

PENYUSUNAN PROGRAM KOMPUTASI PERANCANGAN HEAT EXCHANGER TIPE SHELL & TUBE DENGAN FLUIDA PANAS OLI DAN FLUIDA PENDINGIN AIR

Afdhal Kurniawan Mainil, Rahmat Syahyadi Putra, Yovan Witanto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Jl. W.R. Supratman Kandang Limun Bengkulu

Telepon: (0736) 344087, 22105 – 227

e-mail: afdhal_km@yahoo.com

Abstrak

Tipe alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) yang paling banyak digunakan di dunia industri adalah tipe shell dan tube karena dari konstruksinya yang simpel, alat ini terdiri dari sebuah shell silindris di bagian luar dan sejumlah tube di bagian dalam. Alat penukar kalor ini dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal dalam memindahkan kalor serta dapat menunjang terhadap operasi suatu unit, oleh karena itu perancangan yang baik dan benar dalam merancang alat ini sangat diperlukan. Kemajuan dibidang komputasi sangat membantu dalam merancang dan menganalisis alat penukar kalor jenis shell dan tube ini, maka dalam penelitian ini disusunlah sebuah program komputasi perancangan penukar kalor tipe Shell dan Tube dengan fluida panas oli dan air sebagai pendingin dengan ketentuan Standart Of Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA). Setelah tersusunnya program komputasi, selanjutnya hasil perancangan di validasi menggunakan data masukan berupa temperatur fluida masuk dan keluar dari alat penukar kalor shell dan tube yang ada di lapangan dan membandingkan dimensi yang didapatkan dari hasil perancangan dengan spesifikasi alat di lapangan. Setelah dibandingkan antara data dan spesifikasi alat lapangan dengan perhitungan perancangan menggunakan program komputasi menghasilkan sedikit selisih untuk nilai diameter luar tube, diameter dalam tube dan diameter dalam shell dengan error sebesar 0,0032% untuk diameter luar tube, 0,1666% untuk diameter dalam tube dan 0,0143% untuk diameter dalam shell, untuk dimensi baffle yang didapatkan dari hasil pemrograman bisa dikatakan tidak terdapatnya error. Melalui hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa program komputasi ini dapat diaplikasikan dalam perancangan heat exchanger jenis shell and tube dengan fluida oli di sisi fluida panas dan fluida air sebagai pendingin.

Kata kunci: Alat penukar kalor, shell and tube, Program Komputasi, Validasi.

1. PENDAHULUAN

Heat exchanger memiliki peranan yang sangat penting dalam industri terhadap keberhasilan keseluruhan rangkaian proses pada suatu unit, karena kegagalan pada operasi *heat exchanger* dapat menyebabkan berhentinya operasi unit. Maka *heat exchanger* dituntut untuk memiliki kinerja yang baik agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap operasi suatu unit tersebut. Salah satu langkah awal yang sangat menentukan adalah perancangan *heat exchanger* [1,2,3].

Tipe alat penukar kalor (*Heat Exchanger*) yang paling banyak digunakan di dunia industri adalah tipe *shell* dan *tube* karena dari konstruksinya yang simpel. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* di bagian dalam. Perancangan yang benar dan teliti dalam mendisain tipe ini sangat dibutuhkan untuk menghasilkan unjuk kerja *heat exchanger* yang baik[4].

