

PEMBUATAN AIR HANDLING UNIT (AHU) UNTUK ALAT PERAGA SISTEM HVAC
(HEATING, VENTILATION, & AIR-CONDITIONING)

MAKING AIR HANDLING UNITS (AHU) FOR HVAC SYSTEMS (HEATING,
VENTILATION & AIR-CONDITIONING)

Vassero Ghaniy Mochammad¹, Tri Ayodha Ajiguna², Amaliyah R. I. U.³
Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
²tri.ayodha@gmail.com

Abstrak

Heating, Ventilation, and Air-Conditioning (HVAC) adalah suatu sistem yang berfungsi mengatur suhu, kelembaban, dan pendistribusian udara. Bagian sistem HVAC yang dinamakan Air Handling Unit (AHU) yang berfungsi sama dengan indoor unit pada sistem Air-Conditioning Split. Chilled Water - Cooling Water System adalah salah satu sistem HVAC untuk skala yang cukup besar, sampai sejauh ini belum ada yang membuat sistem ini dalam ukuran kecil sebagai keperluan akademik. AHU yang dibuat terdiri dari Coil dengan bahan Tembaga dan plat berbahan Aluminium yang didinginkan oleh sisi dingin TEC dengan tipe Multipass Plate Exchanger. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kinerja AHU dengan menggunakan 2 fluida yaitu udara dan air. Laju aliran udara massa sebesar 0.081 kg/s dan laju aliran massa air sebesar (0.025, 0.017, dan 0.011) kg/s maka kinerja AHU dapat dievaluasi melalui koefisien perpindahan kalor (U) dan nilai effectiveness (ϵ). Setiap \dot{m}_{air} diuji sebanyak 10 kali percobaan sampai keadaan Steady State. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan menghasilkan nilai ϵ yang berbeda-beda. Dimana pada eksperimen pertama sebesar 34,688%, eksperimen kedua sebesar 38,363% dan percobaan ketiga sebesar 53,135%. Oleh karena itu laju aliran massa air sebesar 0.011 kg/s memiliki nilai koefisienan laju aliran kalor dan effectiveness terbaik pada eksperimen yang dilakukan.

Kata kunci : AHU, Laju aliran massa, effectiveness

Abstract

Heating, Ventilation, and Air-Conditioning (HVAC) is a system that functions to regulate temperature, humidity, and air distribution. The HVAC system part is called the Air Handling Unit (AHU) which functions the same as the indoor unit Split Air-Conditioning system. Chilled Water - Water Cooling System is one of the large-scale HVAC systems, so far no one has made this system small in size as an academic necessity. AHU made consists of Coil with Copper material and Aluminum plate which is cooled by the cold side of TEC with Multipass Plate Exchanger type. This research was conducted to obtain AHU performance by using 2 fluids, namely air and water. Mass air flow rate is 0.081 kg/s and the water mass flow rate is (0.025, 0.016, and 0.011) kg/s, the AHU performance can be evaluated through heat transfer coefficient (U) and effectiveness value (ϵ). Every \dot{m}_{water} is tested 10 times until Steady State. Based on the experiments carried out it produces U values and different ϵ values. Where in the first experiment was 34.688%, the second experiment was 38.363% and the third experiment was 53.135% Therefore the water mass flow rate of 0.011 kg/s has the best heat flow rate and effectiveness coefficient value in the experiments conducted.

Keywords: AHU, mass transfer rate, effectiveness

1. Pendahuluan

Heating, Ventilation, and Air-Conditioning adalah suatu sistem yang berfungsi mengatur suhu, kelembaban, dan pendistribusian udara dalam ruangan sesuai fungsi bangunan [1]. Dalam sistem HVAC ada bagian yang dinamakan Air Handling Unit (AHU) yang berfungsi sama dengan indoor unit pada sistem Air-Conditioning Split. Sampai sejauh ini belum ada yang membuat sistem ini dalam ukuran kecil sebagai keperluan akademik. Dalam studi ini akan dibuat purwarupa AHU untuk Chiller berbasis Thermoelectric Cooler (TEC) untuk alat peraga pada kegiatan praktikum, tipe Multipass Plate Exchanger yang memiliki efektivitas terbesar. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan realisasi miniatur AHU dari Chiller berbasis TEC. Berdasarkan latar belakang diatas, penulis ingin mengetahui cara membuat miniature

