

ANALISA UNJUK KERJA DARI *HEAT EXCHANGER* TIPE *SHELL AND TUBE* MENGGUNAKAN AIR SEBAGAI FLUIDA PANAS DAN FLUIDA DINGIN

(*PERFORMANCE ANALYSIS OF SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER USING WATER AS HOT AND COLD FLUID*)

Burmawi^{1)*}, Mulyanef²⁾, Angga Pratama Saputra³⁾

^{1,2,3)*}Teknik Mesin, Universitas Bung Hatta, Jl Gajah mada no 19 Padang
burmawi@bunghatta.ac.id

ABSTRAK: Metode perencanaan telah dikembangkan untuk meningkatkan performa dari alat *heat exchanger* tipe *shell and tube*. Beberapa penelitian didesain hanya untuk tujuan khusus untuk memperoleh unjuk kerja yang baik dari *heat exchanger* itu sendiri. Tujuan dalam penelitian ini adalah mencari nilai laju perpindahan kalor, nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh. Performa dari alat penukar panas akan dianalisa untuk temperatur masuk fluida panas tidak lebih dari 60 °C dengan kapasitas 70 liter, sedangkan untuk temperatur fluida dingin dilakukan pengujian dengan memvariasikan bukaan katup dengan variasi bukaan katup 1/4, 2/4, 3/4, 4/4. Setelah dilakukan pengujian dan analisa data di dapatkan nilai dimana untuk laju perpindahan kalor pada alat uji *heat exchanger* mengalami kenaikan nilai di setiap bukaan katup yang dilakukan di dapatkan nilai sebesar 20,937 watt untuk bukaan katup 1/4 sedangkan untuk bukaan katup 4/4 mendapatkan nilai sebesar 23.395,55 watt, sedangkan untuk nilai laju perpindahan kalor menyeluruh juga mengalami kenaikan nilai pada setiap variasi bukaan katup yang dilakukan pada fluida dingin untuk bukaan katup 1/4, di dapatkan nilai 1549,615 W/m².°C sedangkan untuk bukaan katup 4/4 di dapatkan nilai 14180,96 W/m².°C. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar bukaan katup yang dilakukan maka nilai laju perpindahan kalor akan meningkat sama seperti koefisien perpindahan panas menyeluruh..

Kata Kunci: perpindahan, kalor, katup, koefisien

ABSTRACT: Methods have been developed to improve the performance of the shell and tube heat exchanger tools. In fact, some studies have been carried out designed only for a specific purpose in order to obtain good performance from the heat exchanger itself. The purpose of this research is to find the value of the heat transfer rate, the overall heat transfer coefficient. The performance of the heat exchanger will be analyzed for the hot fluid intake temperature of not more than 60 °C with a capacity of 70 liters, while for cold fluid temperature, the test is carried out by varying the valve opening with variations in valve opening 1/4, 2/4, 3/4, 4 / 4. After testing and analyzing the data, a value was obtained where the rate of heat transfer on the heat exchanger test equipment increased in value for each valve opening which was carried out, a value of 20.937 watts was obtained for the valve opening 1/4 while for valve openings 4/4 got a value of 23,395.55 watts, while for the overall heat transfer rate, the value of each valve opening variation is done in cold fluid for 1/4 valve opening, getting a value of 1549.615 W/m².°C while for valve openings 4/4 returns 14180.96 W/m².°C . It can be concluded that the greater the valve opening, the value of the heat transfer rate will increase as well as the overall heat transfer coefficient .

Keywords: transfer, heat, valve, coefficient

A. PENDAHULUAN

Alat Penukar kalor (*heat exchanger*) adalah alat yang banyak digunakan dalam industri, khususnya industri proses manufaktur, dan industri kimia. Alat penukar kalor adalah suatu alat yang dapat menghasilkan perpindahan kalor dari suatu fluida ke fluida lain. Proses perpindahan kalor itu terjadi antara dua fluida yang dipisahkan oleh suatu batas dan mempunyai temperatur yang berbeda. Salah satu konstruksi alat penukar kalor yang banyak digunakan adalah jenis *shell*

and tube. (Hasan Maksum & Wawan Purwanto 2018:18) dan Incropera, F.P. & Dewitt, D.P, (1990).

