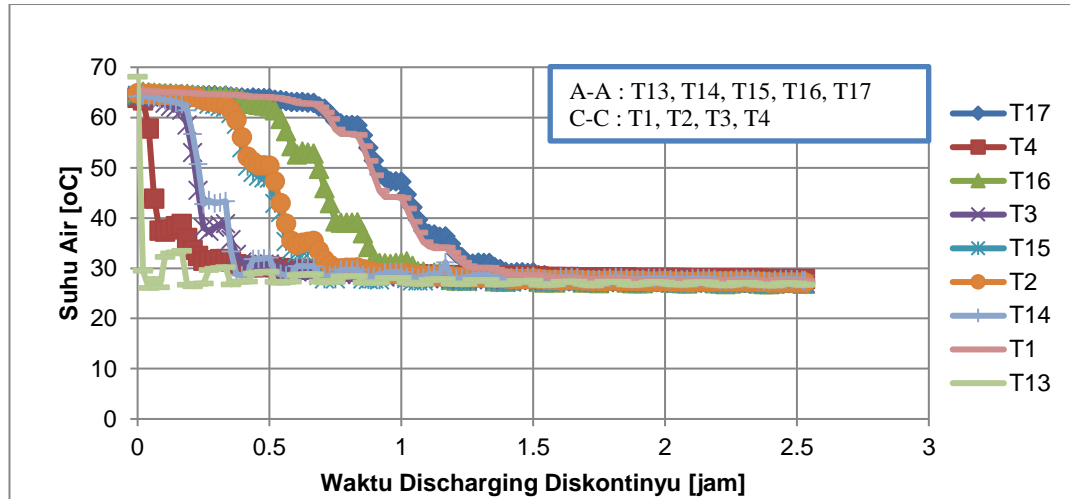
Gambar 6. Posisi Termokopel Penampang C-C

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Evolusi Suhu Air

a. Evolusi Suhu Air Penampang A-A & C-C Baris Vertikal Tengah

Evolusi suhu air yang terjadi pada penampang A-A & C-C baris vertikal tengah merupakan perubahan suhu air yang terjadi di dalam tangki SWH yang posisi termokopelnya terletak pada tengah-tengah tangki dan berada pada garis vertikal.

