

DESAIN ULANG ALAT PENUKAR KALOR TIPE *SHELL AND TUBE* DENGAN MATERIAL *TUBE CARBON STEEL* DAN *STAINLESS STEEL 304*

Ratnawati¹, Amir Salim²

Jurusan Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang
Jl. Brigjen Katamso No. 40, Bontang, Kalimantan Timur, Indonesia
Email: azahabr@gmail.com¹, amirsalim@gmail.com²

Abstrak

Penukar panas sangat luas dipakai dalam dunia serti, pembangkit listrik, kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, dan lain sebagainya. Salah satu contoh dari alat penukar panas yang terdapat pada industri pupuk PT. Pupuk Kalimantan Timur adalah *Lean Solution Cooler 1-E-303*. Kajian dalam tulisan ini berisi gambaran tentang hasil analisis pengaruh perubahan material *tube* dari *carbon steel* menjadi *stainless steel 304* terhadap perpindahan panas, jatuh tekan, diameter dalam *shell*, jumlah *tube*, dll. Dari hasil analisa perhitungan diketahui bahwa terjadi penurunan nilai perpindahan kalor yang terjadi sebesar $2001.76 \text{ W/m}^2\text{K} - 1950.78 \text{ W/m}^2\text{K}$ (sisi *tube*) dan $5707.46 \text{ W/m}^2\text{K} - 5256.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (sisi *shell*), jatuh tekan sebesar 2.35 psi – 2.26 psi (sisi *tube*) dan 1.19 psi – 0.98 psi (sisi *shell*), dan kenaikan pada diameter dalam *shell* sebesar 954 mm – 999 mm, dan jumlah *tube* dari 1183 buah - 1300 buah.

Kata kunci : Alat penukar kalor, koefisien perpindahan panas, jatuh tekan, & jumlah *tube*.

PENDAHULUAN

Alat penukar kalor adalah suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Sebagian besar dari industri-industri yang berkaitan dengan pemrosesan selalu menggunakan alat ini, sehingga alat penukar kalor ini mempunyai peran yang penting dalam suatu proses produksi atau operasi [4].

Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah *Shell and Tube Heat exchanger (STHE)*. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube (tube bundle)* di bagian dalam, dimana temperatur fluida di dalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* (di dalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida di dalam *tube* dan di luar *tube*. Adapun daerah yang berhubungan dengan bagian dalam *tube* disebut dengan *tube side* dan yang di luar dari *tube* disebut *shell side* [5].

Pemilihan yang tepat suatu alat penukar kalor akan menghemat biaya operasional harian dan perawatan. Bila alat penukar kalor dalam keadaan baru, maka

permukaan logam dari pipa-pipa pemanas masih dalam keadaan bersih setelah alat beroperasi beberapa lama maka terbentuklah lapisan kotoran (*fouling*) pada permukaan pipa tersebut. Tebal tipisnya lapisan kotoran tergantung dari fluidanya. Adanya lapisan tersebut akan mengurangi koefisien perpindahan panasnya. Dikarenakan terdapat endapan atau deposit pada permukaan pipa, maka dibutuhkan luas perpindahan panas yang lebih agar koefisien perpindahan panas yang diinginkan dapat tercapai (dengan beban atau *duty* yang diberikan). Pada *shell & tube Heat exchanger*, *fouling* dapat terjadi baik pada bagian dalam (*inner tube*) maupun luar *Tube (outside tube)* dan dapat terjadi pula pada bagian dalam *shell*. *Fouling* juga dapat menyebabkan pengurangan *cross sectional area* (luas penampang melintang), dan meningkatkan *pressure drop*, sehingga dibutuhkan energi ekstra untuk pemompaan. Hal ini berdampak terhadap turunnya efisiensi keseluruhan alat ini. Batas terakhir alat dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan

adalah saat harga koefisien perpindahan panas mencapai harga minimum. oleh karena itu praktikan berinisiatif untuk mengadakan penelitian terhadap *Heat exchanger* sebagai bahan untuk tugas akhir [5].