(Titahelu, 2010) Melakukan penelitian sebuah heat exchanger aliran searah (*parallel flow*) tanpa baffle dengan fluida panasnya oli yang mengalir pada sisi *tube*, sedangkan fluida diginnya air tawar yang mengalir pada sisi *shell*. Dengan jumlah *tube* 8 buah atau 4 laluan yang terbuat dari tembaga dan *shell* terbuat dari besi.

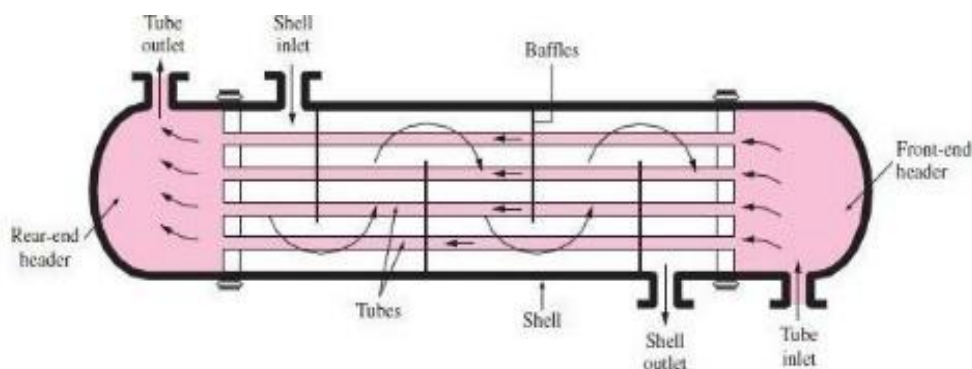
Dewitt (1998) mengemukakan beberapa teknik untuk memacu perpindahan kalor konveksi pada aliran fluida di dalam pipa (*internal flow*), yaitu dengan cara meningkatkan turbulensi aliran fluida dan memperluas permukaan konveksi.

Menurut Hasan Maksum & Wawan Purwanto (2018) *Heat exchanger* adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mentransfer energi panas antara dua atau lebih fluida, antara permukaan padat dengan fluida, atau antara partikel padat dengan dengan fluida, pada temperatur yang berbeda serta terjadi kontak termal. Didalam penelitiannya (Budiman, Syarief, & Isworo, 2014) juga menjelaskan bahwa alat penukar panas atau dalam dunia industri dikenal dengan istilah *Heat exchanger* (HE), adalah suatu alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan panas dan dapat berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas memakai uap panas (*superheated steam*) sebagai pemanas, dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*).

Alat *heat exchanger* umumnya banyak digunakan dalam industri proses, sekurang-kurangnya 60% dari semua *heat exchanger* yang digunakan, karena dapat didesain untuk menjalankan lebih banyak tekanan dan temperatur seperti yang di jumpai dalam industri proses. *Heat exchanger* ini juga dapat dikonstruksikan dari bermacam-macam material (Kreith, Frank & Prijono, Arko. (1994).

(Putra, 2017) berpendapat alat penukar kalor tipe ini adalah salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan adanya sekumpulan *tube* yang dipasangkan di dalam *shell* berbentuk silinder di mana dua jenis fluida yang saling bertukar kalor mengalir secara terpisah, masing-masing melalui sisi *tube* dan sisi *shell*.

Pada penelitian ini *heat exchanger* yang digunakan adalah tipe *shell and tube* dipilih adalah aliran berlawanan arah (*counterflow*) dan menggunakan fluida air sebagai pemanas sedangkan untuk fluida pendingin juga menggunakan air. Plat *Baffles* yang digunakan di modifikasi dengan menggunakan tembaga .



