

# PENGARUH VARIASI DEBIT ALIRAN FLUIDA DINGIN TERHADAP EFEKTIVITAS PENUKAR KALOR WL 110 TIPE CONCENTRIC TUBE DENGAN METODE NTU

**Budiman Sudia**

Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo  
Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu Kendari 93232

\*Email: budimansudia@rocketmail.com

## Abstrak

Mesin penukar kalor merupakan alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan energi antara dua fluida yang memiliki perbedaan suhu. Penggunaan penukar kalor sangatlah luas diantaranya radiator kendaraan, pembangkit tenaga listrik, sistem refrigerasi dan industri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran massa pada fluida dingin terhadap efektivitas penukar kalor tipe WL 110. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Mesin Universitas Halu Oleo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan debit aliran fluida dingin dapat meningkatkan kapasitas penukar baik fluida panas maupun fluida dingin. Kapasitas kalor maksimum ( $Cc_{max} = 104,12 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ) diperoleh pada debit aliran 90 liter / jam, dan kapasitas kalor minimum ( $Cc_{min} = 57,88 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ) pada debit aliran 50 liter / jam. Peningkatan debit aliran fluida dingin memberikan pengaruh terhadap efektivitas penukar kalor. Efektivitas penukar kalor maksimum (0,39) pada debit aliran 90 liter / jam, dan efektivitas penukar kalor minimum (0,34) pada debit aliran 50 liter / jam.

**Kata Kunci :** *Debit, penukar kalor, efektivitas, kapasitas kalor*

## Abstract

**The effect of variation of fluid flow of cold discharge of effectiveness heat exchanger WL 110 concentric tube with NTU type.** The heat exchanger is a device that allows the transfer of energy between two fluids with different temperatures. The use of heat exchanger is very broad including vehicle radiator, power generation, and industrial refrigeration systems. The purpose of this study is to investigate the influence of the variation of the mass flow rate of the cold fluid heat exchanger on the effectiveness. Data collection is obtained from the Laboratory of Energy Conversion Engineering Department Halu Oleo University. The results show that the increased mass flow rate of the cold fluid can increase the capacity of both fluid heat exchanger and the cold fluid. The maximum heat capacity ( $Cc_{max} = 104.12 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ) is obtained at the flow rates of 90 liters / hour, and the minimum heat capacity ( $Cc_{min} = 57.88 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ) is obtained at flow rates of 50 liters / hour. The increased flow of cold fluid influences on the effectiveness of the heat exchanger. The maximum effectiveness of heat exchanger (0.39) is at the flow rates of 90 liters / hour, and the minimum (0.34) is at the flow rate of 50 liters / hour.

**Keywords:** *Debit, heat exchanger, effectiveness, heat capacity*

## 1. Pendahuluan

*Heat Exchanger* (penukar kalor) merupakan alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan energi (kalor) antara dua fluida yang berbeda temperatur. Penggunaan penukar kalor sangat luas diantaranya radiator kendaraan, pada pembangkit tenaga (kondensor dan evaporator),

sistem refrigerasi (kondensor dan evaporator), dan industri-industri kimia (Egeten, 2014, Park 2013).

Efektivitas penukar kalor ditentukan oleh banyak faktor antara lain laju aliran massa dari fluida panas dan fluida dingin, temperatur fluida, konstruksi pipa-pipa penukar kalor maupun

faktor pengotoran (*fouling factor*) pada pipa-penukar kalor (Holman, 1997).

Dua metode yang umum yang digunakan untuk menganalisa efektivitas penukar kalor yakni metode LMTD (*log mean temperatur difference*) dan metode NTU.

Laju aliran massa fluida panas maupun fluida dingin merupakan salah satu faktor yang dapat menentukan efektivitas penukar kalor, sehingga dianggap perlu dilakukan penelitian pengaruh laju aliran massa pada fluida dingin terhadap efektivitas penukar kalor. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi laju aliran massa pada fluida dingin terhadap efektivitas penukar kalor tipe WL 110.

## 2. Tinjauan Pustaka

### Penelitian Terdahulu

Budiman dkk (2014), Akhmad Syarif dan Hajar Isworo (2014) menganalisis perpindahan panas dan efisiensi efektif *High Pressure Heater* (HPH) di PLTU Asam-Asam yang menghasilkan perhitungan efisiensi harian, efisiensi maksimum/minimum serta efisiensi rata-rata bulanan.

