

ANALISA DISAIN RANCANGAN SEBUAH ALAT PENUKAR KALOR JENIS SHELL AND TUBE SKALA LABORATORIUM

Sulis Yulianto¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jakarta
sulis.yulianto@yahoo.com

Fadwah Maghfurah¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Jakarta
fmaghfurah@yahoo.com

Abstrak

Perencanaan jumlah tube pada sebuah alat penukar kalor sangatlah penting dilakukan dengan tepat agar performance dari unit dapat tercapai secara maksimal, maka dalam kegiatan penelitian ini akan dilakukan suatu prediksi perencanaan perhitungan jumlah *tube* pada saat beda temperatur rata-rata fluida didalam sistem telah mencapai 20% dari spesifikasi disain rancangannya. Alat penukar kalor dalam penelitian ini memiliki 37 tube yang akan dioperasikan pada beban *thermal* konstan sebesar (Q) 5675 Watt dengan laju aliran fluida dingin (mc) 0,122 kg/s dengan kecepatan aliran fluida panas (mh) 0,075 kg/s yang kemudian akan dilakukan pengambilan data untuk dapat memprediksi jumlah tube terbaru dari disain sebelumnya saat beda temperatur rata-rata telah mencapai 20 % lebih tinggi dari spesifikasi disain rancangannya dengan prediksi waktu kegiatan *cleaning interval* pada bulan ke 6, 12, 18, dan pada bulan ke 23. Sehingga didapatkanlah jumlah tube sebanyak 10 buah tube dari sebelumnya sebanyak 37 buah tube, maka dengan adanya suatu prediksi terhadap variasi jumlah tube tersebut dapat dijadikan suatu rujukan pada suatu disain rancang bangun pada sebuah alat penukar kalor dimasa yang akan datang sehingga dapat lebih ekonomis, efektif dan memiliki kehandalan yang tinggi dalam suatu kegiatan produksi.

Kata kunci: Alat penukar kalor, Beban *thermal*, *Cleaning interval*.

1.PENDAHULUAN

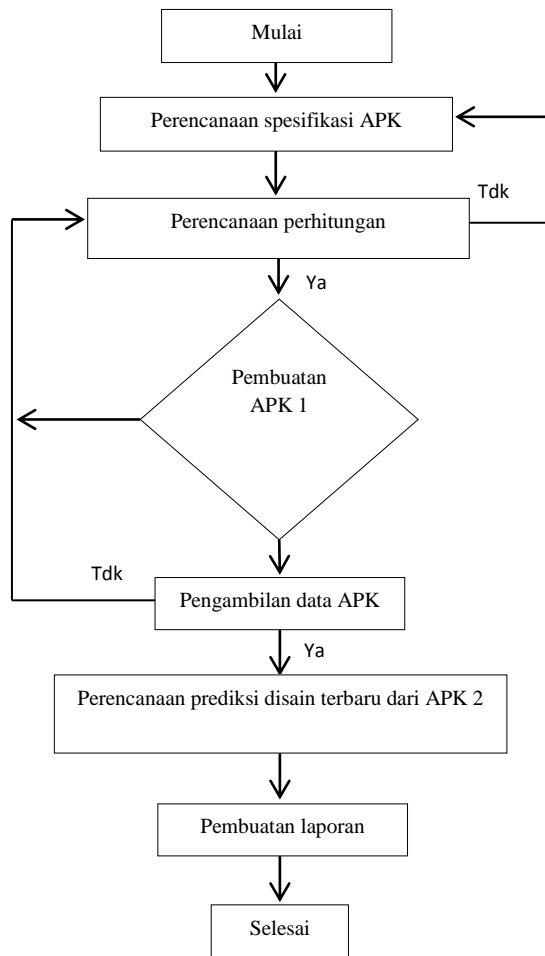
Alat penukar kalor adalah suatu alat yang sangat penting dalam kegiatan proses industri, dimana dukungan yang maksimal dari alat tersebut dapat mempengaruhi suatu proses menjadi kurang maksimal, maka

perlu adanya suatu perencanaan disain yang tepat dan ekonomis dalam pembuatan suatu alat penukar kalor tersebut sehingga dapat dioperasikan dengan baik dan berjalan secara maksimal sesuai prediksi disain yang telah dirancang.

