

STUDI PENDINGIN EVAPORATIF UNTUK PENDINGINAN AIR

STUDY OF EVAPORATIVE COOLING FOR WATER COOLER

Benny Sarihot Tua Silalahi¹, Tri ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng², M.Ramdlan kirom, S.Si., M.T³

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

¹silalahibenny@gmail.com, ²tri.ayodha@gmail.com, ³jakasantang@gmail.com

Abstrak

Pendingin evaporatif merupakan proses pendinginan yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air. Pendingin evaporatif pada penelitian ini digunakan untuk mendinginkan air pada wadah stainless steel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan arah aliran udara masuk terhadap penyerapan kalor yang terjadi pada pendinginan air dengan memanfaatkan efek pendingin evaporatif. Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen pada wadah stainless steel dengan diameter 10cm dan tinggi 10 cm dengan ketebalan 3 mm yang berisi air dan dilapisi dengan kain basah. Variabel penelitian adalah arah aliran udara masuk dengan variasi secara horizontal dan vertikal terhadap wadah air. Kecepatan angin fan sebesar 3,3 m/s. Data yang diambil meliputi data temperatur air dan temperatur lingkungan. Data-data tersebut digunakan untuk menghitung besar penyerapan kalor yang terjadi pada air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arah aliran udara masuk terhadap wadah air berpengaruh terhadap penyerapan kalor yang terjadi. Pada arah aliran udara masuk secara horizontal terhadap wadah air mempunyai penyerapan kalor sebesar 2,016 watt lebih tinggi dibandingkan dengan arah aliran udara masuk secara vertikal terhadap wadah yang hanya mempunyai penyerapan kalor sebesar 1,792 watt.

Kata kunci : Pendingin Evaporatif, tidak langsung, kalor penyerapan

Abstract

Evaporative cooling is a process that carried out by connecting directly between air and water vapor. An evaporative cooler in this case to cooling the air in a stainless steel vessel. Evaporative cooling is a process that resulting a change from the sensible heat to latent heat because of allowed direct contact between the air and water vapor. The objective of this research is to know the influence of the difference between incoming airflow direction to the heat absorption which occurs on water-cooling by utilizing the effect of evaporative cooling. This research was conducted by experiment on stainless steel vessel with 10cm of height, 10cm of diameter and 3mm of thickness which is filled by water and coated with wet cloth. The research variable is the direction of airflow with variation horizontally and vertically to water vessel. Wind fan speed is 3.3 m / s. The required data are water temperature and ambient temperature data. The data is used to calculate the amount of heat absorption that occurs in water. The results of this research shows that the direction of the airflow that enter the water vessel give an effect on the absorption of heat that occurs. In the direction of the airflow vertically to the water vessel, the heat absorption is 2,016 watt, higher than the direction of the airflow vertically to the vessel which has only 1,792 watt of heat absorption.

Keywords: *Evaporative cooling, indirect, heat absorbtion*

1. Pendahuluan

Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, refrigerasi sangat berperan penting dalam kehidupan sehari-hari. Refrigerasi dalam pengaplikasiannya sudah banyak diterapkan dalam bangunan dan pengawetan makanan. Peralatan ini memiliki berbagai jenis seperti *air conditioner (AC)*, *chiller*, *cooling tower*, dan juga kulkas. Saat ini, umumnya di rumah-rumah, apartemen dan hotel menggunakan kulkas untuk kebutuhan penyimpanan bahan makanan dan minuman. Namun, penggunaan kulkas sebagai pendingin diiringi dengan penggunaan bahan kimia yang berbahaya. Hal ini disebabkan karena didalam kulkas terdapat komponen yang tidak ramah lingkungan yaitu freon. Zat kimia tersebut dapat mengikis lapisan ozon dengan cara mengikat molekul atomnya sehingga lama-kelamaan, lapisan ozon akan hilang dan pancaran sinar ultra violet akan semakin mudah masuk, dengan demikian panas bumi akan meningkat [1]. Oleh sebab itu, dibutuhkan jenis mesin pendingin pengganti yang lebih ramah lingkungan dan hemat energi, salah satunya yaitu pendinginan dengan sistem *evaporative cooling*.