AHU, mendapatkan *Heat Transfer Rate* pada AHU dan mendapatkan nilai *effectiveness* terbaik dari ketiga variasi dengan menggunakan metode LMTD dan *effectiveness* menggunakan metode *effectiveness-NTU* pada AHU.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Heat Exchanger

Berdasarkan hukum satu termodinamika yang menjelaskan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, namun dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat yang lain. Prinsip dasar perpindahan kalor berdasarkan hukum satu termodinamika yang menjelaskan bahwa laju perpindahan kalor dari fluida panas sama dengan laju perpindahan kalor ke fluida dingin. Prinsip perpindahan kalor dapat dijelaskan dengan persamaan :

$$Q = m h C_{ph}(T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (1)$$

dimana: $m h$ = laju aliran massa hot fluid (kg/s)

C_{ph} = kapasitas panas hot fluid (kJ/kg.°C)

$T_{h,out}$ = suhu hot fluid outlet (°C)

$T_{h,in}$ = suhu hot fluid inlet (°C)

Laju perpindahan kalor pada heat exchanger berdasarkan hukum pendinginan Newton adalah sebagai berikut:

$$Q = \Delta T_m R = U A_s \Delta T_{lm} \quad (7)$$

dimana: R = resistansi termal (°C/W)

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan (W/m² . °C)

A_s = area transfer kalor (m²)

ΔT_{lm} = perbedaan suhu rata-rata antara dua fluida.

Penukar kalor (heat exchanger) adalah suatu perangkat termal yang digunakan sebagai tempat mengalirkannya dua atau lebih jenis fluida dengan suhu yang berbeda. Beberapa industri proses yang berhubungan dengan kegiatan produksi menggunakan penukar kalor ini untuk memanfaatkan sisa panas yang dibuang dari suatu reaktor agar dapat digunakan lagi dalam proses yang lain [6]. Secara umum penukar kalor dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek. Seperti contoh berdasarkan kontak antara fluidanya dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu tipe direct contact dan indirect contact. . Jika ditinjau berdasarkan jenis alirannya penukar kalor dibagi menjadi dua tipe yaitu parallel flow dan counter flow. Dalam mengevaluasi kinerja penukar kalor terdapat dua nilai yang dicari yaitu nilai U dan ε dengan dua metode berbeda dimana nilai U dicari menggunakan metode log mean temperature difference (LMTD) dan nilai ε dicari menggunakan metode effectiveness-NTU [6]. Metode LMTD cocok digunakan jika suhu masing-masing fluida ditentukan besarnya atau dapat ditentukan dari persamaan kesetimbangan energi. Berikut merupakan metode LMTD :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (2)$$

dimana: ΔT_1 = perbedaan suhu input

ΔT_2 = perbedaan suhu output

Karena metode LMTD kurang praktis apabila tipe dan ukuran heat exchanger telah ditentukan maka metode effectiveness-NTU merupakan solusi yang lebih praktis karena metode ini bertumpu pada heat transfer effectiveness. Metode ini cocok digunakan untuk analisis performa dari suatu heat exchanger yang sudah ada, berikut persamaan umum untuk menentukan effectiveness dari suatu penukar kalor :

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} \quad (3)$$

dimana : Q = actual heat transfer rate

Q_{max} = maximum possible heat transfer rate

2.2 Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan kalor dengan mentransfer energi dari partikel yang lebih energik ke partikel yang kurang energinya. Kedua partikel tersebut berdekatan sebagai hasil interaksi antara partikel. Umumnya konduksi terjadi pada benda padat, namun dapat terjadi juga pada fluida. Konduksi pada fluida disebabkan oleh collisions dan diffusion dari molekul selama pergerakan acak. Berikut Hukum Fourier tentang perpindahan panas secara konduksi :