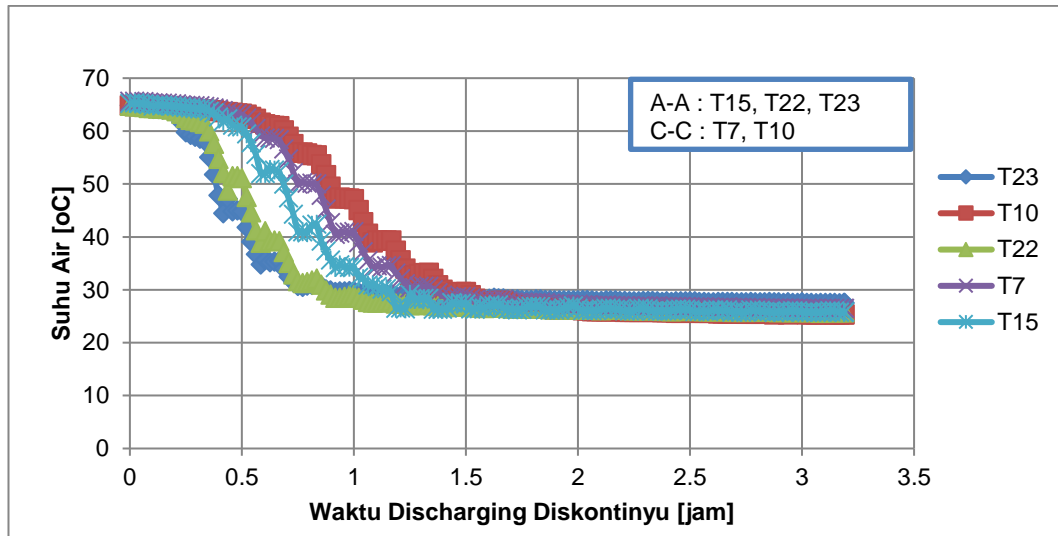


Gambar 7. Grafik Penampang A-A & C-C Baris Vertikal Tengah Debit 1 LPM

Pada grafik Gambar 7. Penurunan suhu paling lambat terjadi pada T17, hal ini disebabkan posisi T17 berada paling atas pada strimin A-A dan di bawah pipa keluar air tangki, sehingga penurunan suhu berjalan lebih lambat. Penurunan paling cepat terjadi pada T13 karena posisinya yang berada paling bawah dan di atas pipa masuk aliran air dari keran, sehingga penurunannya sangat drastis. T3 dan T4 mengalami penurunan suhu yang drastis setelah T13 akibat dari turbulensi yang terjadi di dalam tangki. T14 dan T15 mengalami penurunan suhu lebih dulu dibanding dengan T2 dikarenakan posisi T2 terletak pada penampang C-C sedangkan T14 dan T15 terletak pada penampang A-A yang berada di atas pipa masuk aliran air. Sama halnya T16 dan T1 yang penurunannya lebih cepat T16 karena berada pada penampang A-A. Ketika tangki dialiri air dari keran selama 5 menit grafik akan mengalami penurunan suhu secara drastis, tetapi ketika tangki tidak dialiri air dari keran grafik akan stabil pada suhu tertentu atau bahkan naik kembali.

b. Evolusi Suhu Air Penampang A-A & C-C Baris Horizontal

Evolusi suhu air yang terjadi pada penampang A-A & C-C baris horizontal merupakan perubahan suhu air yang terjadi di dalam tangki SWH yang posisi termokopelnya terletak pada tengah-tengah tangki garis horizontal.