Gambar 1. *Heat Exchanger tipe shell and tube*

1. Analisa Perpindahan Panas

a. Laju Perpindahan panas pada *Heat Exchanger tipe Shell and Tube*

Untuk menghitung laju perpindahan panas dalam *heat exchanger* digunakan persamaan dari buku Perpindahan Panas (Frank Kreith & Arko Prijono 1994):

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

Luas permukaan perpindahan panas dapat diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$A = n. (\pi. D. L) \dots\dots\dots(2)$$

b. **Beda Temperatur Logarithmic Rata-Rata (LMTD)**

• **Heat Exchanger Aliran Berlawanan Arah**

Karena beda temperatur disepanjang alat penukar panas bervariasi maka beda temperatur yang digunakan adalah LMTD (*Logarithmic Mean Temperatur Diffrence*) sehingga beda suhu rata-rata untuk aliran berlawanan arah dapat diselesaikan dengan rumus berikut ini.

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{[(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})]}{\ln [(T_{h,in} - T_{c,out}) / (T_{h,out} - T_{c,in})]} \dots\dots\dots(3)$$

• **Heat Exchanger Aliran Searah**

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{[(T_{h,in} - T_{c,in}) - (T_{h,out} - T_{c,out})]}{\ln [(T_{h,in} - T_{c,in}) / (T_{h,out} - T_{c,out})]} \dots\dots\dots(4)$$

c. **Laju Perpindahan Panas**

Pada *heat exchanger* terjadi proses perpindahan panas dari fluida bertemperatur lebih tinggi ke fluida bertemperatur lebih rendah. Berdasarkan hukum keseimbangan energi, panas yang dilepaskan oleh fluida panas harus sama dengan panas yang diterima fluida dingin sehingga laju perpindahan panas total yang terjadi adalah:

$$Q = M_h C_{ph} (T_{h,in} - T_{h,out}) \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{atau } M_c C_{pc} (T_{c,out} - T_{c,in}) \dots\dots\dots(6)$$

d. **Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh**

$$U = \frac{Q}{A \times LMTD} \dots\dots\dots(7)$$

e. **Efektivitas Alat Penukar Kalor**

Efektivitas penukar kalor merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam menganalisa alat penukar kalor. Hal ini disebabkan karena parameter efektivitas tersebut merupakan suatu gambaran unjuk kerja termal sebuah alat penukar kalor dan akan memudahkan pelaksanaan dalam penelitian metode efektivitas ini juga mempunyai beberapa keuntungan untuk menganalisa perbandingan berbagai jenis penukar panas dalam memilih jenis terbaik untuk melaksanakan pemindahan panas tertentu. Efektivitas penukar kalor dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{\text{Perpindahan kalor yang sebenarnya}}{\text{perpindahan panas maksimum}} \dots\dots\dots(8)$$

Atau bisa dituliskan sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

Laju perpindahan kalor maksimum yang mungkin dalam alat penukar kalor adalah berdasarkan perbedaan temperatur maksimum dan laju kapasitas panas yang minimum, yaitu:

$$Q_{\max} = C_{\min} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana $C_{\min}$ adalah nilai terkecil dari C_h dan C_c

Sedangkan untuk mencari nilai C_h dan C_c maka dapat mencari menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{C_h(T_{hi} - T_{ho})}{C_{\min}(T_{hi} - T_{ci})} = \frac{C_c(T_{co} - T_{ci})}{C_{\min}(T_{hi} - T_{ci})} \dots\dots\dots (11)$$

bila C_h adalah $C_{\min}$ maka :

$$\epsilon = \frac{(T_{hi} - T_{ho})}{(T_{hi} - T_{ci})} \dots\dots\dots (12)$$

dan bila C_c adalah $C_{\min}$ maka

$$\epsilon = \frac{(T_{co} - T_{ci})}{(T_{hi} - T_{ci})} \dots\dots\dots (13)$$

f. NTU (Number Of Transfer Unit)

