



***HEAT EXCHANGER DESIGN DENGAN PEMANAS
STEAM PADA SORBITOL PLANT KAPASITAS 90.000
TON/TAHUN***

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia**

Oleh

Muslimatul Mufidati

NIM. 5213415005

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama Mahasiswa : Muslimatul Mufidati

NIM : 5213415005

Skripsi Dengan Judul "*Heat Exchanger Design* dengan Pemanas *Steam* pada Sorbitol *Plant* Kapasitas 90.000 ton/tahun" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 5 Agustus 2019

Dosen Pembimbing



Ria Wulansarie, S.T., M. T.

NIP. 199001272015042001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “*Heat Exchanger Design* dengan Pemanas *Steam* pada Sorbitol *Plant* Kapasitas 90.000 ton/tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 15 bulan Agustus tahun 2019.

Oleh

Nama : Muslimatul Mufidati

NIM : 5213415005

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Panitia:

Ketua



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Sekretaris



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji I



Dr. Widi Astuti, ST., M. T.
NIP. 197310172000032001

Penguji II



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Pembimbing



Ria Wulansarie, S.T., M.T.
NIP. 199001272015042001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (Unnes) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 5 Agustus 2019

Yang membuat pernyataan,



Muslimatul Mufidati
NIM. 5213415005

MOTTO

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap (QS. Asy-Syarh : 5 – 8).

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT.
2. Kedua Orang Tua.
3. Dosen-dosenku.
4. Kawan-kawanku
5. Almamaterku.

ABSTRAK

Mufidati, Muslimatul. 2019. *Heat Exchanger Design* dengan Pemanas *Steam* Pada Sorbitol Plant Kapasitas 90.000 Ton/Tahun. Skripsi: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing: Ria Wulansarie, S.T., M.T.

Alat penukar kalor merupakan salah satu alat yang banyak digunakan di dunia industri. Pada pemakaiannya di dunia industri, alat penukar kalor hanya difokuskan pada dua bahasan utama, yakni desain dan pengoperasiannya. Suatu alat penukar kalor didesain untuk dijalankan pada satu harga yang tetap seperti misalnya nilai laju aliran massa, namun pada kenyataannya, alat penukar kalor terkadang tidak dijalankan dalam kondisi desain akibat berbagai macam faktor. Dalam penelitian ini, dilakukan hitung perancangan alat penukar kalor *shell and tube* dengan tipe aliran aliran searah (*co current*). Hitung perancangan alat penukar kalor *shell and tube* dilakukan sesuai dengan standar TEMA dan didesain pada nilai laju aliran massa yang tetap baik untuk fluida dingin maupun fluida panasnya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa alat penukar kalor *shell and tube* tipe aliran searah membutuhkan nilai luas perpindahan kalor sebesar 479,773 ft². Nilai LMTD pada tipe aliran alat penukar kalor *shell and tube* sebesar 42,4°C. Adapun nilai faktor kekotoran (*fouling factor*) yaitu 0,0063 dan sudah memenuhi standar dari faktor yang diperlukan yaitu 0,003. Nilai dari *clean coefficient* (U_C) sebesar 3.302,012 Btu/jam.ft².F dan *design coefficient* (U_D) sebesar 151,928 Btu/jam.ft².F. Penurunan tekanan (*pressure drop*) pada *tube* 1,367 psi dan pada *shell* sebesar 0,227 psi.

Kata kunci: *heat exchanger, shell and tube, fouling factor, pressure drop*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Karena dengan rahmat dan hidayah-Nya serta partisipasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “*Heat Exchanger Design* dengan Pemanas *Steam* Pada Sorbitol Plant Kapasitas 90.000 Ton/Tahun”. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin penelitian dalam memperlancar penyelesaian tugas akhir ini.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ria Wulansarie, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan, motivasi dan petunjuk dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Dr. Widi Astuti S.T., M.T., dan Dr. Megawati, S.T., M.T., sebagai Dewan Penguji I dan Dewan Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir.
5. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan serta doa.
6. Keluarga besar mahasiswa Teknik Kimia angkatan 2015 yang selalu memberikan semangat dan motivasi hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan tugas akhir ini.