TINJAUAN PUSTAKA

Perpindahan kalor adalah ilmu yang mempelajari berpindahnya suatu energi (berupa kalor) dari suatu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur. Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu sistem yang memiliki temperatur lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Keseimbangan pada masing – masing sistem terjadi ketika sistem memiliki temperatur yang sama. Perpindahan kalor dapat berlangsung dengan 3 (tiga) cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi [1].

Perpindahan kalor secara konduksi adalah proses perpindahan kalor dimana kalor mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung sehingga terjadi pertukaran energi dan momentum. Benda yang dapat menghantarkan panas dengan baik disebut konduktor. Pada umumnya, konduktor terbuat dari logam. Benda yang sukar menghantarkan panas disebut isolator

Konveksi adalah perpindahan panas karena terjadinya perpindahan zat. Peristiwa konveksi atau aliran zat terjadi pada perubahan suhu suatu zat. Contohnya adalah air yang sedang direbus. Zat cair dan gas yang terkena panas maka molekul-molekulnya bertambah besar dan beratnya tetap, sehingga akan bergerak ke atas. Gerakan ke atas ini akan diikuti oleh gerakan zat lain secara terus menerus

sehingga terjadi aliran zat karena panas. Dari peristiwa aliran inilah, maka panas dapat merambat secara konveksi. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi alami/ bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*) [1].

Radiasi adalah perpindahan panas tanpa zat perantara. Perpindahan panas radiasi adalah proses di mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan jika terdapat ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Contoh paling mudah dari perpindahan panas secara radiasi adalah pancaran sinar matahari. Matahari memancarkan panasnya sehingga sampai ke permukaan bumi melalui ruang hampa. Di ruang hampa tidak ada zat yang dapat dilalui dan juga tidak ada zat yang dapat mengalir. Panas matahari tersebut sampai ke bumi secara langsung atau secara pancaran tanpa melalui zat perantara [1].

Alat penukar kalor atau *Heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk menukar atau mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan kalornya dengan fluida lain. Arti dari mempertukarkan disini adalah memberikan atau mengambil kalor [4].

Alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran, tingkat kesempurnaan, dan

perbedaan jenis alat penukar kalor, semua alat penukar kalor menggunakan elemen–elemen konduksi termal yang pada umumnya berupa tabung *tube* atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut, memindahkan energi kalor ke elemen yang lainnya [4].

Heat exchanger umumnya merupakan peralatan dimana dua jenis fluida yang temperaturnya dialirkan kedalamnya dan saling bertukar kalor melalui bidang-bidang perpindahan panas atau dengan cara kontak langsung (bercampur). Bidang perpindahan panas ini umumnya berupa dinding pipa-pipa atau sirip-sirip (*fin*) yang dipasangkan pada pipa [5].

Kalor dapat dipindahkan diantara kedua fluida tersebut, besarnya sangat tergantung pada kecepatan aliran fluida, arah alirannya, sifat-sifat fluida, kondisi permukaan dan luas bidang perpindahan panas serta beda temperatur diantara kedua fluida. Fluida yang mengalir didalam *Heat exchanger* kadang-kadang mengandung zat-zat yang mengendap atau mengerak pada permukaan pipa atau bereaksi dan menyebabkan korosi atau kerusakan lainnya, sehingga kinerja *Heat exchanger* dapat menjadi turun. Dengan demikian untuk menunjang program maintenance peralatan ini, sebaiknya pengetahuan dasar perlu dikuasai agar diperoleh keuntungan yang optimal.

Alat penukar panas banyak digunakan pada berbagai instalasi industri, antara lain pada : *Boiler, Kondensor, Cooler, Cooling Tower*. Sedangkan pada kendaraan kita dapat menjumpai radiator yang fungsinya pada dasarnya adalah sebagai alat penukar panas. Tujuan perpindahan panas tersebut di dalam proses industri diantaranya adalah [2]:

a. Memanaskan atau mendinginkan fluida hingga mencapai temperature tertentu yang dapat memenuhi persyaratan untuk proses selanjutnya, seperti pemanasan reaktan atau pendinginan produk dan lain-lain.

b. Mengubah keadaan (fase) fluida : destilasi, evaporasi, kondensasi dan lain-lain.