Handoyo (2000) meneliti tentang pengaruh tebal isolasi termal terhadap efektivitas *plate heat exchanger*. Hasil penelitian menunjukkan efektivitas *heat exchanger* akan meningkat sampai nilai ketebalan tertentu dan kemudian akan berkurang dengan penambahan ketebalan isolator termal. Selain itu, peneliti yang sama juga meneliti tentang pengaruh kecepatan aliran terhadap efektivitas *Shell and Tube Heat Exchanger* dan memperoleh hasil bahwa efektivitas naik seiring dengan kenaikan kecepatan aliran hingga suatu harga tertentu kemudian akan turun. Efektivitas *Shell-and-Tube Heat Exchanger* lebih tinggi jika udara panas mengalir dengan kecepatan tinggi pada sisi *tube* dan udara dingin mengalir dengan kecepatan rendah di sisi *shell*.

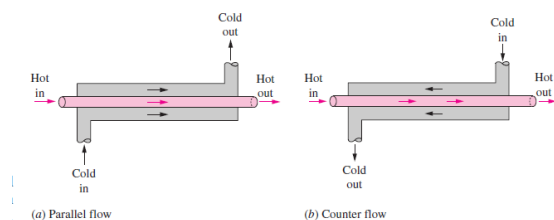
Imran (2012) meneliti pengaruh variasi temperatur air panas masuk terhadap efisiensi penukar kalor tipe plat WL 110 dengan arah aliran berlawanan dan menyimpulkan bahwa efisiensi penukar kalor berhubungan linier dengan temperatur fluida masuk.

Pranata (2011), meneliti tentang efektivitas *heat exchanger* tipe pelat dengan melakukan variasi pada debit aliran fluida pendingin, dimana besar debit aliran fluida pendingin diseting sebesar 0.4 liter/menit, 0.5 liter/menit, dan 0.8 liter/menit. Selanjutnya arah aliran fluida panas dibuat berlawanan arah dengan fluida dingin tersebut. Dari penelitian itu diperoleh, semakin besar debit aliran fluida pendingin maka nilai efektivitas penukar kalor akan menurun, dimana pada aliran 0.8 liter/ menit mempunyai efisiensi sebesar 62% dan pada aliran debit 0.4 liter/menit memiliki efisiensi sebesar 95%.

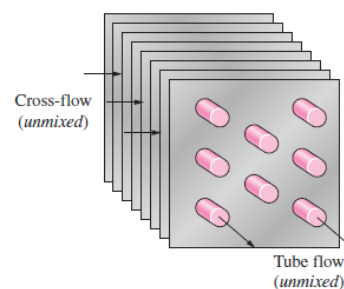
Handoyo (2012) menganalisis kinerja alat penukar kalor tipe shell and tube pendinginan aliran air pada PLTA Jatiluhur dengan menggunakan perangkat lunak CFD untuk menentukan karakteristik (pola) aliran fluida pada sisi shell.

### Teori Dasar

Penukar kalor merupakan peralatan yang memungkinkan terjadi tukaran panas (kalor) antara dua fluida yang berbeda temperatur. Perpindahan kalor tersebut dapat melalui mekanisme konveksi dalam pipa-pipa maupun konduksi melalui dinding-dinding pipa (Holman, 1997 dan Cengel 1990).



Gambar 1 (a) Penukar kalor aliran searah  
(b) Penukar kalor aliran berlawanan



Gambar 2 Penukar kalor aliran Silang (Holman, 1997)

Menurut arah aliran fluidanya penukar kalor dapat dibedakan atas penukar kalor aliran searah (*uniflow*), penukar kalor aliran berlawanan (*counterflow*) dan penukar kalor arah aliran silang (*crossflow*) (Holman, 1997).

### Penukar Kalor dengan Metode NTU

Metode NTU didasarkan pada bilangan tak berdimensi yang disebut dengan efektivitas perpindahan panas yang merupakan rasio antara laju perpindahan panas aktual terhadap laju perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi. ( Holman, 1997, Bergman, 2002)

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} \quad (1)$$

Laju perpindahan panas aktual dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\dot{Q} = C_c(T_{c.out} - T_{c.in}) \quad (2)$$

$$C_c = \dot{m}_c C_{pc}, \quad C_h = \dot{m}_h C_{ph} \quad (3)$$

Dimana C adalah kapasitas kalor, dan  $\dot{m}$  adalah laju aliran masa.