Semarang, 15 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah	2
1.5 Tujuan	3
1.6 Manfaat	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Perpindahan Kalor.....	5
2.2 Alat Penukar Kalor.....	5
2.3 Klasifikasi Alat Penukar Kalor	6
2.4 Alat Penukar Kalor <i>Tipe Shell and Tube</i>	8
2.5 <i>Fouling Factor</i> (Rd).....	10
2.6 Penurunan Tekanan.....	12
2.7 Keuntungan <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	12
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	15

3.2	Studi Literatur	15
3.3	Penggunaan Standar Perancangan.....	15
3.4	Prosedur Perancangan <i>Heat Exchanger</i>	16
3.5	Diagram Alir Penelitian	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		19
4.1	Data Perancangan	19
4.2	Desain <i>Tube Side</i>	19
4.3	Perancangan Heat Exchanger.....	20
BAB V PENUTUP		31
5.1	Simpulan	31
5.2	Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA		32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien <i>Fouling Factor</i> (Rd) Beberapa Fluida	10
Tabel 4.1	Komposisi Umpan E-102	22
Tabel 4.2	Data Viskositas	23
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Viskositas Fluida Panas.....	23
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Viskositas Fluida Dingin	24
Tabel 4.5	Data Konduktivitas	25
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Konduktivitas Fluida Panas.....	25
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Konduktivitas Fluida Dingin	25
Tabel 4.8	Data Kapasitas Panas Liquid.....	26
Tabel 4.9	Data Kapasitas Panas Gas	26
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Fluida Panas	27
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Fluida Dingin.....	27
Tabel 4.12	Data Tc, Pc dan ω	29
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Z	30
Tabel 4.14	Data Densitas masing-masing Komponen.....	31
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Densitas Fluida Dingin	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alat Penukar Kalor Aliran <i>Co-Current</i>	6
Gambar 2.2	Alat Penukar Kalor Aliran <i>Counter-Current</i>	7
Gambar 2.3	Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell and Tube</i>	8
Gambar 2.4	Komponen Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell and Tube</i>	8
Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan	18
Gambar 4.1	Skema <i>Heater</i> (E-102)	21
Gambar 4.1	Susunan <i>Triangular Pitch</i>	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan alat penukar kalor (*heat exchanger*) semakin banyak digunakan dalam berbagai industri untuk menurunkan dan menaikkan temperatur dalam memenuhi kebutuhan teknis berbagai produk. Industri-industri yang menggunakan alat penukar kalor seperti industri kimia, pabrik, gedung perkantoran, rumah sakit dan pembangkit listrik (*power plant*).

Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang paling banyak digunakan adalah *shell and tube heat exchanger*. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* di bagian dalam, temperatur fluida di dalam *tube* 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 *tube side* dan yang di luar disebut *shell side*.

Pada perancangan pabrik sorbitol kapasitas 90.000 ton/tahun ini dibutuhkan pemanas untuk memanaskan larutan dekstrosa hingga larutan tersebut mencapai kondisi yang diinginkan guna mencapai kondisi yang sesuai untuk proses hidrogenasi pada reaktor. Pemanas yang digunakan dalam perancangan pabrik sorbitol ini menggunakan *steam* yang berasal dari *boiler* unit utilitas. *Boiler* digunakan untuk mengubah air menjadi uap. Uap yang dihasilkan dari *boiler* berupa uap saturated steam dengan tekanan dan suhu yang tinggi.

Dalam hal ini diperlukan adanya perancangan *heat exchanger* guna mengetahui perpindahan panas yang diperlukan untuk memanaskan larutan dekstrosa dan desain *heat exchanger* yang sesuai dengan teori yang ada sehingga kebutuhan transfer panas bisa tercapai seminimal mungkin agar desain yang dihasilkan dapat efektif dan efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan panas *steam* dalam memanaskan larutan dekstrosa
2. Bahan yang digunakan dalam desain *heat exchanger*
3. Asumsi jumlah *tube*, diameter *tube* dan *shell*, *dirt factor coefficient* (Ud) agar diperoleh nilai *fouling factor* dan *pressure drop* yang sesuai

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam hal ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam pada perancangan ini yaitu:

1. Laju alir massa dijaga konstan dengan menggunakan empat buah *baffle*
2. Fluida panas diletakkan pada aliran di dalam Shell sedangkan Fluida dingin diletakkan pada aliran di dalam Tube
3. Aliran yang digunakan adalah aliran searah (*co current*)

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menentukan bahan konstruksi dan letak fluida panas dan dingin?
2. Berapakah besar perpindahan panas yang dibutuhkan *steam* dan larutan dekstrosa secara keseluruhan?
3. Bagaimana cara menentukan desain dan spesifikasi *shell and tube heat exchanger* (STHE) sesuai kebutuhan?