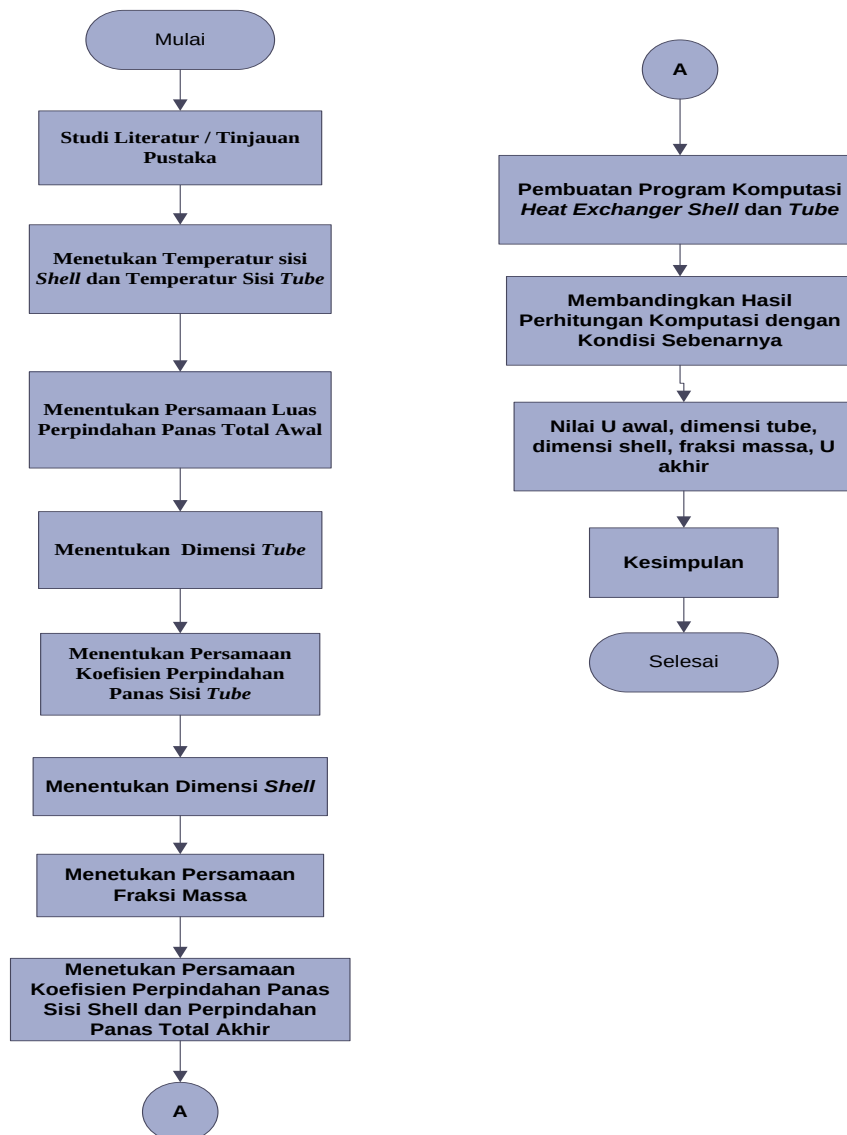
Merancang suatu *heat exchanger* diperlukan biaya yang besar dan waktu yang cukup lama. Karena itu dibutuhkan metode yang efektif dan efisien untuk memecahkan masalah ini yaitu suatu program komputasi perancangan *heat exchanger* [5,6,7]. Dalam penelitian ini akan disusun suatu program komputasi perancangan *heat exchanger* tipe *shell* dan *tube*.

Perancangan program komputasi ini dibatasi hanya pada perancangan alat penukar kalor jenis *shell & tube* dua laluan dengan fluida kerja berupa oli sebagai fluida panas dengan air sebagai pendingin yang tidak mengalami perubahan fasa. Metode yang digunakan dalam

perancangan ini adalah dengan ketentuan *Standart Of Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)*[4], metode *log mean temperature difference* pada sisi *tube*[3] dan metode *Wills & Jhonson* pada sisi *shell*[1].