Secara sederhana *evaporative cooling* bekerja dengan menguapkan air ke udara, selama penguapan berlangsung sistem tersebut harus menyerap panas yang berasal dari udara masuk yang bersentuhan dengan air. Sebagian panas diserap oleh air dan udara menjadi dingin [2]. Secara umum ada dua tipe pendingin evaporatif (*evaporative cooling*), yaitu pendingin evaporatif langsung dan pendingin evaporatif tidak langsung [3]. Fungsi utama dari *evaporative cooling* adalah menurunkan temperatur dan meningkatkan kelembaban relatif udara sekitar sebelum masuk ke dalam ruang simpan dengan melewatkannya pada media basah yang berfungsi sebagai media pendingin [4].

Pada studi sebelumnya menunjukkan COP tertinggi yaitu 2.973 terjadi pada arah dan kecepatan aliran udara yaitu 900 dan 3,4 m/s dengan temperatur ruangan tertutup 280°C-290°C dalam keadaan *steady state* menjadi kinerja *evaporative cooling* yang paling baik [5].

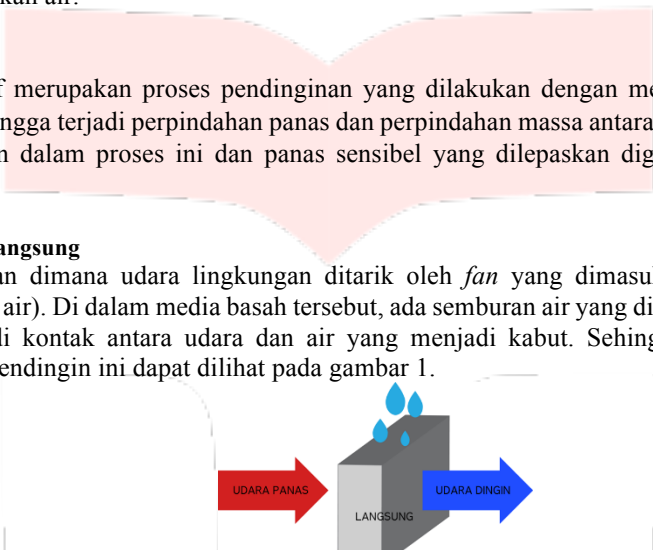
Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah sistem pendingin berbasis *evaporative cooling* dan akan digunakan untuk mendinginkan air. Adapun tujuan yang ingin diperoleh pada penelitian ini adalah untuk mengetahui penyerapan kalor yang terjadi pada wadah pendinginan air sebagai variasi mengubah arah aliran udara masuk terhadap pendingin evaporatif untuk mendinginkan air.

2. Dasar Teori

Pendinginan evaporatif merupakan proses pendinginan yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan air sehingga terjadi perpindahan panas dan perpindahan massa antara keduanya. Temperatur bola kering udara akan menurun dalam proses ini dan panas sensibel yang dilepaskan digunakan untuk menguapkan sebagian butiran air[2].

2.1 Pendingin Evaporatif Langsung

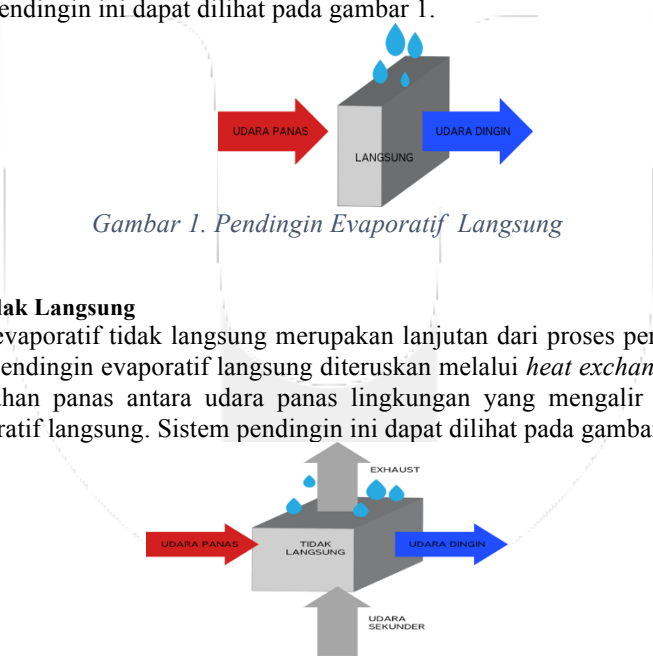
Proses pendinginan dimana udara lingkungan ditarik oleh *fan* yang dimasukan melewati media basah (*cooling pad* atau semburan air). Di dalam media basah tersebut, ada semburan air yang disemprotkan melalui *sprayer* yang mengakibatkan terjadi kontak antara udara dan air yang menjadi kabut. Sehingga, terjadi penguapan dan pendinginan. Sistem pada pendingin ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pendingin Evaporatif Langsung