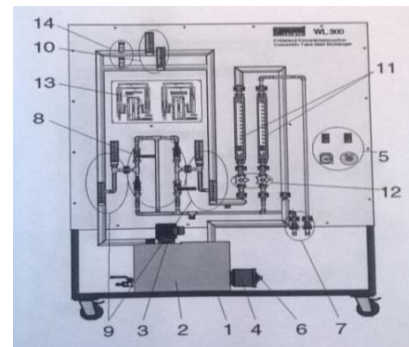
Laju perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\dot{Q}_{max} = C_{min}(\Delta T)_{max} \quad (4)$$

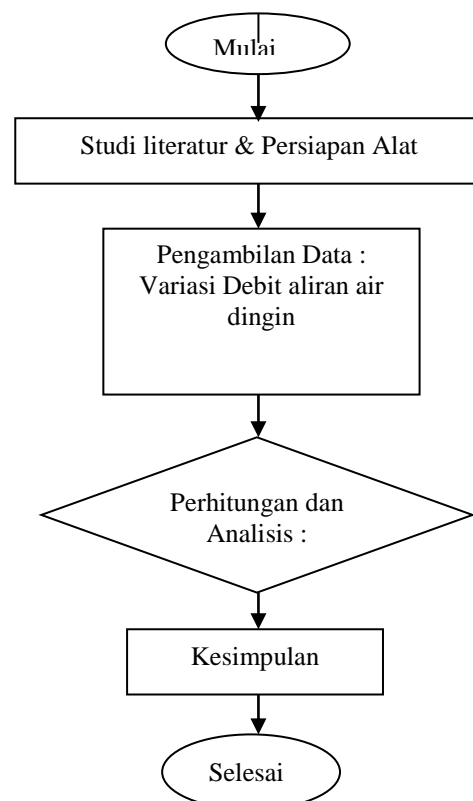
$$\Delta T_{max} = T_{h.in} - T_{c.in} \quad (5)$$

### 3 Metodologi Penelitian

Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Mesin UHO pada bulan Agustus 2015. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah penukar kalor Concentric Tube tipe WL 110 merek Gunt ( Gunt , 2012), dengan fluida kerja yang digunakan adalah air.



Gambar 3 Penukar Kalor Tipe WL 110



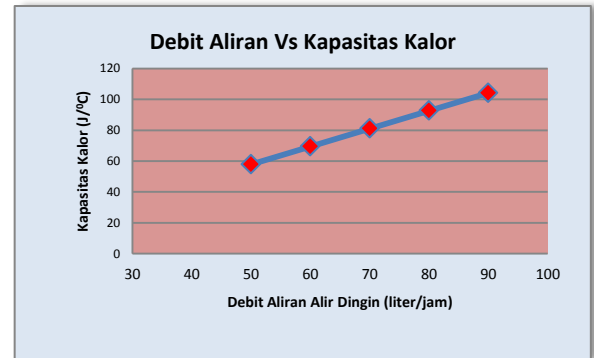
Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

### 4 Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 -4 menunjukkan data hasil pengamatan debit aliran dan densitas dan perhitungan laju aliran masa dan kalor spesifik.

Tabel 1. Data Pengamatan

No.	Debit Aliran (liter/jam)		Temperatur (0C)			
	Air Panas	Air Dingin	Air Panas		Air Dingin	
			Th.in	Th.out	Tc.in	Tc.out
1	70	50	49	44	28,5	35,5
2	70	60	49	43	28,5	35,5
3	70	70	49	42,5	28,5	35
4	70	80	49	42	28,5	34,5
5	70	90	49	41	28,5	34,5