1.5 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara menentukan bahan konstruksi dan letak fluida panas dan dingin
2. Mengetahui seberapa besar perpindahan panas yang dibutuhkan *steam* dan larutan dekstrosa secara keseluruhan
3. Menentukan desain dan spesifikasi *shell and tube heat exchanger* (STHE) sesuai kebutuhan

1.6 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi :

1. Bagi Lingkungan dan masyarakat
 - a. Mampu memanfaatkan panas yang terbuang, sehingga lebih efisien dalam kehidupan sehari-hari

- b. Memberikan pengetahuan mengenai cara perancangan alat penukar kalor tipe *shell and tube heat exchanger*

2. Bidang IPTEK

- a. Mengetahui perancangan *shell and tube heat exchanger* yang benar sesuai teori yang sudah ada
- b. Mampu memanfaatkan panas yang terbuang, sehingga lebih efisien

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perpindahan Kalor

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:

1. Perpindahan kalor konduksi
2. Perpindahan kalor konveksi (Alami dan Paksa)
3. Perpindahan kalor radiasi

(Holman, 1997)

2.2 Alat Penukar Kalor

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 (Bizzy dan Setiyadi, 2013).

Menurut Dean A Barlet (1996) bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Meskipun terdapat 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.

2.3 Klasifikasi Alat Penukar Kalor

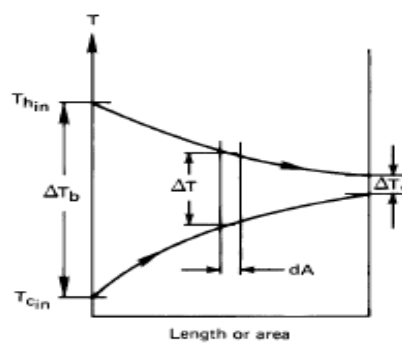
Alat penukar kalor dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut :

1. Berdasarkan proses perpindahan kalor
 - a. Perpindahan kalor secara langsung
 - b. Perpindahan kalor secara tak langsung
2. Berdasarkan konstruksi
 - a. Konstruksi tabung (tubular)
 - b. Konstruksi tipe pelat
 - c. Konstruksi dengan luas permukaan diperluas
 - d. Konstruksi regeneratif
3. Berdasarkan jenis aliran
 - a. Alat penukar kalor aliran sejajar (*Parallel Flow*)
 - b. Alat penukar kalor aliran berlawanan (*Counter Flow*)
 - c. Alat penukar kalor aliran silang (*Cross Flow*)

4. Berdasarkan pengaturan aliran
 - a. Aliran dengan satu pass
 - b. Aliran dengan multi pass
5. Berdasarkan banyaknya fluida yang digunakan
 - a. Dua jenis fluida
 - b. Tiga jenis fluida atau lebih
6. Berdasarkan mekanisme perpindahan kalor
 - a. Konveksi satu fasa
 - b. Konveksi dua fasa
 - c. Kombinasi perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi

2.3.1 Alat Penukar Kalor Aliran *Co-Current*

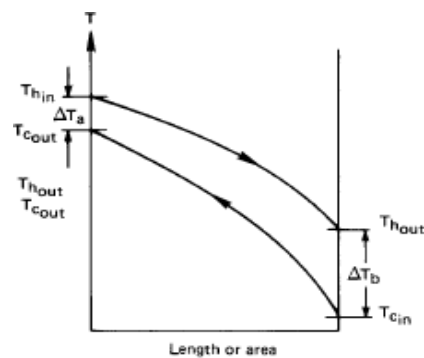
Alat penukar kalor tipe aliran sejajar, memiliki arah aliran dari dua fluida yang bergerak secara sejajar. Kedua fluida masuk dan keluar pada sisi penukar panas yang sama. Temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang menerima sejak memasuki alat penukar kalor hingga keluar. Temperatur fluida yang menerima kalor tidak akan pernah mencapai temperatur fluida yang memberikan kalor.



