

PERENCANAAN PEMBUATAN ALAT PENUKAR KALOR JENIS *SHELL AND TUBE* SKALA LABORATORIUM

Sulis Yulianto¹
sulis.yulianto@yahoo.com
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah
Jakarta

Munzir Qadri²
flash_mq@yahoo.com
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah
Jakarta

Fadwah Maghfurah³
fmaghfurah@yahoo.com
Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah
Jakarta

ABSTRAK

Alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) adalah suatu alat pemindah panas dari *fluida* yang temperturnya lebih tinggi ke *fluida* lain yang temperturnya lebih rendah, dimana alat penukar kalor ini adalah salah satu alat yang sering dijumpai dalam dunia industri seperti *thermal power plant*, mesin proses kimia, peralatan pendingin ruangan, *refrigerator*, *radiatordll*. Rancang bangun alat penukar kolor jenis *shell and tube* ini direncanakan menggunakan dua buah fluida yaitu fluida dingin (*water*) pada tempratur ($T_{co}=37^{\circ}\text{C}$) dengan laju aliran masa fluida ($m_c= 0,122 \text{ kg/s}$) dan fluida panas (*oil*) pada tempratur ($T_{hi}= 47^{\circ}\text{C}$) dengan laju aliran masa fluida ($m_h= 0,075 \text{ kg/s}$) dimana operasional dari APK akan dioperasikan pada beban termal konstan yaitu sebesar 5100 Watt, maka dalam perencanaanya didapatkan jumlah tube dari APK adalah sebanyak 37 buah dengan efektifitas dari APK hasil rancangan adalah sebesar 62 %.

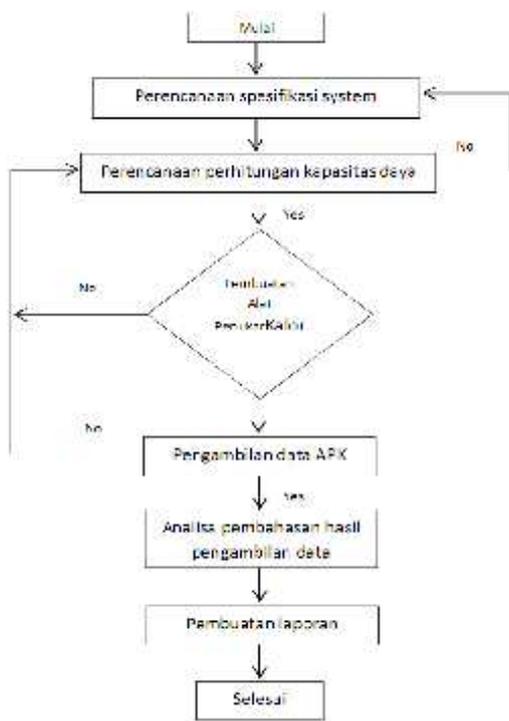
Kata kunci: Alat penukar *kalor*, *shell and tube*, beban termal *konstan*

PENDAHULUAN

Alat penukar kalor ini mempunyai peran yang penting dalam suatu proses produksi dalam industry salah satu tipe dari alat penukar kalor (APK) yang banyak dipakai adalah *shell and tube heat exchanger*. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* pada bagian dalam, sedangkan untuk mendistribusikan fluida kerja didalam sistem baik fluida panas ataupun fluida dingin, maka dipilihlah dalam kegiatan penelitian perancangan APK ini menggunakan dua buah pompa yaitu jenis *gear pump* untuk mensirkulasikan fluida panas (*oil*) dan jenis pompa sentrifugal untuk mensirkulasikan fluida dingin (*water*) yang berfungsi untuk mensirkulasikan kedua *fluida* tersebut sehingga dalam penentuan yang tepat terhadap spesifikasi dari alat penukar kalor yang dirancang diharapkan dapat meningkatkan *performance* dari APK yang dirancang.

METODE PENELITIAN

Metode yang kami pakai dalam kegiatan penelitian ini yaitu dengan cara melakukan analisa perencanaan spesifikasi disain dari APK yang akan dirancang, kemudian dilakukan analisa perencanaan perhitungan terhadap spesifikasi disain tersebut sehingga didapatkan nilai hasil rancangan dari APK tersebut kemudian dilakukan perencanaan pembuatan APK skala laboratorium sesuai dengan analisa disain hasil perencanaan perhitungan. Berikut diagram alir kegiatan penelitian yang kami lakukan.