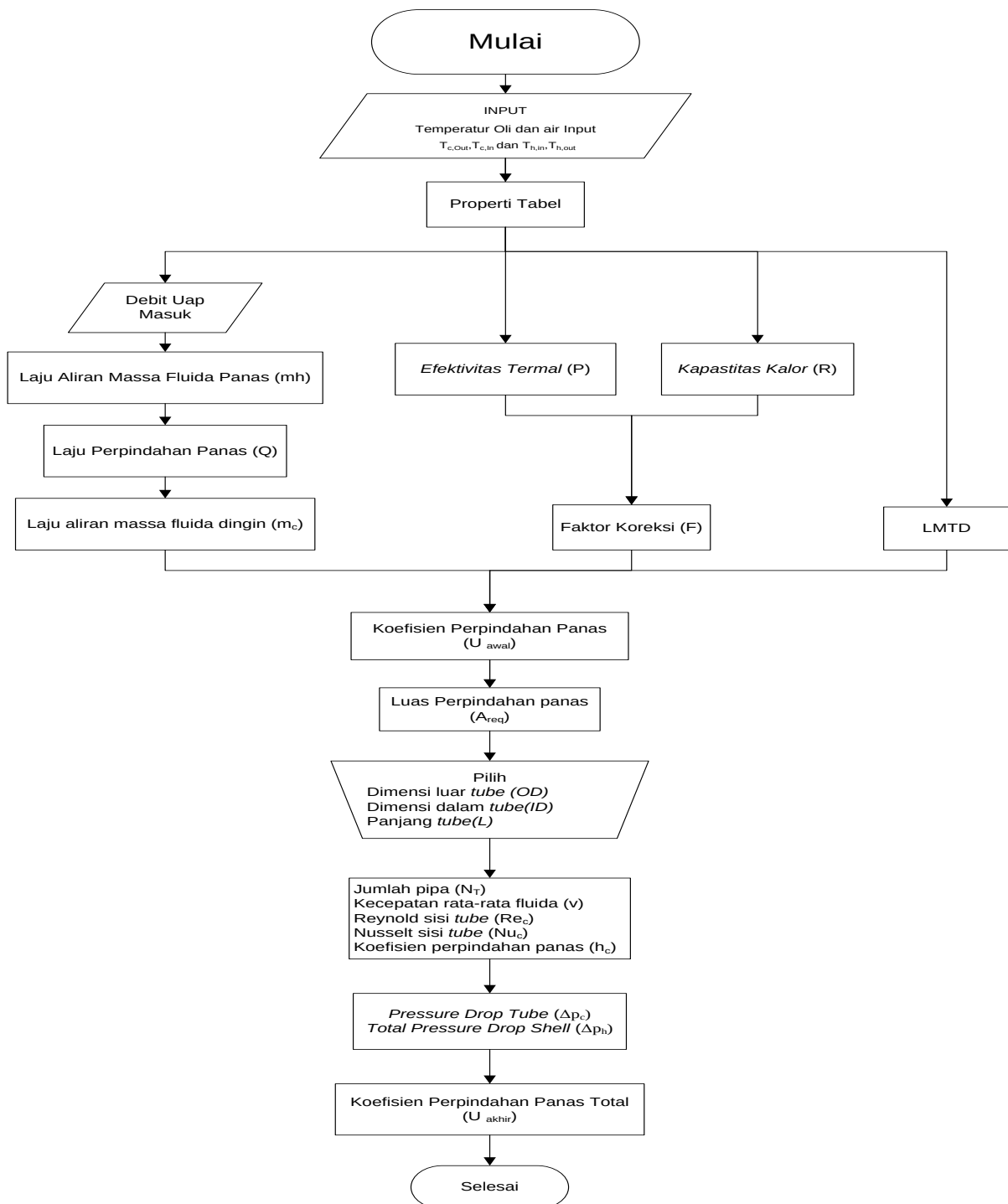
2. METODOLOGI

Proses perancangan program komputasi *heat exchanger* tipe *shell* dan *tube*, dipilih dengan menggunakan standar TEMA. Data-data yang akan dimasukkan seperti temperatur sisi *shell* dan temperatur sisi *tube*. Perhitungan dalam perancangan mempergunakan metode *log mean temperature difference* pada sisi *tube* dan metode *Wills & Jhonson* pada sisi *shell*, hasil perancangan ini mendapatkan dimensi dari *heat exchanger*, untuk memvalidasi hasil rancangan, data masukan berasal dari data *heat exchanger* yang ada di lapangan dan hasil yang diperoleh dari program komputasi ini dibandingkan dengan spesifikasi *heat exchanger* yang ada di lapangan tersebut. Secara umum penelitian ini dilakukan dengan tahap-tahap seperti yang terdapat pada diagram alir di bawah ini:



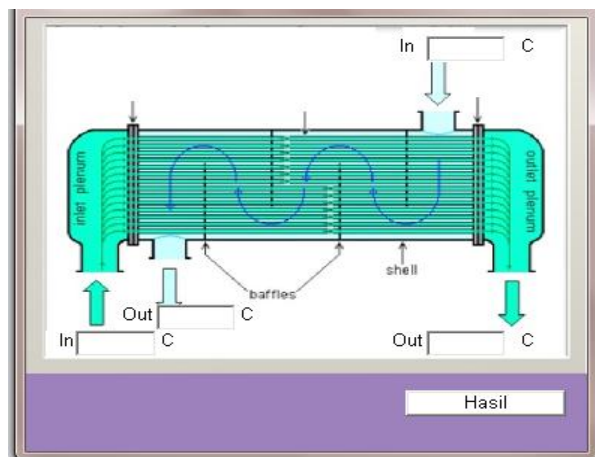
Gambar 2.1. Diagram alir prosedur penelitian