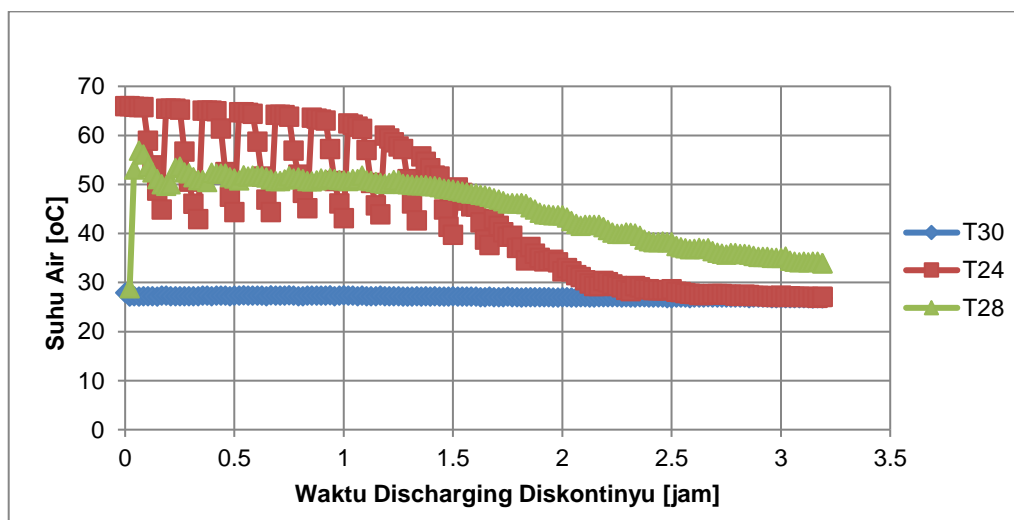


Gambar 8. Grafik Penampang A-A & C-C Baris Horizontal Debit 1 LPM

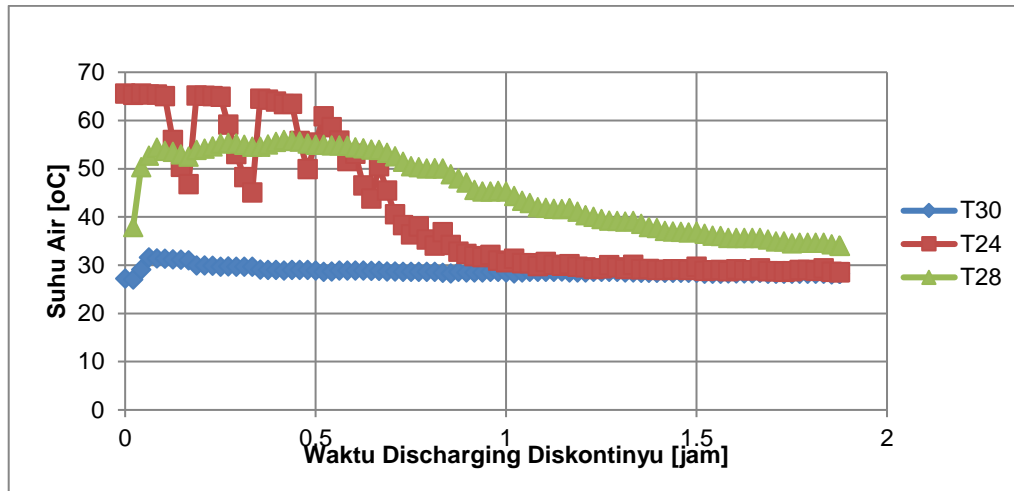
Pada grafik-grafik Gambar 8. menunjukkan bahwa semua penurunan suhu paling cepat terjadi pada T23 dikarenakan akibat dari turbulensi air yang terjadi di dalam tangki sehingga penurunan suhu terjadi di dekat dinding tangki terlebih dahulu kemudian sampai ke tengah yaitu T22 dan ke T15. T10 dan T7 mengalami penurunan lebih lambat karena posisinya berada pada penampang C-C sehingga air dari pipa masuk tangki tidak langsung mengalir ke T10 dan T7. T7 mengalami penurunan suhu lebih cepat dibanding T10 akibat dari turbulensi air yang terjadi di dalam tangki. Sama halnya baris vertikal, pada penampang ini juga penurunannya terjadi ketika 5 menit dialiri air dari keran dan 5 menit tidak dialiri suhunya akan konstan atau bahkan naik lagi tetapi tidak terlalu drastis.

Pada grafik-grafik evolusi tersebut terlihat bahwa pada baris vertikal tengah mengalami penurunan lebih lama dibandingkan baris horizontal. Terbukti pada T17 mengalami penurunan lebih lama dibandingkan dengan T23.

c. Evolusi Suhu Air *Discharging* Diskontinyu



Gambar 9. Grafik *Discharging* Diskontinyu 1 LPM



Gambar 10. Grafik *Discharging* Diskontinyu 2,5 LPM

Pada grafik Gambar 9. dan Gambar 10. Membuktikan bahwa semakin besar variasi debit maka semakin cepat waktu penurunan suhu airnya. T24 mengalami penurunan suhu yang signifikan, tetapi pada saat keran air dimatikan T24 mengalami kenaikan kembali ke suhu sebelumnya, hal tersebut dikarenakan pengaruh dari volume pipa yang kecil sehingga suhu dengan cepat kembali naik.

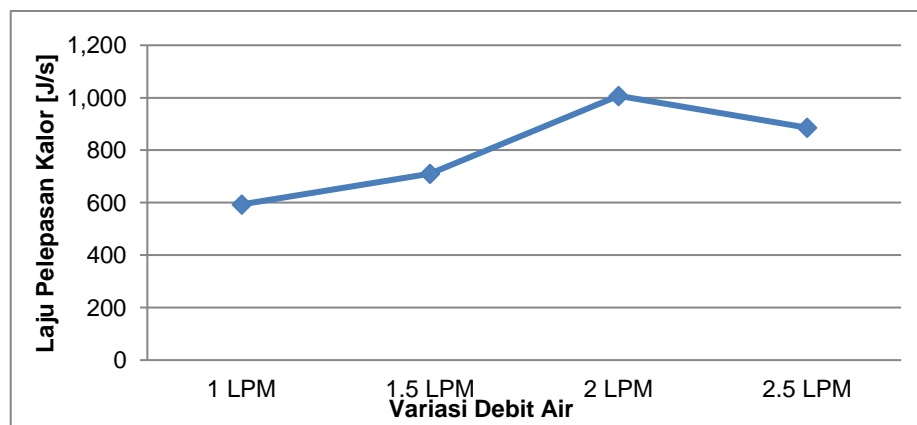
3.2 Laju Pelepasan Kalor Air

Pada variasi debit 1 LPM nilai laju pelepasan kalor dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \dot{Q} &= \frac{Q}{\Delta t} \\
 &= \frac{Q_{\text{kum}}}{t_{\text{total}}} \\
 &= \frac{6.815.830,07 \text{ J}}{11485 \text{ s}} \\
 \dot{Q} &= 593,45 \text{ J/s}
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Nilai Laju Pelepasan Kalor