Gambar 1. Digram alir kegiatan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam kegiatan penelitian ini akan dilakukan terlebih dahulu penentuan spesifikasi disain dari alat seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2, yang kemudian dilakukan analisa perencanaan perhitungan disandari APK jenis *shell and tube* skala laboratorium.

Tabel 1. Spesifikasi disain alat penukar jenis *shell and tube*

Spesifikasi Disain APK	Shell and tube
Diameter tube (OD)	0,0127mm
Panjang tube (L)	0,6 m
Laju alir fluida masuk shell (mh)	0,075 kg/s
Laju aliran fluida masuk tube (mc)	0,122 kg/s
Temp. fluidadingin masuk tube (Tci)	27 ^o C / 300 K
Temp. fluidadingin keluar tube (Tco)	37 ^o C / 310 K
Temp. fluida panas masuk shell (Thi)	47 ^o C / 320 K

1. Perencanaan perhitungan spesifikasi disain alat penukar kalor.

1.1. Perhitungan besarnya aliran energi panas yang diterima oleh air pendingin dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_c = mc \times C_{pc} \times (T_{co} - T_{ci}) \tag{1}$$

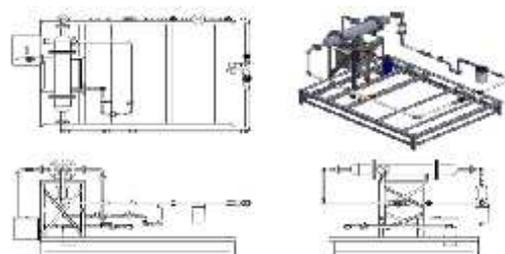
Sehingga nilai Q_c didapatkan nilai sebesar 5100Watt.

1.2. Perhitungan besarnya aliran energi panas yang dilepas oleh *fluida* panas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_h = mh \times C_{ph} \times (Thi - Tho) \tag{2}$$

$$Tho = Thi - \left(\frac{Q_h}{mh \times C_{ph}} \right) \tag{3}$$

Maka dengan menggunakan (pers 3) untuk rencana temperatur *fluida* panas (oli) yang keluar dari sisi shell adalah sebesar 303,8 K



Gambar 2. Sistem alat penukar kalor yang sedang dirancang.

1.3. Sedangkan untuk perencanaan perhitungan beda temperature rata-rata kedua *fluida* dari APK:

$$\Delta T_m = \left(\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \right) \tag{4}$$

dimana nilai $(Thi) = 320$ K dan $(Tho) = 303,8$ K, sedangkan untuk $(Tci) = 300$ K dan $(Tco) = 310$ K, maka beda temperature rata-rata kedua *fluida* adalah sebesar 6,4 K.

Dimana koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dari alat penukar kalor yang akan menjadi objek studi adalah sebesar $U = 350 - 900$ W/m²K (*water to lubrican oil*), sehingga dalam perencanaan ini dipilih nilai harga maksimal yaitu sebesar 900 W/m²K.

1.4. Perencanaan perhitungan luas bidang perpindahan panas dari APK.

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_m} \tag{5}$$

Sehingga,

$$A = \frac{5100 \text{ W}}{900 \text{ W/m}^2 \times 6,4 \text{ K}} = 0,88 \text{ m}^2$$

Maka untuk jumlah tube pada alat penukar kalor yang akan dirancang dapat diketahui dengan persamaan (6) yaitu:

$$N = \frac{A}{\pi \times Do \times l} \quad (6)$$

Sehingga,

$$N = \frac{0,88 \text{ m}^2}{\pi \times 0,0127 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}} = 37 \text{ Tube}$$

1.5. Maka untuk perencanaan diameter shell dari alat penukar kalor yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

$$Di = 0,63 \times \sqrt{\frac{C_c}{C_{Tf}} \times ((A \times (PR)^2 \times do)/L)^{0,75}} \quad (7)$$

maka diameter shell didapatkan nilai sebesar 0,112 m

1.6. Tahap selanjutnya perencanaan perhitungan nilai efektifitas dari APK yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{1 - \exp(-NTU \times (1 - C^*))}{1 - C^* \times \exp(-NTU \times (1 - C^*))} \quad (8)$$