2.2 Pendingin evaporatif Tidak Langsung

Proses pendingin evaporatif tidak langsung merupakan lanjutan dari proses pendingin evaporatif langsung yaitu keluaran dari proses pendingin evaporatif langsung diteruskan melalui *heat exchanger*. *Heat exchanger* adalah tempat terjadinya perpindahan panas antara udara panas lingkungan yang mengalir dengan udara dingin yang dihasilkan pendingin evaporatif langsung. Sistem pendingin ini dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Pendingin Evaporatif Tidak Langsung

2.3 Kalor Sensibel Air

Kalor adalah salah satu bentuk energi. Jika suatu zat menerima atau melepaskan kalor, maka ada dua kemungkinan yang akan terjadi. Pertama adalah terjadinya perubahan temperatur dari zat tersebut, kalor seperti ini disebut dengan kalor sensibel (*sensible heat*) dan yang kedua adalah terjadi perubahan fase zat, kalor jenis ini disebut kalor laten (*latent heat*). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, apabila suatu zat menerima kalor sensibel maka akan mengalami peningkatan temperatur, namun jika zat tersebut melepaskan kalor sensibel maka akan mengalami penurunan temperatur. Persamaan kalor sensibel adalah sebagai berikut :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \tag{1}$$

2.4 Perpindahan Kalor Konduksi

Proses perpindahan kalor tanpa diikuti oleh perpindahan dari molekul benda tersebut. Perpindahan kalor secara konduksi terjadi dari energi besar menuju ke energi yang rendah. Berikut ini laju perpindahan panas berdasarkan hukum *Fourier*:

$$Q = -KA \frac{dT}{dX} \tag{2}$$

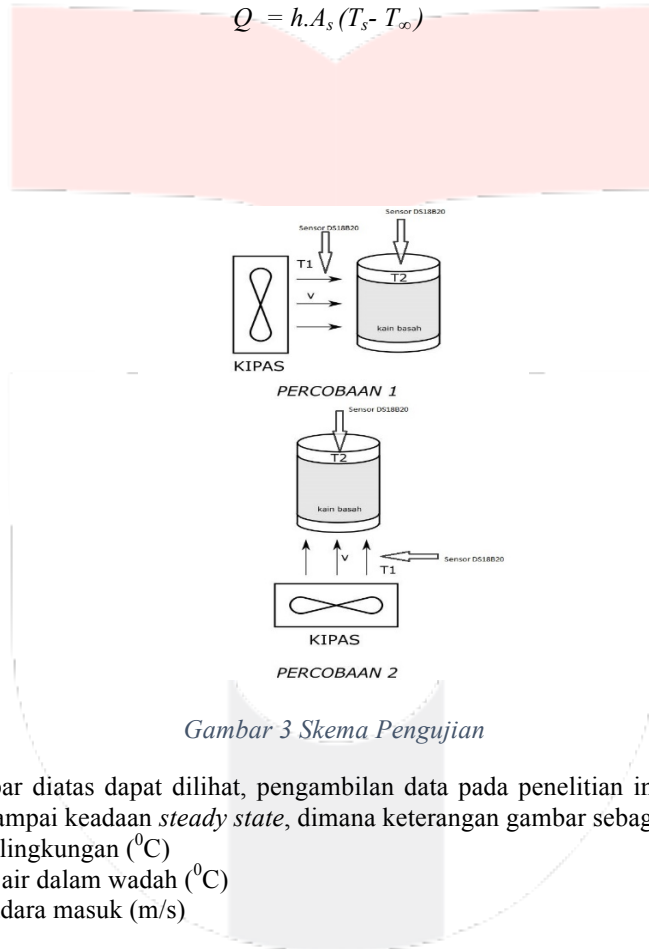
2.5 Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan kalor yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas) [7]. Secara matematis, perpindahan kalor secara konveksi dapat dituliskan dengan cara :

$$Q = h \cdot A_s (T_s - T_\infty) \tag{3}$$

3. Pembahasan

3.1 Metodologi Penelitian



Pada sketsa gambar diatas dapat dilihat, pengambilan data pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali percobaan yang berbeda sampai keadaan *steady state*, dimana keterangan gambar sebagai berikut :

- T₁ = Temperatur lingkungan (°C)
- T₂ = Temperatur air dalam wadah (°C)
- v = Kecepatan udara masuk (m/s)