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

dimana: k = konduktivitas termal (W/m.oC)

A = luas permukaan (m²)

dT/dx = perubahan temperature terhadap ketebalan

2.3 Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan kalor akibat adanya perpindahan partikel – partikel dari suatu tempat ke tempat yang lainnya akibat pemuain dan hanya terjadi pada fluida. Perpindahan panas secara konveksi sangat bergantung pada properti fluida seperti viskositas dinamik (μ), konduktivitas termal (k), massa jenis fluida (ρ), specific heat (C_p), dan juga kecepatan fluida (V). Selain itu dapat dipengaruhi juga oleh kekasaran, geometri dari permukaan padat, dan tipe aliran fluida seperti laminar ataupun turbulen. Secara matematis persamaan konveksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_{conv} = hAs(T_s - T_{\infty}) \quad (5)$$

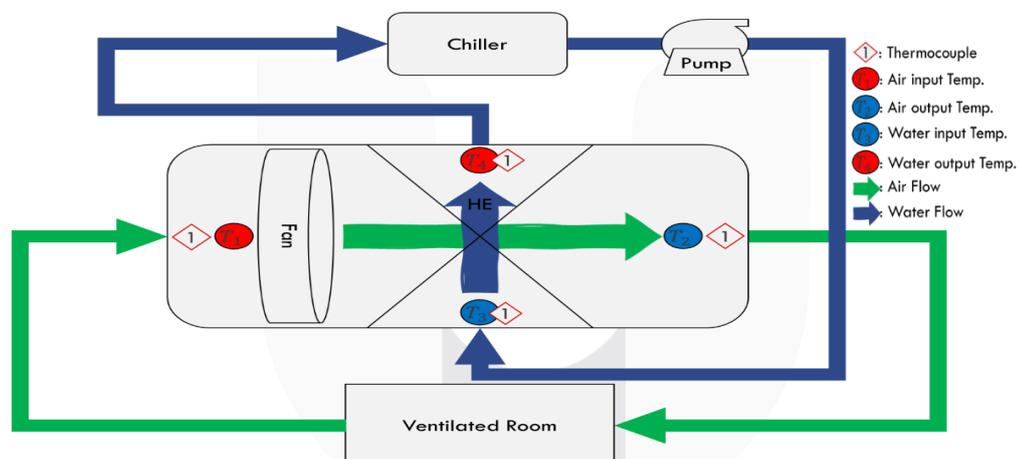
dimana: h = koefisien konveksi (W/m² . oC)

As = luas permukaan (m²)

T_s = suhu permukaan (oC)

T_{∞} = suhu fluida (oC)