Proses perpindahan panas tersebut dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Maksudnya adalah [2]:

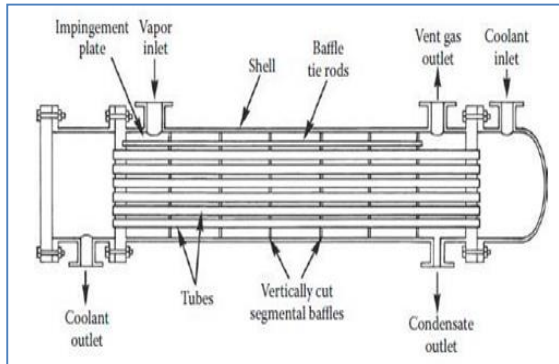
1) Pada alat penukar kalor yang langsung, fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana atau ruangan tertentu. Contohnya adalah *clinker cooler* dimana antara *clinker* yang panas dengan udara pendingin berkontak langsung. Contoh yang lain adalah *cooling tower* untuk mendinginkan air pendingin kondenser pada instalasi mesin pendingin sentral atau PLTU, dimana antara air hangat yang didinginkan oleh udara sekitar saling berkontak seperti layaknya air mancur.

2) Pada alat penukar kalor yang tidak langsung, fluida panas tidak berhubungan langsung dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panas itu mempunyai media perantara, seperti pipa, pelat atau peralatan jenis lainnya. Untuk meningkatkan efektivitas pertukaran energi, biasanya bahan permukaan pemisah dipilih dari bahan-bahan yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi seperti tembaga dan aluminium. Contoh dari penukar kalor seperti ini sering kita jumpai antara lain radiator mobil, *evaporator AC*.

Heat exchanger Tipe Shell and Tube

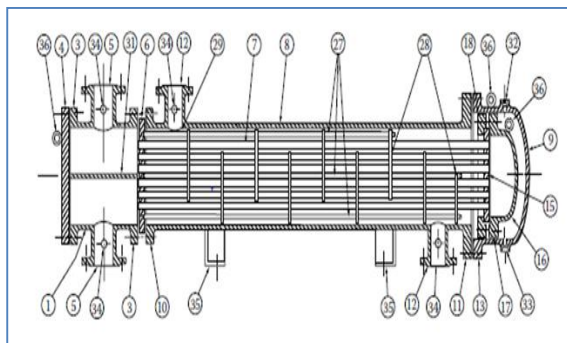
Alat penukar kalor tipe ini adalah salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan adanya sekumpulan “*tube*” yang dipasangkan di dalam “*shell*” berbentuk silinder di mana dua jenis fluida yang saling bertukar kalor mengalir secara terpisah, masing–masing melalui sisi “*tube*” dan sisi “*shell*”. Alat penukar kalor tipe ini sering digunakan di industri kimia. Satu fluida mengalir di dalam pipa, sementara fluida lain dialirkan dalam *shell*. Agar aliran dalam *shell* turbulen dan untuk memperbesar koefisien

perpindahan panas konveksi, maka pada *shell* dipasang penghalang (*baffle*). [2]



Gambar 1. Alat Penukar Kalar Tipe *Shell And Tube*

Alat penukar kalor tipe “*shell and tube*” memiliki komponen – komponen yang sangat berpengaruh pada konstruksinya.



(1) stationary head—channel; (2) stationary head—bonnet;(3) stationary head flange—channel or bonnet; (4) channel cover;(5) stationary head nozzle; (6) stationary tube sheet; (7) tubes; (8) shell; (9) shell cover; (10) shell flange—rear head end;(11) shell flange—rear head end; (12) shell nozzle; (13) shell cover flange; (14) expansion joint;(15) floating tube sheet; (16) floating head cover; (17) floating head backing device; (18) floating head backing device; (19) split shear ring; (20) slip-on backing flange; (21) floating head cover— external; (22) floating tubesheet skirt; (23) packing box; (24) packing; (25) packing gland; (26) lantern ring; (27) tierods and spacers;(28) transverse baffle or support plates; (29) impingement plate; (30) longitudinal baffle;(31) pass partition; (32) vent connection; (33) drain connection; (34) instrument connection;(35) support saddle; (36) lifting lug; (37) support bracket; (38) weir; (39) liquid level connection. (courtesy of the tubular exchanger manufacturers association.)