3.2 Pengolahan Data

Uji coba dan pengambilan data pada penelitian ini adalah menggunakan air yang dimasukkan ke wadah yang berukuran (10x10) cm yang didinginkan dengan menggunakan kipas atau *fan* sampai menjadi air dingin. Hal ini dilakukan untuk mempercepat penguapan air pada aliran udara. Oleh sebab itu, percobaan ini dilakukan dengan mengukur perubahan temperatur, kelembaban, dan kecepatan kipas untuk mendapatkan air yang dingin. Untuk pengambilan data pada penelitian dilakukan tiap jam dari pukul 13.00 sampai 18.00 WIB yang langsung direkam pada laptop.

Cara pengambilan data :

1. Pengambilan data kecepatan udara masuk menggunakan anemometer,
2. Letakkan sensor temperatur DS18B20 diantara kipas dan wadah *stainless steel* untuk diambil data temperatur T₁ sampai keadaan *steady state*,

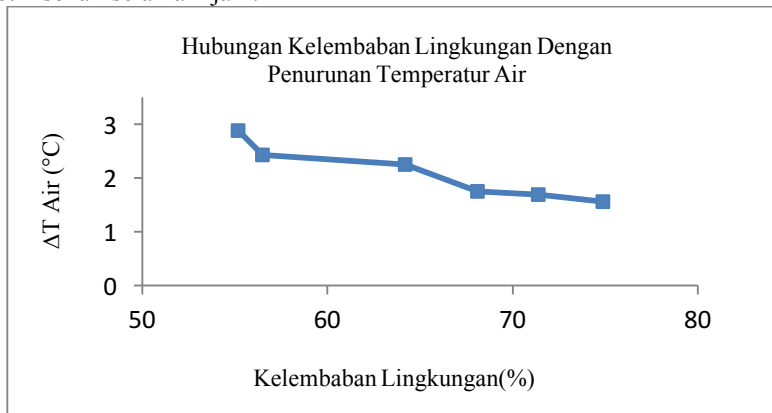
3. Masukkan sensor temperatur DS18B20 ke dalam wadah *stainless steel* untuk diambil data temperatur T_2 sampai keadaan *steady state*,
4. Pengambilan data kelembaban dengan anemometer,
5. Sensor temperatur DS18B20 ini ditampilkan pada laptop menggunakan aplikasi arduino,
6. Ulangi langkah di atas untuk arah aliran udara secara Horizontal dan arah aliran udara secara Vertikal, dan
7. Selesai.

Dari data yang telah di dapat, maka dapat dilakukan analisis dengan membandingkan nilai dari temperatur dengan arah angin yang berbeda, untuk meningkatkan laju penguapan air di udara untuk pendinginan. Besarnya kalor yang masuk ke air dihitung dengan persamaan:

$$q_w = m \cdot C_p \cdot \frac{(T_i - T_0)}{t} \tag{4}$$

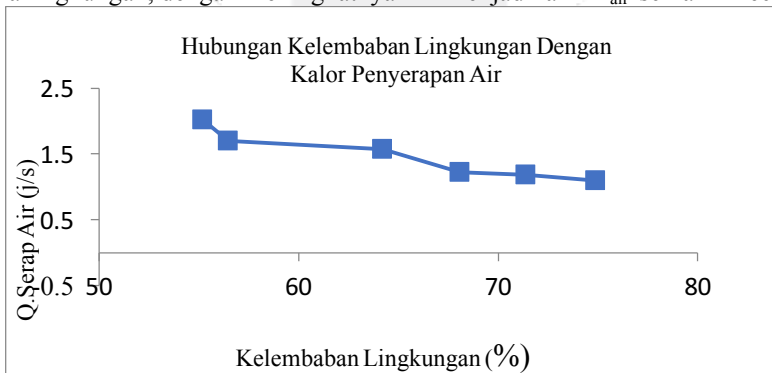
3.3 Hasil Pengujian Dengan Arah Udara Masuk Secara Horizontal

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai selisih temperatur awal air dan temperatur akhir air dengan arah udara secara horizontal. Pengujian dilakukan mulai dari jam 13.00 sampai dengan 18.00 WIB setiap 1 jam karena diasumsikan sebagai waktu yang cukup untuk terjadinya penurunan temperatur air. Pada penelitian ini, temperatur dan kelembaban relatif udara lingkungan tidak dikondisikan sehingga nilainya tergantung pada kondisi lingkungan saat itu. Massa air yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 600 g dengan kecepatan udara masuk 3,3 m/s. Data diperoleh setiap 30 detik sekali selama 1 jam.