Gambar 5 Debit Aliran fluida dingin terhadap Kapasitas Kalor

Tabel 2. Densitas

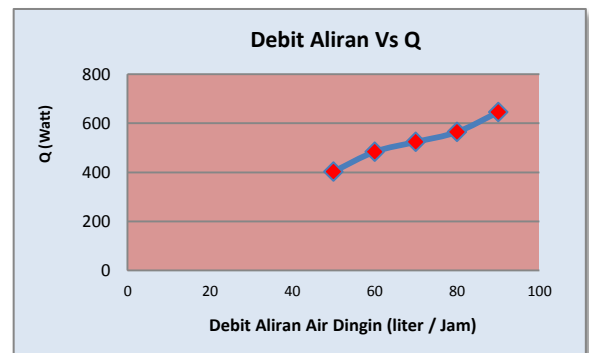
No.	Debit Aliran (m <sup>3</sup> /s)		T rata-rata (°C)		Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	
	Air Panas	Air Dingin	Hot	Cold	Hot	Cold
2	1,944E-05	1,67E-05	46	32	991,85	996,96
3	1,944E-05	1,94E-05	45,75	31,75	991,97	997,04
4	1,944E-05	2,22E-05	45,5	31,5	992,08	997,11
5	1,944E-05	0,000025	45	31,5	992,31	997,11

Dari gambar 5 terlihat bahwa kapasitas kalor akan meningkat seiring kenaikan debit aliran fluida dingin. Hal ini disebabkan kenaikan debit aliran akan meningkatkan laju aliran massa dari fluida dingin sehingga kemampuan untuk menyerap kalor dari fluida panas juga akan naik. Kenaikkan debit aliran akan berpengaruh pada kuantitas panas konveksi yang dapat dilepaskan oleh dinding-dinding pipa ke fluida dingin.

Pengaruh variasi debit aliran fluida dingin terhadap laju perpindahan panas aktual disajikan pada gambar 6.

Tabel 3. Perhitungan Laju Aliran Massa

No.	Debit Aliran (m <sup>3</sup> /s)		T rata-rata (°C)		Laju Aliran Massa	
	Air Panas	Air Dingin	Hot	Cold	Hot	Cold
2	1,944E-05	1,67E-05	46	32	0,019	0,017
3	1,944E-05	1,94E-05	45,75	31,75	0,019	0,019
4	1,944E-05	2,22E-05	45,5	31,5	0,019	0,022
5	1,944E-05	0,000025	45	31,5	0,019	0,025



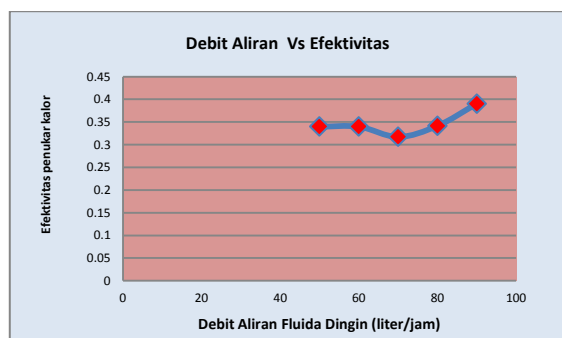
Gambar 6 Pengaruh debit aliran fluida dingin terhadap Laju perpindahan panas aktual

Tabel 4 : Kalor Spesifik

No.	Debit Aliran (m <sup>3</sup> /s)		T rata-rata (°C)		Kalor Spesifik (J/kgK)	
	Air Panas	Air Dingin	Hot	Cold	Hot	Cold
2	1,944E-05	1,67E-05	46	32	4179,87	4179,76
3	1,944E-05	1,94E-05	45,75	31,75	4179,81	4179,80
4	1,944E-05	2,22E-05	45,5	31,5	4179,75	4179,85
5	1,944E-05	0,000025	45	31,5	4179,63	4179,85

Dari gambar 6 terlihat bahwa laju perpindahan panas aktual akan meningkat seiring dengan kenaikan debit aliran fluida dingin. Dengan meningkatnya debit aliran baik fluida panas maupun fluida dingin secara langsung akan meningkatkan laju aliran massa yang akan berpengaruh pada laju perpindahan panas konveksi dari dinding-dinding pipa penukar kalor ke fluida di dalam-dalam pipa-pipa fluida dingin.

Secara keseluruhan peningkatan debit aliran juga akan meningkatkan nilai kapasitas kalor dari fluida.