Gambar 2. *Constructional parts and connections*

Menentukan panas kerja

Untuk mencari panas kerja alat digunakan persamaan 1 dibawah ini:

$$Q = m_c \cdot C_{pc} \cdot \Delta T_c = m_h \cdot C_{ph} \cdot \Delta T_h \quad 1)$$

Dengan:

- Q = energi yang dipindahkan (Watt)
- m = laju aliran massa fluida (Kg/s)
- Cp = kalor spesifik (Kj/Kg 0_K)
- ΔT = beda temperatur fluida (0_K)

Menentukan beda temperatur logaritma rata-rata

Temperatur fluida di dalam penukar panas biasanya tidak konstan, tetapi berbeda dari titik ke titik lain pada saat panas mengalir. Oleh karena itu tahanan thermal yang konstan, laju aliran panas akan berbeda sepanjang lintasan penukar panas. Maka rumus dasar perpindahan panas sebagai mana ditunjukkan pada persamaan 2.

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

Menentukan diameter ekuivalen

Rumus yang digunakan untuk mencari diameter ekuivalen sebagai mana ditunjukkan pada persamaan 3.

Untuk bentuk pitch kotak (square pitch)

$$De = \frac{4(PT^2 - \pi do^2 / 4)}{\pi do} \quad 3)$$

Menentukan Uf dan Uc

Menentukan Uf dan Uc dapat menggunakan persamaan 4 dan 5.

$$\frac{1}{u_f} = \frac{1}{h_o} + \frac{r_o}{r_i h_i} + R_{ft} + r_o \frac{\ln(r_o / r_i)}{k} \quad 4)$$

$$\frac{1}{u_c} = \frac{1}{h_o} + \frac{r_o}{r_i} \frac{1}{h_i} + r_o \frac{\ln(r_o / r_i)}{k} \quad 5)$$

Dengan

Uf = koefisien transfer panas permukaan kotor (W/m²K)

Uc = koefisien transfer panas permukaan bersih (W/m²K)

Rft = total pengotoran (W/m²K)

K = konduktivitas thermal bahan yang digunakan

Menentukan jarak antar tube

Menentukan jarak antar tube dapat dicari dengan persamaan 6.

$$C = P_T - d_o \quad 6)$$

Ukuran *Heat exchanger* dapat ditentukan dengan persamaan 7 dan 8 di bawah ini

$$A_c = \frac{Q}{U_f \Delta T_m} = \frac{Q}{U_c \Delta T_m} \quad 7)$$

$$A_c = \frac{Q}{U_c \Delta T_m} \quad 8)$$

Untuk mendapatkan overdesain kita menggunakan persamaan 9.

$$\text{Overdesign (\%)} = \frac{AF}{AC} \quad 9)$$

Untuk menentukan diameter shell, maka digunakan persamaan 10.

$$D_s = 0.637 \sqrt{\frac{CL}{CTP}} \left[\frac{A_o (PR) d_o}{L} \right] \quad 10)$$

Untuk *fix tube*, nilai *CTP* yang disarankan adalah : [2]

Satu *tube pass*, *CTP* = 0.93

Dua *tube pass*, *CTP* = 0.90

Tiga *tube pass*, *CTP* = 0.85

Dimana *CL* adalah bentuk rangkaian tube disarankan

$CL = 1.0$ untuk 90° dan 45°

$CL = 0.87$ untuk 30° dan 60°

Untuk menentukan jumlah tube digunakan persamaan 11.

$$N_t = 0.785 \left(\frac{CTP}{CL} \right) \frac{D_s^2}{(PR) D_o^2} \quad 11)$$

Luas aliran sisi *shell* menggunakan persamaan 12.

$$AS = \frac{D_s C B}{P_t} \quad 12)$$

Sehingga kecepatan aliran massa menjadi seperti persamaan 13. [2]

$$GS = \frac{M_n}{AS} \quad 13)$$

Dengan

AS = Luas penampang *shell* (m²)

Ds = Diameter dalam *shell* (m)

C = Clearance (m)

B = Jarak antara baffle cm

Pt = Jarak antara pipa

GS = Kecepatan aliran massa (kg/s.m²)

Mn = Laju aliran massa Fluida (kg/s)

Untuk bilangan Reynold dapat dicari dengan persamaan 14.