Gambar 4 Grafik Hubungan Kelembaban Lingkungan Dengan Penurunan Temperatur Air

Pada gambar 4 di atas, hasil pengujian penurunan temperatur air selama percobaan menunjukkan bahwa adanya perubahan pada temperatur air setelah melewati proses pendinginan dimana penurunan temperatur air tertinggi adalah sebesar 2,88°C dan penurunan temperatur terendah sebesar 1,56 °C. Pada penelitian ini, kenaikan nilai kelembaban lingkungan diikuti dengan penurunan ΔT_{air} . Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari ΔT_{air} dipengaruhi oleh kelembaban udara lingkungan, dengan meningkatnya RH menjadikan ΔT_{air} semakin kecil.

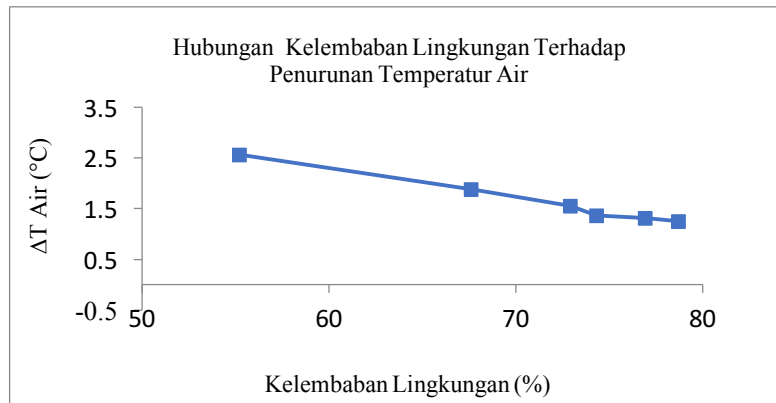


Gambar 5 Grafik Hubungan Kelembaban Lingkungan Dengan Kalor Penyerapan Air

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa kalor penyerapan tertinggi terjadi pada jam pertama pengujian dengan kelembaban udara 55,2% yaitu 2,016 Watt, sedangkan yang terendah terjadi pada jam terakhir pengujian sebesar 1,092 Watt. Pada grafik terlihat bahwa perbedaan kelembaban lingkungan berpengaruh terhadap besarnya nilai kalor penyerapan. Semakin besar nilai kelembaban lingkungan maka nilai kalor penyerapan akan semakin kecil.

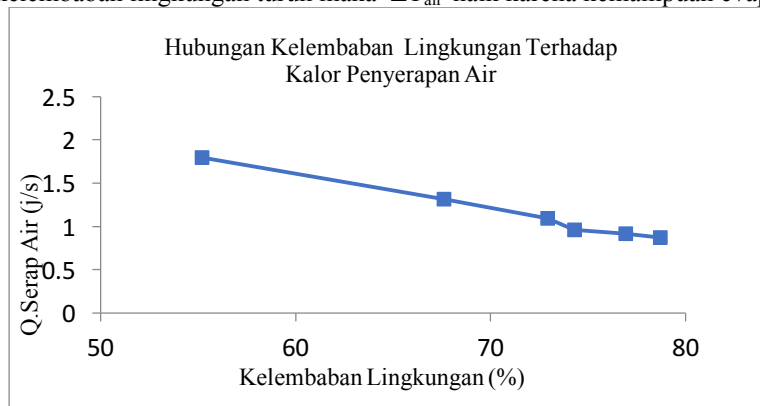
3.4 Hasil Pengujian Dengan Arah Udara Masuk Secara Vertikal

Pengujian dilakukan untuk memperoleh selisih temperatur awal air dan temperatur akhir air dengan arah udara masuk secara vertikal. Pengujian dilakukan mulai dari jam 13.00 sampai dengan 18.00 WIB setiap 1 jam karena diasumsikan merupakan rentang waktu yang cukup untuk terjadinya penurunan temperatur air. Massa air yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 600 g dengan kecepatan udara masuk 3,3 m/s. Data diperoleh setiap 30 detik selama 1 jam.