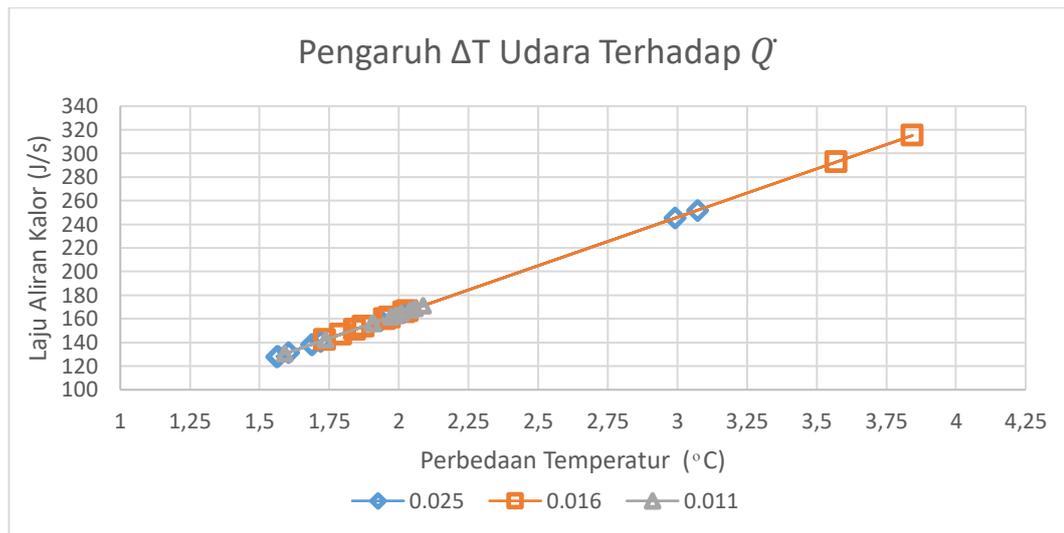
3. Hasil dan Pembahasan



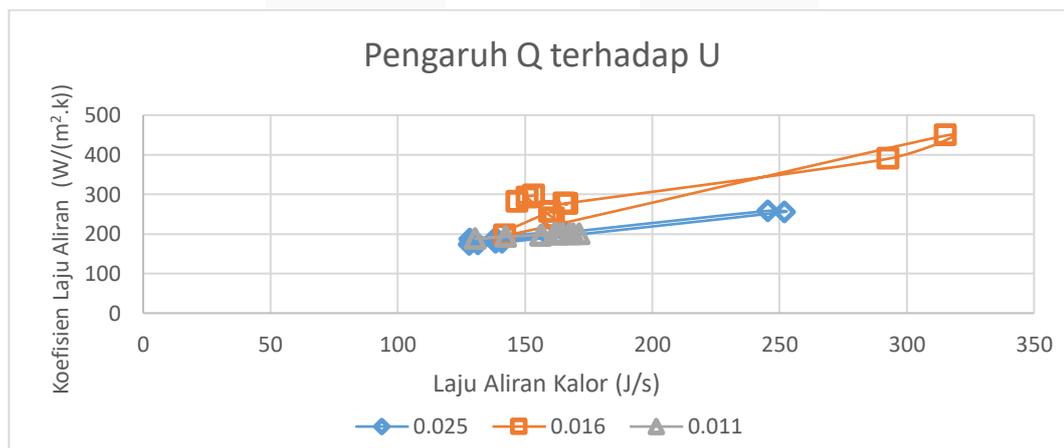
3.1 Metode Penelitian

Terdapat satu *data logger* dengan 4 *channel* untuk merekam masukan dan keluar pada AHU, dengan thermocouple pada masing – masing untuk mengukur suhu perubahan pada *shell* AHU dari udara juga air masuk dan bagian outlet pada udara maupun air. Kipas bertujuan untuk menarik aliran udara yang akan di konversikan menjadi laju aliran massa udara. Bagian *coil* juga diberikan pompa air yang di kontrol untuk mengetahui laju aliran massa pada air. Data suhu diperoleh dari *datalogger* dengan interval waktu selama 2 detik, kemudian dibuat grafik perbandingan suhu terhadap waktu pada HE yang bertujuan mempermudah dalam menganalisis data perubahan suhu pada AHU, data yang digunakan dalam grafik adalah data suhu udara yang telah melewati AHU. Lalu menghitung jumlah kalor berdasarkan data yang telah diperoleh, untuk menghitung jumlah kalor penulis menggunakan rumus hubungan laju aliran kalor dan jenis zat yaitu dengan adalah laju aliran massa udara $C_{p,h}$ merupakan specific heat udara dan ΔT_h adalah perbedaan suhu udara antara input dan output pada AHU, dan \dot{m} adalah laju aliran kalor, selanjutnya membuat grafik perbandingan perubahan kalor terhadap waktu pada masing masing HE. Menghitung U menggunakan metode LMTD dengan rumus persamaan 2.1. (2) kemudian mencari *effectiveness* juga dengan rumus persamaan 2.1. (3)