2.METODE PENELITIAN

Dalam perencanaan disain alat penukar kalor ini yaitu dengan menggunakan metode analisa perencanaan perhitungan dengan menggunakan metode perencanaan disain dengan memperhitungkan faktor pengotoran fungsi waktu yang kemudian dilakukan pembuatan alat dan kemudian dilakukan pengambilan data yang kemudian dilakukan analisis perencanaan perhitungan

kembali yang akhirnya mendapatkan sebuah disain terbaru dari alat penukar kalor sebelumnya, dimana pada metode perencanaan perhitungan pada disain ke dua ini yaitu menggunakan metode perencanaan dengan menggunakan parameter kegiatan *cleaning interval* pada saat beda temperature rata-rata kedua fluida telah mencapai 20 % lebih tinggi dari spesifikasi disain rancangannya ($\Delta T_{mf}/\Delta T_{mc} = 1,2$



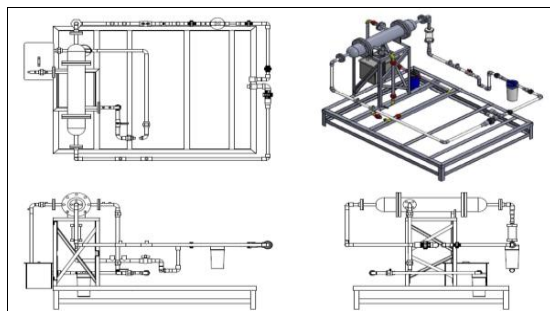
Gambar 1. Diagram alir perencanaan penelitian

3.HASIL PEMBAHASAN

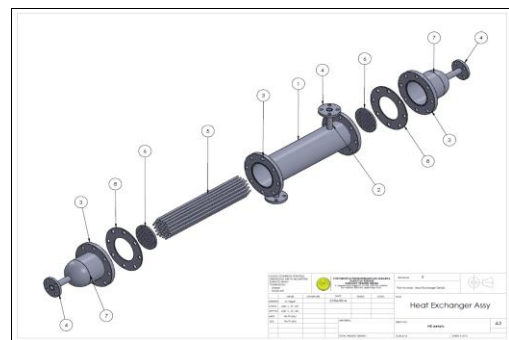
Dalam kegiatan penelitian ini akan dilakukan terlebih dahulu penentuan spesifikasi disain dari alat seperti terlihat pada table 1, yang kemudian dilakukan

Tabel 1. Spesifikasi disain terbaru alat penukar kalor

Spesifikasi Disain APK Shell and tube	
Diameter tube	OD 0,0127mm
Panjang tube	0,6 m
Laju alir fluida masuk shell (mh)	0,075 kg/s
Laju aliran fluida masuk tube (mc)	0,122 kg/s
Temp.fluida dingin masuk tube (Tci)	27 ^o C/ 300 K
Temp. fluida dingin keluar tube (Tco)	37 ^o c / 310 K
Temp. fluida panas masuk shell (Thi)	47 ^o c / 320 K
Beban termal (Q)	5100 Watt
Koefisien global perpindahan panas (U)	900 W/m ² K

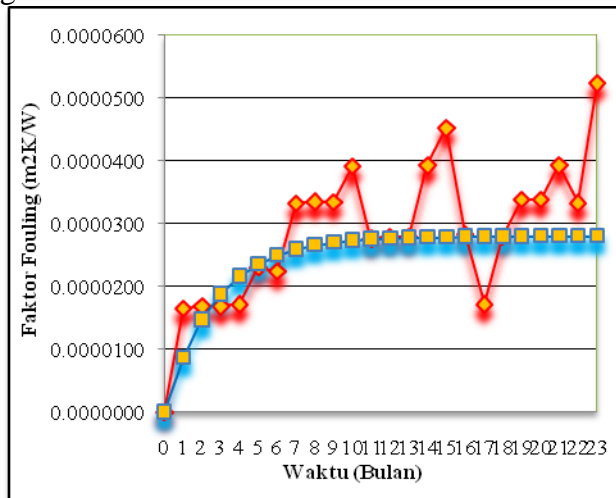


Gambar 2. Sistem alat penukar kalor



Gambar 3.Heat exchanger assy ke 1.