No.	Variasi Debit (LPM)	Nilai Laju Pelepasan Kalor (J/s)	Waktu Total (Detik)
1.	1	593,45	11485
2.	1,5	710,23	9120
3.	2	1007,30	6425
4.	2,5	885,53	6755



Gambar 11. Grafik Laju Pelepasan Kalor Air

Dari hasil perhitungan laju pelepasan kalor setiap variasi debitnya menunjukkan bahwa besarnya debit yang dialirkan akan mempengaruhi nilai laju pelepasan kalor. Semakin besar variasi debit airnya maka akan semakin besar juga laju pelepasan kalornya. Tetapi pada kasus variasi debit 2,5 LPM yang lebih rendah nilai laju pelepasan kalornya dibandingkan dengan variasi debit 2 LPM. Hal tersebut terjadi karena besarnya aliran air dari keran membuat adanya gelembung-gelembung udara yang masuk ke dalam tangki pada saat variasi debit 2,5 LPM, sehingga air yang keluar ke dalam bak penampung lebih sedikit karena bersamaan dengan gelembung-gelembung udara dari dalam tangki dan turbulensi yang terjadi di dalam tangki juga membuat laju pelepasan kalornya berkurang.

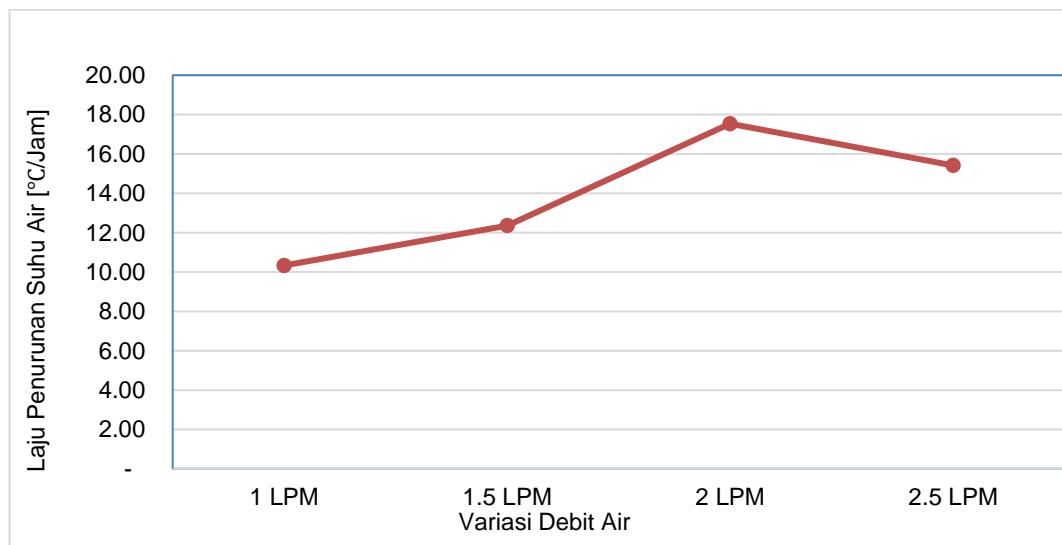
3.3. Laju Penurunan Suhu Air

Pada variasi debit 1 LPM nilai laju penurunan suhu air dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Laju penurunan suhu air} &= \frac{(T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}}) \times 3600}{t_{\text{total}}} \\ &= \frac{(63,61616 - 30,66186) \times 3600}{11485} \\ \text{Laju penurunan suhu air} &= 10,33^{\circ}\text{C}/\text{Jam} \end{aligned}$$

Tabel 2. Nilai Laju Penurunan Suhu Air

No.	Variasi Debit Air (LPM)	T _{awal} (°C)	T _{akhir} (°C)	Waktu Total (Detik)	Laju Penurunan Suhu Air (°C/Jam)
1.	1	63,61616	30,66186	11485	10,33
2.	1,5	64,7692	33,45184	9120	12,36
3.	2	63,60203	32,31065	6425	17,53
4.	2,5	62,26289	32,31065	6755	15,41