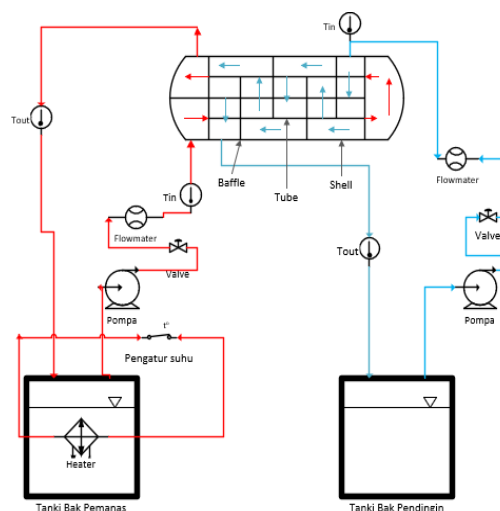
Dimana NTU adalah merupakan parameter yang berdimensi yang secara luas digunakan dalam analisa suatu penukar panas. Bilangan ini dituliskan dengan rumus.

$$NTU_{\max} = \frac{A.U}{C_{\min}} \dots\dots\dots (14)$$

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fenomena dasar teknik mesin Universitas Bung Hatta, januari- agustus 2020.

1. Sketsa Penelitian



Gambar 2. Sketsa Penelitian

Tabel 1. Spesifikasi *heat exchanger*

No	Urain	Satuan	Hasil Pengukuran
1	Diameter dalam Shell (D_s)	mm	154,30 mm
2	Diameter dalam tube (D_t)	mm	4,50 mm
3	Diameter luar tube (d_t)	mm	6,40 mm
4	Diameter luar shell (d_s)	mm	164,30 mm
5	Jarak antara tube (C)	mm	7,10 mm
7	Jumlah tube (N)	btg	52 Btg
8	Jarak Baffle plate (B)	mm	170 mm
9	Jumlah Baffe	buah	4 Buah
10	Panjang Shell (P_s)	mm	1070 mm
11	Panjang Tube (T_b)	mm	900 mm

2. Prosedur penelitian

1. Memeriksa rangkaian alat apakah sudah terpasang sebagaimana mestinya.
2. Isi air pada kedua bak masing-masing berkapasitas 70 liter
3. Lalu menghidupkan pemanas (*heater*) untuk memanaskan fluida kerja
4. Mengatur temperatur thermostat sesuai nilai yang ditentukan
5. Tunggu saklar lampu sampai mati apabila sudah mati berarti suhu sudah sesuai dengan nilai temperatur yang ditentukan.
6. Ukur terlebih dahulu temperatur awal bak panas dan bak dingin
7. Ukur temperatur awal pada titik masuk dan titik keluar fluida dingin maupun panas
8. Catat nilai awal flowmeter

9. Setelah itu buka terlebih dahulu katup yang ingin di variasikan katup fluida dingin.
10. Buka katup yaitu 1/4, 2/4, 3/4 dan 4/4.
11. Hidupkan pompa panas dan pompa dingin dengan menekan tombol ON pada saklar pastikan lampu hidup biar kan fluida bersirkulasi catat fluida masuk dan keluar setiap waktu yang ditentukan.
12. Setelah selesai pada bukaan katup pertama lakukan pengujian sampai bukaan katup 4/4.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data yang didapat maka diperoleh laju perpindahan panas seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 0. Nilai laju perpindahan kalor fluida dingin dan panas