Gambar 7 Hubungan antara debit aliran fluida dingin terhadap efektivitas penukar kalor

Dari gambar 7 secara umum terlihat bahwa peningkatan debit aliran fluida dingin dapat juga mempengaruhi efektivitas penukar kalor. Dari grafik terlihat bahwa efektivitas penukar kalor pada debit 50 liter / jam hingga 70 liter / jam nilai efektivitas penukar kalor tidak mengalami kenaikan yang berarti, tetapi pada debit aliran di atas 80 liter / jam efektivitas penukar kalor mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Peningkatan debit aliran akan meningkatkan laju perpindahan panas aktual, yang akan memperbesar nilai efektivitas penukar kalor.

#### 4 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengamatan dan analisa tentang pengaruh variasi debit aliran fluida dingin terhadap efektivitas penukar tipe WL 110 (counter flow) dapat disimpulkan bahwa peningkatan debit aliran fluida dingin dapat meningkatkan kapasitas penukar baik fluida panas maupun fluida dingin. Kapasitas kalor maksimum ( $Cc_{max} = 104,12 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ) diperoleh pada debit aliran 90 liter / jam, dan kapasitas kalor minimum ( $Cc_{min} = 57,88 \text{ J/}^\circ\text{C}$ ) pada debit aliran 50 liter / jam.

Peningkatan debit aliran fluida dingin memberikan pengaruh terhadap efektivitas penukar kalor. Efektivitas penukar kalor maksimum (0,39) pada debit aliran 90 liter / jam, dan efektivitas penukar kalor minimum (0,34) pada debit aliran = 50 liter / jam.

Untuk hasil yang lebih baik dalam penelitian pengaruh variasi debit aliran terhadap efektivitas

penukar kalor memuaskan dapat dilakukan eksperimen dengan variasi temperatur masuk fluida panas dengan frekuensi data yang lebih besar.

#### Daftar Pustaka

- Budiman, A, Syarif, A dan Hajar Isworo, H, 2014, "Analisis Perpindahan Panas dan Efisiensi Efektif High Pressure Heater (HPH) di PLTU Asam – Asam", Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam Vol. 03 No. 2. Pp 76 – 82, 2014.
- Bergman L.T, Lavine S.A, Incopera P.F, Dewitt P.D, 2002, Heat and Mass Transfer, 7th Ed, John Willey & Sons Publisher, USA.
- Egeten F.S., Sappu P.F., Maluegha B., 2014, "Efektivitas Penukar Kalor Tipe Plate P41 73tk Di Pltp Lahendong Unit 2", Jurnal Online Poros Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sam Ratulangi, Volume 3 Nomor 1.
- Gunt, 2012, Experiment Instruction WL 110 Heat Exchanger Service Unit, Hamburg, German.
- Gunt, 2012, Technical Information WL 110.05 PC Data Acquisition, Hamburg, German.
- Handoyo A E, 2000, " Pengaruh Tebal Isolasi Termal Terhadap Efektifitas Plate Heat Exchanger", Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, Vol 2, No.2, hal 73-78.
- Handoyo A.E, 2000," Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Efektifitas Shell-and-Tube Heat Exchanger", Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, Vol 2, No.2, hal 86-90.
- Handoyo Y , Ahsan , 2012, "Analisis Kinerja Penukar Kalor Jenis Shell and Tube Pendingin Aliran Air Pada PLTA Jatiluhur", Jurnal Energi dan Manufaktur, Vol. 5 No.1 Oktober, 2012.
- Holman J.P., 1997, Perpindahan Kalor, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Imran A., 2012, "Analisa Pengaruh Perubahan Temperatur Air Panas Masuk Terhadap

*Efisiensi Pelat Heat Exchanger WL 110*”,  
Skripsi, Universitas Halu Oleo, Kendari

Park H.B., Kim S.H., Lee K.K., 2013, “*A Verification Study on Saving Energy Cost and Reducing CO2 Emissions with Large Scale Geothermal Heat Pump Systems in Korea*”, Journal of Renewable and Sustainable Energy 5, AIP Publishing

Pranata D., 2011, “*Efektifitas Penukar Kalor counter Flow Tipe Concentric Pelat Heat Exchanger WL 110 Dengan Variasi Debit Aliran*”, Skripsi, Universitas Halu Oleo, Kendari.

Yunus A. Cengel, 1990, Heat Transfer, a Practical Approach, Second Edition.