Gambar 12. Grafik Laju Penurunan Suhu Air

Dari Gambar 12. tentang grafik nilai dari laju penurunan suhu air setiap variasi debitnya menunjukkan bahwa besarnya debit air yang dialirkan akan mempengaruhi laju penurunan suhunya. Semakin besar debit air yang dialirkan maka semakin besar juga nilai dari laju penurunan suhu airnya. Tetapi pada variasi debit 2,5 LPM nilai laju penurunannya lebih rendah dibandingkan dengan nilai laju penurunannya debit 2 LPM. Hal tersebut terjadi karena pada proses *discharging* diskontinyu debit 2,5 LPM mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang masuk ke dalam tangki yang berasal dari aliran dari keran karena besarnya aliran yang dikeluarkan. Sehingga pada proses keluarnya air dari dalam tangki ke bak penampungan tidak bisa maksimal karena bersamaan dengan gelembung-gelembung udara yang ada. Turbulensi yang terjadi di dalam tangka karena besarnya debit yang dialirkan juga mempengaruhi hal tersebut.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Evolusi suhu air yang terjadi pada tangki SWH saat proses discharging secara bertahap dengan variasi debit air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM menunjukkan penurunan suhu secara bergelombang pada setiap grafiknya. Hal tersebut karena proses discharging secara bertahap yang membuat grafiknya bergelombang. Pada saat 5 menit dialirkan air dari keran akan terjadi penurunan suhu secara derastis dan pada saat dihentikan penurunannya akan stabil atau bahkan akan naik kembali. Penurunan suhu air tercepat terjadi pada posisi termokopel baris horizontal sedangkan penurunan suhu terlama terjadi pada posisi termokopel baris vertikal tengah.
2. Hasil laju pelepasan kalor variasi debit 1 LPM sebesar 593,45 J/s, variasi debit 1,5 LPM sebesar 710,23 J/s, variasi debit 2 LPM 1007,30 J/s dan variasi debit 2,5 LPM sebesar 885,53 J/s.
3. Hasil dari laju penurunan suhu air pada variasi debit 1 LPM sebesar 10,33°C/jam, variasi debit 1,5 LPM sebesar 12,36°C/jam, variasi debit 2 LPM sebesar 17,53°C/jam dan variasi debit 2,5 LPM sebesar 15,41°C/jam.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk proses discharging diskontinyu dengan suhu akhir 35°C pada variasi debit 1 LPM sebesar 3 jam 11 menit 25 detik, variasi debit 1,5 LPM sebesar 2 jam 32 menit, variasi debit 2 LPM sebesar 1 jam 47 menit 5 detik dan variasi debit 2,5 LPM sebesar 1 jam 52 menit 35 detik.