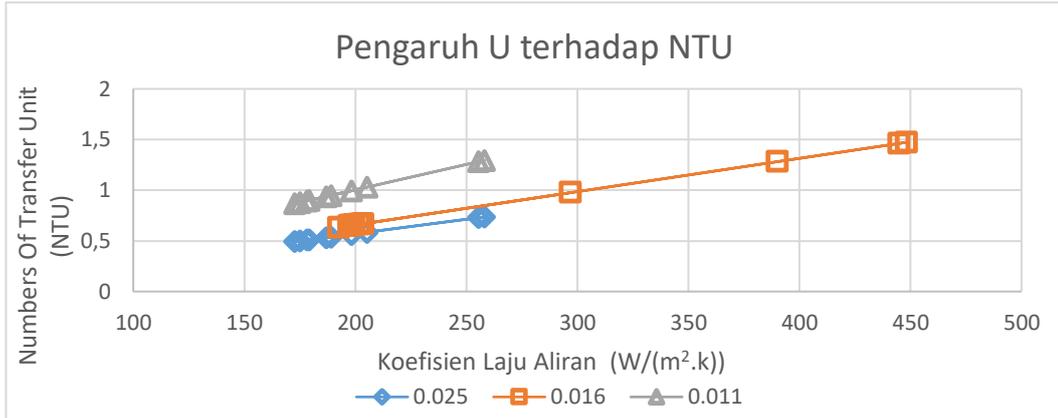
3.2 Pengolahan Data



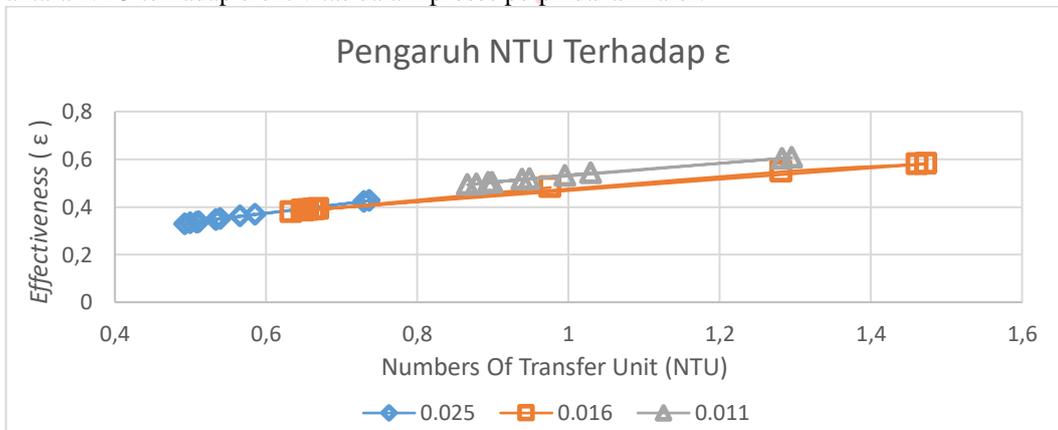
Grafik diatas merupakan besaran laju aliran kalor dari perubahan perubahan suhu pada fluida udara yang mengalir melewati permukaan Heat Exchanger. Nilai \dot{Q} didapat dengan persamaan blabla. Yang dimana laju aliran massa udara (\dot{m}_h), Kapasitas fluida panas (ch), dan perbedaan suhu masuk dan keluar fluida panas (ΔT_h). Nilai \dot{m}_h konstan selama pengambilan data, begitu juga nilai ch karena perubahan temperaturnya tidak besar jadi bisa dianggap sama. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semakin besar perubahan suhu yang terjadi semakin besar pula laju perpindahan kalor. Hal ini disebabkan besarnya perubahan suhu karena \dot{m}_h dan ch bernilai konstan. Perpindahan kalo terjadi karena perbedaan suhu pada fluida dingin dan fluida panas. Artinya ada kalor yang yang terbuang pada fluida panas yang menyebabkan fluida tersebut lebih dingin. Semakin dingin fluida air semakin rendah suhu fluida panas setelah melewati Heat Exchanger.