Adapun *flowchart* dari program komputasi perancangan *heat exchanger* tipe *shell* and *tube* secara umum bisa dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini:



Gambar 2.2. Flowchart program komputasi perancangan heat exchanger

Diharapkan hanya dengan mengetahui data masukan temperatur fluida panas masuk dan fluida dingin masuk serta temperatur fluida panas yang kita inginkan dengan menggunakan program komputasi ini bisa menghitung semua dimensi dari *heat exchanger* tipe *shell and tube* sebagai data perancangan yang selanjutnya digunakan sebagai spesifikasi dalam pembuatan alat. Pada gambar 3.3 terlihat salah satu tampilan pada program perancangan untuk memasukkan data.



Gambar 2.3. Tampilan Data Masukkan Temperatur

Selanjutnya data-data masukan tersebut akan diproses dalam program dan akan ditampilkan data-data hasil rancangan berupa semua dimensi yang dibutuhkan sebagai spesifikasi alat *heat exchanger*.

Pada penelitian ini sebagai data masukan dipakai data dari *heat exchanger* tipe *shell and tube* yang ada di lapangan ini bertujuan untuk memvalidasi hasil data perhitungan program komputasi dengan cara membandingkan dengan spesifikasi *heat exchanger* tersebut. Data-data dari *heat exchanger* yang ada di lapangan bisa dilihat dari tabel 2.1 dan spesifikasinya dapat di lihat dari tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.1. Data *heat exchanger* yang terdapat di Lapangan

Fluida Dingin	Air
Fluida Panas	Oli
Debit uap masuk (Q)	72,22 m ³ /s
Temperatur uap masuk ($T_{h,in}$)	52 °C
Temperatur uap keluar ($T_{h,out}$)	49 °C
Temperatur permukaan tabung (T_s)	45 °C
Temperatur air pendingin masuk ($T_{cold,in}$)	30 °C
Temperatur air pendingin keluar ($T_{cold,out}$)	36 °C

Tabel 2.2. Geometri *Heat Exchanger Shell and Tube*

Penampang pipa pendingin diameter luar (OD)	0,023 m
Penampang Pipa pendingin diameter dalam (ID)	0,021 m
Diamer dalam <i>shell</i> (Ds)	0,04924 m
Jumlah Pipa (N)	237 buah
Tebal <i>baffle</i>	0,0045 m
Jarak radial antara <i>shell and baffle</i>	0,00225 m
Jarak antar <i>baffle</i>	0,1143 m
<i>Tube pitch</i>	0,028575
Jarak radial antara <i>tube and baffle</i>	0,00036 m

3. HASIL

Hasil dari perhitungan dari data-data masukan berupa akan ditampilkan berupa data-data dimensi. Pada tabel 3.1 diperlihatkan data masukan dan data hasil rancangan yang diperoleh. Dan pada tabel 3.2 diperlihatkan hasil perbandingan program komputasi perancangan dengan *heat exchanger* yang ada di lapangan.

Tabel 3.1. Hasil Pemrograman Perancangan *Heat Exchanger*
 Perancangan *Heat Exchanger* Jenis *Shell and Tube*

Data Masukkan Awal:	
• Temperatur masuk pada sisi shell	: 52°C
• Temperatur keluar pada sisi shell	: 49°C
• Temperatur masuk pada sisi tube	: 30°C
• Temperatur keluar pada sisi tube	: 36°C
• Debit Aliran	: 72.22 m ³ /s

Koefisien Perpindahan Panas Sisi *Tube*

No.	Koefisien Perpindahan Panas Sisi <i>Tube</i>	Hasil Pemrograman
1.	Aliran Massa Fluida Dingin	1.047 Kg/s
2.	Laju Perpindahan Panas Awal	6306,03 W
3.	Laju Aliran Massa Fluida Panas	0,25 Kg/s
4.	Efektivitas Termal	0,27 °C
5.	Kapasitas Kalor	0.50 °C
6.	Faktor Koreksi	0,44
7.	LMTD	17,46 °C
8.	Koefisien Perpindahan Panas	142,6557 W/m ² .°C
9.	Luas Perpindahan Panas	5,7914 m ²
10.	Diameter Luar Tube	0,2286 m
11.	Diameter Dalam Tube	0,018 m
12.	Panjang Tube	6,66 m
13.	Jumlah Pipa	237 buah
14.	Kecepatan Rata-Rata Fluida	4,14 m/s
15.	Reynold Sisi Tube	98617
	Aliran	Turbulent
16.	Nusselt Sisi Tube	435,3
	Aliran	Turbulent
17.	Koefisien Perpindahan Panas	14987,6787 W/m ² .K
18.	Penurunan Tekanan Sisi Tube	1,0111 Pa