Pada konsep perencanaan disain terbaru pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode disain alternatif dengan faktor *fouling* fungsi waktu dimana data yang telah didapat akan dilakukan suatu evaluasi mengenai pembentukan pengotoran didalam sistem APK tersebut, yang kemudian data-data tersebut dievaluasi dalam bentuk analisa perhitungan untuk dapat menghasilkan suatu spesifikasi disain alat penukar kalor terbaru dari sebelumnya. Sehingga dari hasil pengamatan dan analisa pengambilan data didapatkanlah hasil berupa karakteristik perkembangan faktor pengotoran didalam sistem dengan metode pendekatan *assymtotik* seperti terlihat pada gambar dibawah.



Gambar 4. Karakteristik *assymtotik* faktor pengotoran APK.

Kemudian tahap selanjutnya, dilakukan perencanaan analisa perhitungan disain terbaru dimana alat penukar *kalor* ini akan dioperasikan pada beban *thermal* konstan (Q_{cst}) dan akan dimana kegiatan *maintenace* tersebut akan dilakukan pada saat kondisi beda temperatur rata-rata kedua *fluida* telah mencapai 20 % lebih tinggi dari kondisi awalnya sehingga bila nilai ΔT_{mc} desain rancanganya adalah sebesar 6,4 K, maka didapatkanlah nilai sebesar 7,6 K yaitu 20 % lebih tinggi dari nilai desainya maka didapatkan nilai beda temperatur tersebut adalah sebesar 1,2 K.

Kemudian dengan diketahuinya nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh sebesar 3174.6 W/m²K, maka dimensi luas penampang serta jumlah tube yang akan dipakai pada disain terbaru dari alat penukar kalor dapat diketahui yaitu sebesar 0,25 m².

$$Q_c = U_c \cdot A_c \cdot \Delta T_{mc}$$

$$A = \frac{Q_c}{U_c \cdot \Delta T_{mc}}$$

$$A = \frac{5657,8 \text{ W}}{3571,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \cdot 6,4 \text{ K}} = 0,25 \text{ m}^2$$

Dimana:

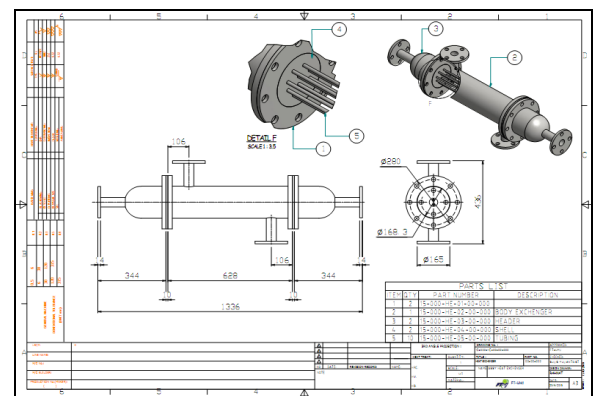
$$A = \pi \cdot D_o \cdot L \cdot N$$

$$N = \frac{A}{\pi \cdot D_o \cdot L}$$

$$N = \frac{0,25 \text{ m}^2}{3,14 \cdot 0,0127 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m}}$$

$$= 10 \text{ Tube}$$

Sehingga pada konsep rancangan disain alat penukar kalor yang kedua ini dengan menggunakan metode konvensional didapatkan nilai jumlah tube adalah sebanyak 10 tube. Kemudian dari analisa perhitungan metode disain alternatif tersebut diatas maka didapatkan sebuah spesifikasi disain terbaru yang menggunakan faktor *fouling* fungsi waktu seperti yang terdapat pada tabel 2 dibawah.



Gambar 5. Disain APK terbaru hasil rancangan ke 2.