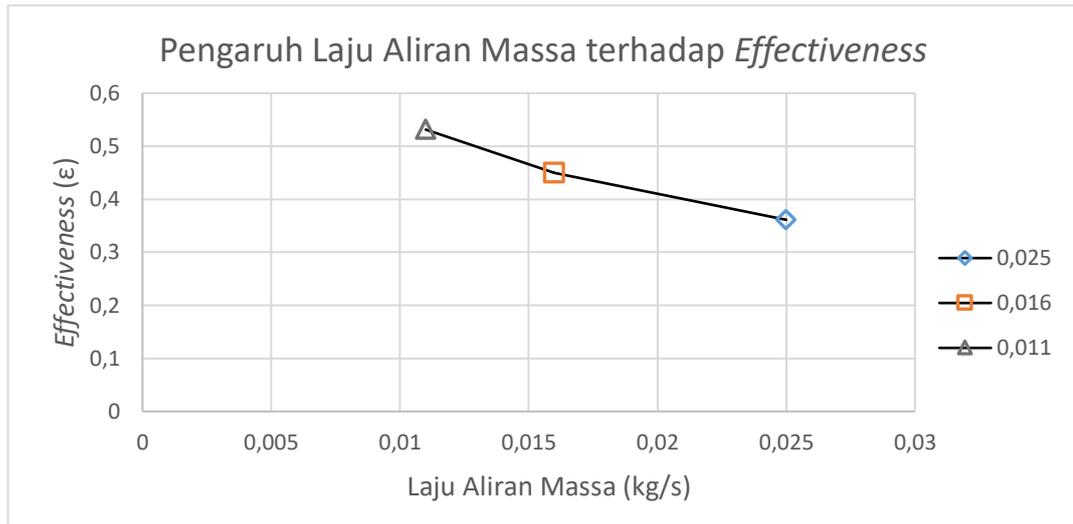
Pada Gambar 4.2 menunjukkan pengaruh laju aliran kalor terhadap nilai koefisien perpindahan kalor. Untuk menganalisa kinerja suatu Heat Exchanger dapat dilihat dari nilai Unya yang terjadi menyeluruh pada Heat Exchanger. Mendapatkan Nilai U dari laju aliran kalor, log mean temperature difference (LMTD), dan luas permukaan menyeluruh pada pipa dan plat Heat Exchanger (A_s). Nilai \dot{Q} yang dipakai merupakan fluida udara yang sudah didapatkan sebelumnya, nilai LMTD mewakili perbedaan rata-rata suhu antara fluida udara (Q_h) dan fluida air (Q_c). Nilai LMTD mempresentasikan perbedaan suhu inlet dan outlet kedua fluida dimana, ΔT_1 perbedaan suhu inlet dan ΔT_2 perbedaan suhu outlet. Nilai A_s ada luas permukaan Multipass Heat Exchanger yang dilewati oleh fluida udara. Nilai U ini akan diproses untuk mendapatkan Numbers of Transfer Unit (NTU). NTU ini menunjukkan kemampuan dari alat penukar kalor *Multipass* dalam proses perpindahan kalor.



Nilai NTU didapatkan oleh persamaan blabla. Untuk memperoleh NTU dibutuhkan koefisien perpindahan kalor (U) yang telah didapatkan oleh persamaan sebelumnya, luas permukaan total (As), dan nilai minimum laju kapasitas kalor (C_{min}). NTU dapat mewakili kemampuan suatu Heat Exchanger dalam melakukan proses perpindahan kalor. Pada gambar 4.3 menunjukkan kalau NTU berbanding lurus dengan nilai U. Semakin besar nilai U semakin besar pula NTU, dikarenakan selama proses pendinginan fluida panas yang mengalir pada luas permukaan penukar kalor akan semakin berkurang sampai pada ujung luas permukaan tersebut. Nilai NTU yang telah didapat akan diolah untuk mendapatkan nilai effectiveness (ε) untuk mendapatkan hubungan antara NTU terhadap efektivitas dalam proses perpindahan kalor.