$$R_{cs} = \frac{De \cdot GS}{\pi S} \quad 14)$$

Perhitungan ini dilakukan untuk mencari faktor koreksi pada *shell* dengan asumsi bahwa temperatur dinding dalam pipa sama dengan temperatur diluar pipa.

$$TW = \left(\frac{T_{hi} + T_{ho}}{2} + \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} \right) : 2 \quad 15)$$

Luas aliran sisi *tube* dapat dicari dengan persamaan 16.

$$A_t = \frac{\pi t^d}{4} \times \frac{N_t}{2} \quad 16)$$

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menghitung langsung terhadap alat penukar kalor *LEAN SOLUTION COOLER 1-E-303* Pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur di kota Bontang. Selain itu dilakukan penelitian perbandingan terhadap komposisi material *tube* dengan menggunakan material *Carbon steel* dan *stainless steel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Sheet HE 1-E- 303

Data yang didapat berdasarkan spesifikasi *Heat exchanger* unit 1-E-303 Pabrik -4 PT Pupuk Kalimantan Timur .

Tipe : BEM
Panjang *Tube* L : 6 m
Jumlah beban panas Q : 8586927 W/s
Sisi *Shell* (fluida panas)

Nama fluida : Lean MDA Solution
Diameter dalam *shell* Ds : 970 mm

Kecepatan larut	ms	: 67 Kg/s
Suhu masuk	T_{hi}	: 355.65 K
Suhu Keluar	T_{ho}	: 321.85 K
Suhu tengah		: 338.75 K
Jumlah passes	n	: 1 buah
Jumlah sekat	Nb	: 8 buah
Jarak antar sekat	B	: 655 mm

Parameter pada suhu 338.75 K (Mid Point)

Densitas	ρ	: 1017.5 Kg/m ³
Viskositas	π	: 0.00187 Ns/m ²
Panas spesifik	C_p	: 3803.71 J/kg.K
Konduktifitas termal	k	: 0.415 W/m.K

Sisi Tube (Fluida dingin)

Nama Fluida		: CCW
Diameter luar tube	d_o	: 19.05 mm
Diameter dalam tube	d_i	: 14.83 mm
Pitch tube	Pt	: 25.4 mm
Jumlah tube	Nt	: 1074
Panjang tube	L	: 6000 mm
Kecepatan larut	m_t	: 205.78 Kg/s
Suhu masuk	T_{ci}	: 308.15 K
Suhu Keluar	T_{co}	: 318.15 K
Suhu Tengah		: 313.15 K

Parameter pada suhu 313.15 K (Mid Point)

Desitas	ρ	: 992 Kg/m ³
Viskositas	π	: 0.00066 Ns/m ²
Panas spesifik	C_p	: 4178.43 J/kg.K
Konduktifitas termal	k	: 0.222 W/m.K
Konduktifitas carbon stell	Kcs	: 54 W/m.K
Konduktifitas ss 304	Kss	: 15 W/m.K

Menentukan Jumlah tube

$$N_t = 0.785 \left(\frac{CTP}{CL} \right) \frac{D_S^2}{(PR) d_o^2} = 1183$$

$$N_t = 0.785 \left(\frac{0.93}{0.87} \right) \frac{0.952^2}{(1.333) 0.01905^2}$$

Berikut perhitungan analisa alat penukar klaor *Heat exchanger* 1-E-303 Tipe *shell* dan *tube* pabrik 4 PT. Pupuk Kalimantan Timur di Kota Bontang .

1. Perpindahan panas yang terjadi dengan menggunakan material *tube* carbon steel sebesar

2001.76 W/m²K (*tube*) dan 5707.46 W/m²K (*shell*), sedangkan menggunakan material *tube* stainless stell 304 perpindahan panas yang terjadi sebesar 1950.78 W/m²K (*tube*) dan 5256.5 W/m²K (*shell*), terjadi penurunan transper panas 2.55% (*shell*) dan 7.9% (*tube*)