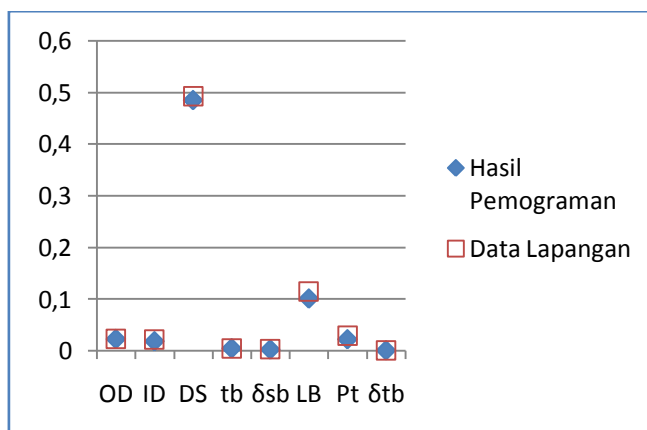
Koefisien Perpindahan Panas Sisi *Shell*

No.	Koefisien Perpindahan Panas Sisi <i>Shell</i>	Hasil Pemrograman
1.	Diameter Dalam <i>Shell</i>	0,48582 m
2.	Tebal <i>Baffle</i>	0,00425 m
3.	Jarak Radial Antara <i>Shell and Baffle</i>	0,00203 m
4.	Jarak Antar <i>Baffle</i>	0,1143 m
5.	<i>Tube Pitch</i>	0,0218 m
6.	Jarak Radial Antara <i>Tube and Baffle</i>	0,00031 m
7.	<i>Shell to Baffle Leakage Area</i>	0,00342 m ²
8.	<i>Shell to Baffle Leakage Coefficient</i>	103,8
9.	<i>Tube to Baffle Leakage Area</i>	0,004149 m ²
10.	<i>Tube to Baffle Leakage Coefficient</i>	64,1
11.	<i>bundle diameter</i>	0,45082 m
12.	<i>Flow area near centerline</i>	0,01378 m ²
13.	<i>Window zone flow area</i>	0,04026 m ²
14.	<i>Window flow resistance Coefficient</i>	4,99
15.	<i>Bypass flow area</i>	0,00400 m ²
16.	N _C	8,50
17.	N _{SS}	2
18.	<i>Bypass flow area fraction</i>	0,029023
19.	<i>bypass flow resistance coefficient</i>	150
20.	Reynold Sisi <i>Shell</i>	5325
21.	Bilangan <i>Euler</i>	0,31088

22.	Fraksi Massa	
	n_c	8,00
	n_{cb}	5,28
	n_a	10,27
	n_p	3,49
23.	$F_{cr \text{ Akhir}}$	0,4737
24.	<i>Bypass Flow</i>	0,1095
25.	<i>Shell-to-Baffle Leakage Flow</i>	0,1835
26.	<i>Tube-to-Baffle Leakage</i>	0,2333
27.	<i>Total Fraction</i>	1
28.	<i>Number of baffle</i>	55 buah
29.	<i>Pressure drop shell</i>	214,5410
30.	<i>Fouling Factor Oil</i>	0,00175
31.	<i>Fouling Water</i>	0,00035
32.	Material	CuNi 9010
33.	Konduktivitas Termal	65 W/m.K
33.	Bilangan Nusselt	742,23
34.	Koefisien Perpindahan Panas Sisi <i>Shell</i>	4620,28 W/m ² .°C
35.	Koefisien Perpindahan panas Total	1038,74 W/m ² .°C

Tabel 3.2. Perbandingan Hasil Perancangan *Heat Exchanger*
 Dimensi *Heat Exchanger* Jenis *Shell and tube*