Dimana,

$$\Delta T_{max} = Th_i - Tc_i \quad (9)$$

$$\Delta T_{max} = 320 \text{ K} - 300 \text{ K} = 20 \text{ K}$$

Sedangkan untuk *heat capacity* adalah sebesar:

$$C_c = mc \times C_{pc} \quad (10)$$

$$C_c = 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4179 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \text{K} = 503,8 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K}$$

Dan,

$$C_h = mh \times C_{pc} \quad (11)$$

$$C_c = 0,075 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \text{K} = 313,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K}$$

Sedangkan nilai C^* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (12):

$$C^* = \frac{C_{min}}{C_{maks}} \quad (12)$$

$$C^* = \frac{313,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K}}{1253,7 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K}} = 0,62$$

Sehingga untuk nilai Q_{maks} :

$$Q_{maks} = C_{min} \times \Delta T_{max} \quad (13)$$

$$Q_{maks} = 313,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K} \times 20 \text{ K} = 6270 \text{ Watt}$$

Sehingga nilai perpindahan panas yang diterima oleh fluida pendingin adalah sebagai berikut:

$$Q_{c \text{ maks}} = Q_{maks} = C_c \times (T_{co \text{ maks}} - T_{ci}) \quad (14)$$

$$Q_{c \text{ maks}} = 313,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K} \times (T_{co \text{ maks}} - 300 \text{ K})$$

$$T_{co \text{ maks}} = \frac{6270 \text{ Watt}}{313,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K}} + 300 \text{ K} = 312,4 \text{ K}$$

Sedangkan untuk nilai NTU adalah sebagai berikut:

$$NTU = \frac{U \times A}{C_{min}} \quad (15)$$

$$NTU = \frac{900 \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \text{K} \times 0,88 \text{ m}^2}{313,5 \frac{\text{J}}{\text{s}} \text{K}} = 2,5$$

Maka untuk nilai efektifitas dari alat penukar kalor yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{1 - \exp(-NTU \times (1 - C^*))}{1 - C^* \times \exp(-NTU \times (1 - C^*))}$$

$$\epsilon = \frac{1 - \exp(-2,5 \times (1 - 0,62))}{1 - 0,25 \times \exp(-2,5 \times (1 - 0,62))} = 0,61$$

Sehingga efektifitas dari alat penukar kalor hasil rancangan adalah sebesar 61 %.

KESIMPULAN

Bahwa dalam kegiatan penelitian pembuatan alat penukar kalor dengan kapasitas sebesar 5100 Watt didapatkan jumlah *tube* sebanyak 37 buah dengan nilai efektifitas APK hasil rancangan yaitu sebesar 62 %.

DAFTAR PUSTAKA

(1) Ramesh K. Sahah and Dusan P Sekulic 2003. Fundamentals of Heat Exchanger Design. John Wiley & Son, INC. Hoboken, New Jersey.

- (2) Ricahard. C. Byrne. 2000. Standard of the Turbular Excharnger Manufactures Association, standards of the Turbular Exchanger Manufacture Association, INC. New York,.
- (3) Keith Escoe, A., *Mechanical Design of Process Systems*, vol. 2, Gulf Pub. Company, Houston Texas, 1986.
- (5) Soekardi. C. April 2001. Prediksi karakteristik termal sebuah penukar kalor dampak pemilihan faktor pengotoran konstan, Poros, 4 No 2, 141-150.
- (6) Soekardi.C. April 2002. Implikasi Perancangan Sebuah penukar kalor dengan faktor Pengotoran dan fungsi waktu terhadap kinerjanya pada kondisi operasi beban thermal konstan, Poros, Vol. 5. NO. p. 129-137.
- (7) Thurmarimurungan M. 2006. Performance Analysis of Shell and TubeHeat Exchanger Using Miscedle System. American Journal of Applied Sciences.
- (8) Yulianto S. 2010. Analisa Perancangan Alat Pendingin Jenis Shell And Tube Dengan Cleaning Interval yang Bervariasi. Tesis Program Studi Teknik Mesin Universitas Pancasila.