Tabel 2. Disain APK terbaru hasil rancangan

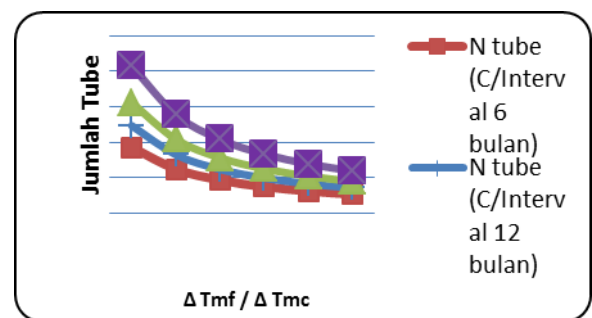
SPEKIFIKASI DISAIN APK RANCANGAN	SATUAN
Jumlah tube	10 Tube
Luas penampang APK	0,25 m ²
Diameter tube (OD)	0,0127 mm
Panjang tube	0,6 m
Diametr shell	0,15 m
Laju aliran fluida masuk shell (mh)	0,075 kg/s
Laju aliran fluida masuk tube (mc)	0,122 kg/s
Temp.fluida dingin masuk tube (Tci)	27 °C / 300 K
Temp. fluida dingin keluar tube (Tco)	37 °C / 310 K
Temp. fluida panas masuk shell (Thi)	320 K
Temp. fluida panas keluar shell (Tho)	303,8 K
Beban termal (Qc)	5657,8 Watt



Gambar 6. Assembly heat exchanger assy

Dari hasil pengamatan dan pengolahan data dari hasil pengujian kemudian akan dilakukan perencanaan prediksi jumlah tube yang terbaik pada disain yang akan datang dengan menggunakan metode pemilihan

jumlah tube pada saat beda temperatur rata – rata ($\Delta T_{mf} / \Delta T_{mc}$) kedua fluida telah mencapai 20% lebih tinggi dari disain rancanganya dengan memfariasikan panjang tube, dimana kegiatan *cleaning interval* yang akan dipakai dalam analisa ini yaitu menggunakan waktu *cleaning interval* pada bulan ke 6, 12, 18, dan bulan ke 23, maka didapatkan hasil prediksi disain terbaru terhadap fariasi jumlah *tube* yang kemudian dituangkan dalam bentuk gambar grafik dibawah.



Gambar 7. Grafik jumlah tube terhadap fariasi *cleaning interval*.

4.KESIMPULAN:

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa faktor pengotoran (ΣR_f) yang terjadi pada permukaan alat penukar kalor akan cenderung membentuk kurva *assymtotik* dengan:
 $R_f^* = 0,000028 \text{ m}^2\text{K/W}$
 $T_c = 2,7 \text{ bulan ... (waktu prediksi terjadi pengotoran awal)}$

Dimana:

$$\Sigma R_f = R_f^* \times (1 - (e^{(-\frac{t}{T_c})}))$$

2. Bahwa hasil dari prediksi perencanaan disain pada grafik diatas didapatkan bahwa jumlah tube yang ideal pada saat beda temperatur rata – rata telah mencapai 20% lebih tinggi dari disain rancanganya yaitu sebanyak 25 tube dengan estimasi perencanaan kegiatan *cleaning* dilakukan setelah 1 tahun (12 bulan) jam operasi alat tersebut beroperasi.

REFERENSI:

1. Ramesh K. Sahah and Dusan P Sekulic 2003. Fundamentals of Heat Exchanger Desing. 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 Assocation, INC. New York.
3. Keith Escoc, A., *Mechanical Design of Process Systems*, vol. 2, Gulf Pub. Company, Houston Texas, 1986.
4. Soekardi. C. April 2001. Prediksi karakteristik termal sebuah penukar kalor dampak pemilihan faktor pengotoran konstan, Poros, 4 No 2, 141-150.
5. 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.
6. Thurmarimurungan M. 2006. Performance Analysis of Shell and TubeHeat Exchanger Using Miseddle System. American Journal of Applied Sciences.