2. *Pressure drop* yang terjadi dengan menggunakan material *tube carbon stell* sebesar 16193.2 pa / 2.35 psi (*tube*) dan 8188.98 pa/ 1.19 psi (*shell*), sedangkan apabila menggunakan material *tube* stainless stell 304 sebesar terjadi penurunan tekanan 15589.54 pa / 2.26 pasi (*tube*) dan 6789.83 pa / 0.98 psi (*shell*) , terjadi penurunan tekanan $\pm 3\%$ dan $\pm 17\%$ (*tube*)
3. Dengan menggunakan material *tube* carbon steel, diameter dalam *shell* (DS) yang diperlukan sebesar 954 mm dan jumlah *tube* (Nt) sebanyak 1183 buah, sedangkan apabila menggunakan material *tube* stainless steel 304 , diameter dalam *shell* (Ds) yang diperlukan sebesar 999 mm dan jumlah *tube* (Nt) sebanyak 1300 buah, terjadi kenaikan sebesar 4.72% (Ds) dan 9.89% (Nt).
4. Dari perhitungan di atas dapat dibuat tabel perbandingan dengan menggunakan material *tube* carbon stell dan *stainless stell* 304.

Tabel 1 . Perbandingan Material *Carbon Steel* dan *Stainless Steel*

No	Uraian	Carbon steel	Stainless steel	Satuan	Ket.
1	Heat duty	8597092		Watt/s	-
2	Uf	856.35	779.67	W/m ² k	-8.95 %
3	Uc	1033.33	923.71	W/m ² k	-10.61%
4	Af	424.67	466.44	m ²	9.84 %
5	Ac	351.94	393.7	m ²	11.87 %
6	Overdesign	21	18	%	-14.29 %
7	Ds	954	999	Mm	4.72 %
8	Nt	1183	1300	Buah	9.89 %
9	De	0.01831		M	-
10	C	0.00635		M	-
11	Sisi shell				
12	As	0.1562	0.1637	m ²	4.80 %
13	Gs	428.11	408.49	kg/sm ²	-4.58 %
14	Res	4200.16	4007.71	-	-4.58 %
15	ho	2001.76	1950.78	W/m ² k	-2.55 %
16	Ps	16193.2	15589.54	Pa	-3.73 %
17		2.35	2.26	Psi	-3.83 %
18	Sisi tube				
19	At	0.1022	0.1122	m ²	9.78 %
20	Ret	45226.6	41177	-	-8.95 %
21	Nub	380.42	350.36	-	-7.90 %
22	hi	5707.46	5256.5	W/m ² k	-7.90 %
23	Pt	8188.98	6789.83	Pa	-17.09 %
24		1.19	0.98	Psi	-17.65 %

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil diatas menunjukkan bahwa berdasarkan acuan standar internasional yaitu TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association) , tentang perhitungan perancangan bagi sebuah *Heat exchanger* jenis *shell* and *tube* yang merupakan salah satu alat pada instansi pabrik 4 PT Pupuk Klaimantan Timur, dengan menggunakan konduktifitas thermal material carbon stell sebesar 54 W/m² K dan konduktifitas thermal sainless steel 304 sebesar W/m² K (selisih 72.2 %) dibutuhkan diameter dalam *shell* (Ds) 954 mm menjadi 999 mm atau (perubahan 4.72%), dan kebutuhan *tube* (Nt) 118 buah menjadi 1300 (perubahan 9.89%) , dapat disimpulkan bahwa perbedaan konduktifitas thermal yang tinggi suatu material tidak terlalu berpengaruh kepada diameter dalam *shell* (Ds) dan jumlah *tube* (Nt).

REFERENSI

[1]. Holman, J. P., (1991), *Perpindahan Kalor*, Ed. 6, Jakarta: Erlangga.

[2]. Kakac, Sadik & Liu, Hongtan, (2002), *Heat exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design*, USA: CRC Press.

[3]. Kern, D. Q. 1950. *Procces Heat Transfer*. McGraw-HillBook Company.

[4]. Bizzy, I., Setiadi, R., (2013), *Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube dengan Program Heat Transfer Research Inc. (HTRI)*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Jurnal Rekayasa Mesin Vol 13 No. I Maret 2013, 67 – 72

[5]. Sontanan Biu, Gilberth, (2009), *Redesaian Penukar Panas Untuk Mechanical Seal Pompa Recirculation P2-P-201 Di Unit Urea-4, POPKA*, Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Industri Bontang, Tugas Akhir: STTIB.