Daftar Pustaka

- Astra, I. M. (2010). Energi dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 11 No. 2, 131-139.
- Cabeza, L., Castell, A., Barreneche, C., Garcia, A., & Fernandez, A. (2011). Materials Used as PCM in Thermal Energy Storage in Buildings: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1675–1695.
- Cengel, Y. (2003). *Heat Transfer A Practicaol Approach*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- Dwivedi, V. (2009). Thermal Modelling and Control of Domestic Hot Water Tank. *Thesis. University of Strathclyde Engineering, Glasgow*.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius (Anggota IKAPI).
- Garnier, C., Currie, J., & Muneer, T. (2009). Integrated Collector Storage Solar Water Heater: Temperature Stratification. *Applied Energy*, 1465–1469.
- Ginting, E. (2018). STUDY EXPERIMENTAL OPTIMASI Pemanas Air Tenaga Surya Menggunakan Refrigeran R-718 Untuk Memanaskan 120 Liter Air. *Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Handayani, D. S. (2013). Kajian Pustaka Potensi Pemanfaatan Greywater Sebagai Air Siram WC dan Air Siram Tanaman di Rumah Tangga. *Jurnal Presipitasi*, Vol. 10 No. 1, 41-50.
- Kholifudin, M. Y. (2017). Metode Grafik; Solusi Problematika Azaz Black. *JRKPF UAD*, Vol. 4 No. 2, 54-59.
- Kristian, R., Safitra, A., & Nurisma, R. (2017). Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan debit Aliran Pada Efisiensi Termal Solar Water Heater Dengan Penambahan Finned Tube. *Prosiding SNST Ke-8*, 52-57.
- Lefebvre, D., & Tezel, F. (2017). A Review of Energy Storage Technologies with a Focus on Adsorption Thermal Energy Storage Processes for Heating Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116-125.
- Mehmet, E., & Hikmet, E. (2005). Experimental Investigation of a Two-Phase Closed Thermosyphon Solar Water Heater. *Solar Energy*, 459-468.
- Murot, M., Suyatno, A., & Fuhaid, N. (2016). Pengaruh Penambahan Tekanan di Atas Pelat Penyerap Terhadap Kinerja Solar Water Heater Sederhana. *Widya Teknika*, Vol. 24 No. 2, 20-32.
- Nurhalim, I. (2010). Rancang Bangun dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine pada Split Air Conditioning Water Heater. *Skripsi. Universitas Indonesia, Depok*.
- Ocsirendi, Dwisaputra, I., Yusuf, M., & Rahmi, I. (2018). Rancang Bangun Solar Water Heater Dengan Kolektor Pelat Datar Berbentuk Spiral Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Manutech*, Vol. 10 No. 2, 50-69.
- Opalsam, & Muin, A. (2014). Kaji Eksperimental Sistem Pemanasan Penampung Air Menggunakan Cermin Datar Sebagai Reflektor Energi Matahari. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, Vol. 2 No. 2, 148-156.
- Pikra, G., & Salim, A. (2011). Perbandingan Desain Thermal Storage Tipe Sensibel dan Laten Pada Sistem Pembangkit Listrik Matahari. *Seminar Nasional Fisika*, 981-987.

- Puteri, M. D. (2016). Uji Nilai Kalor Bahan Bakar Solar Terhadap Perubahan Suhu dan Pengadukkan Menggunakan Metode Kalorimeter Bom. *Skripsi. Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Putra, N., Winarta, A., & Amin, M. (2015). Uji Eksperimental Kinerja PCM Beeswax Sebagai Thermal Storage pada Aplikasi Pemanas Air Domestik. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV*.
- Regin, A., Solanki, S., & Saini, J. (2006). Latent Heat Thermal Energy Storage Using Cylindrical Capsule: Numerical and Experimental Investigations. *Renewable Energy, 2025–2041*.
- Rusadi. (2017). Pengaturan Laju Aliran Fluida Untuk Meningkatkan Laju Perpindahan Panas Pada Solar Water Heater di Kota Pontianak. *Jurnal ELKHA, Vol. 9 No. 1, 8-12*.
- Sharma, A., Tyagi, V., Chen, C., & Buddhi, D. (2009). Review on Thermal Energy Storage with Phase Change Materials and Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 318–345*.
- Slanturi, A., & Ambarita, H. (2012). Studi Pemanfaatan Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Kotak Sederhana Yang Dilengkapi Thermal Storage Solar Water Heater. *Jurnal Dinamis, Vol. 1 No. 11, 27-36*.
- Sidopekso, S. (2011). Studi Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Pemanas Air. *Berkala Fisika, Vol. 14 No. 1, 23-26*.
- Struckmann, F. (2008). Analysis of a Flat-plate Solar Collector. *Heat and Mass Transport*.
- Sudrajat, S., & Santosa, I. (2014). Perancangan Solar Water Heater Jenis Plat Datar Temperatur Medium Untuk Aplikasi Penghangat Air Mandi. *Jurnal Teknologi, Vol. 7 No. 2, 118-127*.
- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material yang Berbeda. *Jurnal Dinamika, Vol. 07 No. 1, 62-73*.
- Susana, T. (2003). Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI, Jakarta, Vol. XXVIII No. 3, 17-25*.
- Wirawan, M., Mirmanto, & Sutanto, R. (2015). Pengaruh Jumlah Pipa Terhadap Laju Pelepasan Kalor Pada Kolektor Surya Absorber Batu Granit. *Dinamika Teknik Mesin, Vol. 5 No. 2, 90-96*.
- Yulinanda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Pengabdian LPPM Untag Surabaya, 01(02): 193-202*.