Gambar 4.4 merupakan grafik NTU terhadap efektivitas perpindahan kalor. Faktor yang mempengaruhi besaran nilai efektivitas dari penukar kalor yaitu NTU dan c. Yang dimana besaran nilai c merupakan perbandingan laju kapasitas panas yang terjadi. Berdasarkan perbandingan nilai heat capacity ratio yaitu perbandingan C_{min} dan C_{max} yang terjadi pada proses pengambilan data. Dengan begitu effectiveness sebuah penukar kalor bergantung dari seberapa besar kemampuan alat untuk melakukan perpindahan kalor dan perbandingan laju kapasitas kalor yang terjadi.



Maka Gambar 4.5 adalah nilai dari setiap laju aliran masa dan hasil rata-rata *effectiveness* dari 10 kali percobaan. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa semakin besar laju aliran massa yang diberikan *effectiveness* yang didapatkan menurun. Hasil tersebut dipengaruhi dari tiap laju aliran massa air, yang memiliki hasil NTU dan C yang terdiri dari C_{min} dan C_{max} yang berbeda dari setiap laju aliran massa fluida dingin pada keadaan *steady state*. Hasil rata-rata *effectiveness* terkecil pada laju aliran massa air 0.025 kg/s sebesar 36.267% dan hasil rata-rata *effectiveness* terbesar pada laju aliran massa air 0.011kg/s sebesar 53.135%.

4. Kesimpulan

1. AHU yang dibuat memiliki efektifitas yang berbanding lurus dengan laju aliran massa.
2. *Heat Transfer Rate* kalor pada ketiga eksperimen dengan laju aliran massa air sebesar 0.025 kg/s, 0.016 kg/s dan 0.011 kg/s tersebut mendapatkan nilai 166.801 J/s, 185.571 J/s, dan 158.247 J/s. nilai tersebut dikarenakan besarnya perubahan suhu pada inlet dan outlet AHU.
3. Nilai U dan *effectiveness* pada ketiga eksperimen dengan laju aliran massa air sebesar 0.025 kg/s, 0.016 kg/s dan 0.011 kg/s. memiliki Nilai eksperimen pertama sebesar 200.95 W/m^2K dan 36.267%, eksperimen kedua sebesar 294.995 W/m^2K dan 47.363% dan percobaan ketiga sebesar 197.788 W/m^2K dan 53.135%.

5. Daftar Pustaka:

- [1] Suprayogi, Muhammad Rigadho. 2014. Analisis Audit Energi Pada Beban HVAC di Rumah Sakit Umum. Malang. Universitas Brawijaya.
- [2] Ahmadzadehtalatapeh, Mohammad. 2014. Improving the Energy Performance of HVAC System in Operation Theatres by Using Heat Recovery Devices. Iran: Chababar Maritime University.
- [3] Kusiak, Andrew et al. 2013. Minimizing Energy Consumption of an Unit With a Computational Intelligence Approach. Iowa City. The University of Iowa.
- [4] Ackerman, Jerry. 2018. What a Water-Cooled HVAC System Can Do for Your Building.
- [5] Apriyahanda, Onny. 2018. Macam – macam *Heat Exchanger*: Alat Penukar Panas (Bagian 5).
- [6] Y. A. Cengel, 2004. Heat Transfer : A Practical Approach, 2nd ed. New York; McGraw-Hill.
- [7] M. Khaled, M. Ramadan, & H. El Hage. April, 2016 Innopvative Approach of Determining the Overall Heat Transfer Coefficient of Heat Exchanger, Applied Thermal Engineering, vol 99, pp.
- [8] Ikhwan Permana, Tri Ayodha Ajiguna, & M. Ramdlan Kirom. 2018. Comparison of Heat Transfer Coefficient on Single Tube and Multi Tube Heat Exchanger, Semarang: The 9th International Conference on Physics and Its Applications.