Dari gambar 4 dapat dilihat laju perpindahan kalor pada fluida panas (Q) dan dingin didapatkan nilai masing-masing sebesar 20937 watt untuk fluida panas dan 10217,26 watt untuk fluida dingin pada bukaan katup 1/4 dimana nilai Q tersebut mengalami kenaikan menjadi 23491,31 watt dan 10719,74 watt pada bukaan katup 2/4, nilai Q terus meningkat untuk bukaan katup 3/4 dan 4/4. Sehingga dapat dianalisa laju perpindahan kalor yang terjadi pada fluida panas dan fluida dingin semakin tinggi variasi bukaan katup yang dilakukan maka laju perpindahan panasnya akan semakin meningkat. Dari analisa yang dilakukan faktor yang mempengaruhi meningkatnya laju perpindahan kalornya adalah laju aliran massa dari fluida panas maupun dari fluida dingin tersebut dimana semakin cepat fluida mengalir maka laju perpindahan kalor juga akan mengalami peningkatan dan sebaliknya semakin rendah laju perpindahan kalornya maka nilai dari laju perpindahan kalornya juga akan menurun. Maka nilai laju perpindahan panasnya sebanding dengan kecepatan aliran fluidanya.

Demikian juga dengan nilai koefisien perpindahan panas terlihat pada gambar berikut ini:



Gambar 5 Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh fluida panas dan dingin

Pada gambar 5 terlihat pada bukaan katup 1/4 nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh pada fluida panas (U) dan fluida dingin. Untuk nilai fluida panas sebesar 1549,615 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ dan fluida dingin sebesar 756,212 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ untuk bukaan katup 1/2. Sedangkan untuk bukaan katup berikutnya mengalami kenaikan untuk bukaan katup 2/4, 3/4 dan bukaan katup 4/4 nilai U untuk masing-masing fluida sebesar 14180,96 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ untuk fluida panas dan 5737,028 $W/m^2 \cdot ^\circ C$ untuk fluida dingin. Semakin tinggi variasi bukaan katup yang dilakukan pada fluida dingin maka nilai koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U) yang terjadi akan lebih meningkat dan begitu juga sebaliknya. Faktor yang mempengaruhi kenaikan nilai dari koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U) adalah nilai dari laju perpindahan kalornya dimana semakin tinggi nilai laju perpindahan kalornya maka akan diikuti oleh nilai perpindahan kalor menyeluruh (U).

D. PENUTUP

Kesimpulan

Peneitian dengan memvariasikan bukaan katup pada fluida dingin di dapatkan bahwa semakin tinggi variasi bukaan katup fluida dingin maka nilai laju perpindahan kalor juga mengalami peningkatan. Untuk koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk fluida panas dan fluida dingin mengalami sebuah kenaikan nilai di setiap variasi bukaan katup yang dilakukan pada fluida dingin.

Saran

Lakukan penelitian dengan menambahkan variasi kemiringan baffle pada alat uji heat exchanger dengan menambahkan variasi kemiringan baffle maka di dapatkan aliran turbulensi sehingga perpindahan panas yang dihasilkan dapat terjadi dengan baik

E. DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, a., syarief, a., & isworo, h. (2014). analisis perpindahan panas dan efisiensi efektif high pressure heater (hph) di pltu asam-asam. *jurnal ilmiah teknik mesin unlam*, 03(2), 76–82.
- Incropera, F.P. & Dewitt, D.P. (1990), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Willey and sons, New York
- Holman, J. P., 2010, *Perpindahan Kalor*, Ed. 6, Jakarta: Erlangga.
- Kreith, Frank & Prijono, Arko. (1994). *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*. Jakarta : Erlangga.
- Maksum, Hasan & Purwanto, Wawan. 2018. *Perpindahan dan Penukar Kalor Jenis Shell and Tube*. Padang : UNP PRESS
- Patayang, m., & shanty. (2017). *analisa laju perpindahan panas locooler tipe shell and tube aliran berlawanan arah pada km pantokrator*. 26–32.

- Putra, i. (2017). studi perhitungan heat exchanger type shell and tube dehumidifier biogas limbah sawit untuk pembangkit listrik tenaga biogas. *jurnal polimesin*, 15(2), 42. <https://doi.org/10.30811/jpl.v15i2.373>
- Titahelu, n. (2010). analisis pengaruh kecepatan fluida panas aliran searah terhadap karakteristik heat exchanger shell and tube. *jurnal teknologi*, volume 5 n(v), 819–824.