No.	Dimensi <i>Heat Exchanger</i>	Hasil Pemrograman	Data Krakatau Daya Listrik	Error (%)
1.	Diameter Luar Tube	0,022286 m	0,023 m	0,0032
2.	Dimeter Dalam Tube	0,018 m	0,021 m	0,1660
3.	Panjang Tube	6,66 m	6,6 m	0,0000
4.	Jumlah Pipa	237 buah	237 buah	0,0000
5.	Dimeter Dalam <i>Shell</i>	0,48542 m	0,4924 m	0,0143
6.	Tebal <i>baffle</i>	0,00425 m	0,0045 m	0,058824
7.	Jarak radial antara <i>shell and baffle</i>	0,00203 m	0,00225 m	0,108374
8.	Jarak antar <i>baffle</i>	0,1007 m	0,1143 m	0,135055
9.	<i>Tube pitch</i>	0,0218 m	0,028575	0,31078
10.	Jarak radial antara <i>tube and baffle</i>	0,00031 m	0,00036 m	0,16129



Ket:
 δ_{tb} : Jarak radial antara *tube and baffle*
 Pt : *Tube pitch*
 LB: Jarak antar *baffle*
 δ_{sb} : Jarak radial antara *shell and baffle*
 tb : Tebal *baffle*
 DS: Dimeter Dalam *Shell*
 ID : Dimeter Dalam Tube
 OD : Diameter Luar Tube

Gambar 3.1. Hasil plot perbandingan program komputasi perancangan *heat exchanger* dengan data masukan dari *heat exchanger* yang ada di lapangan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah ditampilkan di atas dapat dikatakan bahwa hasil program komputasi perancangan *heat exchanger* tipe *shell and tube* dapat dikatakan sama dengan data-data masukan *heat exchanger* yang ada di lapangan. Hal ini dapat terlihat dari perbandingan hasil yang didapatkan untuk nilai dimensi *heat exchanger* jenis *shell and tube* dengan menggunakan nilai yang ada pada *Standart Of Tubular Manufacturer Associations* (TEMA). Terdapat persentase error yang sangat kecil dari perbandingan kedua data tersebut. Berturut-turut nilai error untuk dimensi data masukan diameter luar *tube*, diameter dalam *tube*, diameter dalam *shell*, tebal *baffle*, jarak radial antara *shell* dan *baffle*, jarak antar *baffle*, *tube pitch*, jarak radial antara *tube* dan *baffle* adalah 0,0032 %; 0,1660%; 0,0143%; 0,058824%; 0,108374%; 0,135055%; 0,31078%; dan 0,16129%. Jika dilihat dari data tersebut nilai error terbesar dimiliki oleh dimensi *tube pitch* yaitu 0,31078% namun nilai ini masih terbilang kecil dan masih dapat diterima. Sedangkan untuk dimensi panjang *tube* dan jumlah pipa adalah sama untuk kedua data masukan. Dengan begitu program komputasi perancangan *heat exchanger* tipe *shell and tube* dapat digunakan untuk perancangan *heat exchanger shell* dan *Tube* dengan fluida panas oli dan fluida pendingin air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terimakasih penulis sampaikan kepada Meizar Vetrano, S.T dan P.T. Krakatau Daya Listrik atas kesediaan dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data dan spesifikasi *Heat Exchanger*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cengel, A.Y, 2003. ***Heat Transfer A Practical Approach, 2nd Edition***. McGraw-Hill : Nevada
2. Hewitt, G.F, 1994. ***Process Heat Transfer***. CRC Press, Inc : USA
3. Ludwig, E.E, 1965. ***Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, volume 3, 3rd Edition***. Gulf Professional Publishing Company, Houston : Texas
4. Taborek, J. 1983. ***Heat Exchanger Design Handbook***. Hemisphere Publishing Corporation: USA
5. Kara, A. Yusuf. 2003. ***A Computer Program for Designing of Shell and Tube Heat Exchangers***, Jurnal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Ataturk : Turki
6. Sugiyanto. 2005. ***Analisis Alat Penukar Kalo Tipe Shell and Tube Dan Aplikasi Perhitungan Dengan Microsoft Visual Basic 6.0***, Jurnal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Gunadarma: Depok
7. Gandidi, I. Mamad. 2009. ***Pendekatan Statistik-Numerik Berbasis Komputasi Sebagai Software Untuk Proses Desain dan Analisis Untuk Kerja Termal Penukar Kalor***. Jurnal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung : Lampung