Gambar 6 Grafik Hubungan Lingkungan Dengan Penurunan Temperatur Air

Pada gambar 6, dapat dilihat bahwa penurunan temperatur air tertinggi terjadi pada percobaan dengan nilai kelembaban lingkungan 55,2 % yaitu sebesar 2,56 °C sedangkan penurunan temperatur air terendah yaitu sebesar 1,25 °C dengan kelembaban lingkungan 78,7%. Saat kelembaban lingkungan naik maka ΔT_{air} turun yaitu disebabkan evaporasi turun. Saat kelembaban lingkungan turun maka ΔT_{air} naik karena kemampuan evaporasi meningkat.



Gambar 7 Grafik Hubungan Kelembaban Lingkungan Dengan Kalor Penyerapan

Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa kalor penyerapan tertinggi terjadi pada pengujian pertama dengan kelembaban udara 55,2% yaitu 1,792 Watt, sedangkan yang terendah terjadi pada jam terakhir pengujian yaitu 0,875 Watt. Pada grafik terlihat bahwa perbedaan kelembaban lingkungan berpengaruh terhadap besarnya nilai kalor penyerapan. Semakin besar nilai kelembaban lingkungan maka nilai kalor penyerapan akan semakin kecil. Begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai kelembaban lingkungan maka nilai kalor penyerapan akan semakin besar.

3.4 Analisis

Setelah dilakukan percobaan pada sistem dengan arah aliran udara masuk secara horizontal dan vertikal, maka diperoleh data sebagai berikut.

Table 1 Data Hasil Pengujian Dengan Arah Aliran Udara Masuk Secara Horizontal Dan Vertikal

Percobaan	Arah Horizontal		Arah Vertikal	
	ΔT Air ($^{\circ}C$)	Qserap (watt)	ΔT Air ($^{\circ}C$)	Qserap (watt)
1	2.88	2.016	2.56	1.792
2	2.43	1.701	1.88	1.316
3	2.25	1.575	1.56	1.092
4	1.75	1.225	1.37	0.959
5	1.69	1.183	1.31	0.917
6	1.56	1.092	1.25	0.875

Dari tabel 4.5 pada percobaan dengan kondisi arah aliran udara masuk secara horizontal diperoleh kalor penyerapan air tertinggi sebesar 2,016 watt. Sedangkan pada percobaan dengan kondisi arah aliran udara masuk secara vertikal diperoleh kalor penyerapan air tertinggi sebesar 1,792 watt. Hal tersebut menunjukkan bahwa kalor penyerapan air dengan arah aliran udara masuk secara horizontal lebih baik dibandingkan dengan kalor penyerapan air dengan arah aliran udara masuk secara vertikal.

Pada percobaan dengan arah aliran udara masuk secara horizontal diperoleh penurunan temperatur air tertinggi sebesar $2.88^{\circ}C$, sedangkan pada percobaan dengan arah aliran udara masuk secara vertikal diperoleh penurunan temperatur air sebesar $2.56^{\circ}C$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa selisih penurunan temperatur air juga mempengaruhi besarnya nilai kalor penyerapan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa arah aliran udara mempengaruhi kalor penyerapan air, dimana kalor penyerapan air tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini terjadi pada arah aliran udara masuk secara horizontal sebesar 2,016 sedangkan secara vertikal nilai kalor penyerapan tertingginya yaitu 1,792 Watt. Artinya penyerapan kalor yang paling baik yaitu dengan udara masuk secara horizontal terhadap wadah.
2. Penurunan temperatur air terhadap arah aliran udara masuk secara horizontal menunjukkan penurunan temperatur tertinggi yaitu sebesar $2,88^{\circ}C$, sedangkan secara vertikal penurunan temperatur tertinggi yang diperoleh yaitu $2,56^{\circ}C$.

Daftar Pustaka:

- [1] Menteri Perindustrian. 2007. Dampak Freon AC Terhadap Ozon. Menteri Perindustrian. Jakarta.
- [2] Watt,R. 1986. *Evaporative Cooling Handbook, 2nd edition*. New- York.
- [3] Wang, S.K. (2000). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration, 2nd edition*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] Sunarwo.(2011). Pembuatan dan Pengujian Evaporative Cooling. Jurnal Teknik Energi, Volume 7. Politeknik Negeri Semarang.
- [5] Ajiwiguna, Tri Ayodha. (2017). *Effect of Air Velocity and Direction for Indirect Evaporative Cooling in Tropical Area*. Jurnal of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 211.
- [6] Holman, J.P (1994). Perpindahan Kalor, Edisi Keenam. Alih Bahasa Ir. E. Jasjfi, Msc, Erlangga, Jakarta: Penerbit Erlangga