Gambar 2.1 Alat Penukar Kalor Aliran *Co-Current*

2.3.2 Alat Penukar Kalor Aliran *Counter Current*

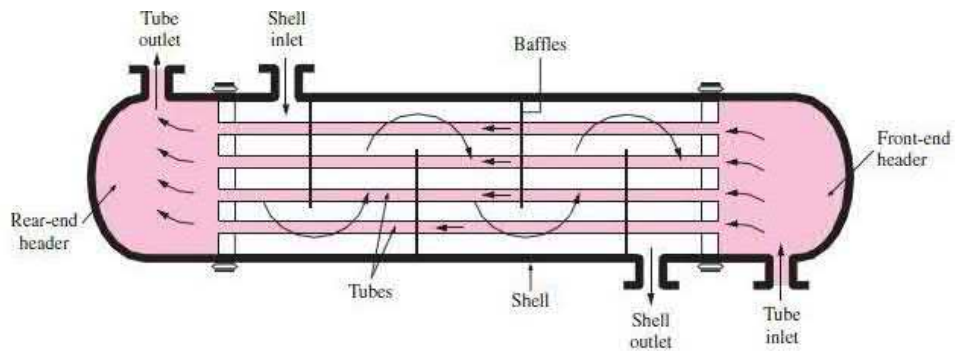
Alat penukar kalor tipe aliran berlawanan, memiliki arah aliran yang berlawanan. Perpindahan kalor terjadi antara satu ujung bagian yang panas dari kedua fluida dan juga bagian yang paling dingin. Temperatur keluar fluida dingin dapat melebihi temperatur keluar fluida panas.



Gambar 2.2 Alat Penukar Kalor Aliran *Counter Current*

2.4 Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube*

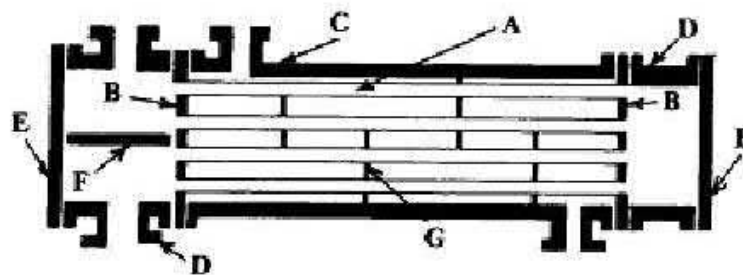
Alat penukar kalor tipe ini adalah salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya memiliki ciri sekumpulan *tube* yang dipasangkan di dalam *shell* berbentuk silinder di mana dua jenis fluida yang saling bertukar kalor mengalir secara terpisah, masing–masing melalui sisi *tube* dan sisi *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*).



Gambar 2.3 Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube*

2.4.1 Komponen Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor tipe “*shell and tube*” memiliki komponen – komponen yang sangat berpengaruh pada konstruksinya. Adapun komponen – komponen dari alat penukar kalor tipe ini yaitu:



Gambar 2.4 Komponen Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube*

Keterangan:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------|
| A. Tubes | E. Channel Covers |
| B. Tube sheets | F. Pass divider |
| C. Shell and shell side nozzles | G. Baffles |
| D. Tube side channels and nozzles | |

2.4.2 Perancangan Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube*

Data yang harus dilengkapi sebelum mendesain:

- a) Laju aliran (*flow rates*) kedua aliran.
- b) Suhu masuk dan suhu keluar kedua aliran.
- c) Tekanan operasi kedua aliran.
- d) *Pressure drop* yang diperbolehkan untuk kedua aliran.
- e) *Fouling resistance* (ketahanan terhadap kotoran) untuk kedua aliran.
- f) *Physical properties* (sifat-sifat fisis) untuk kedua aliran.

Sifat-sifat fisis meliputi viskositas, konduktifitas panas, densitas, *specific heat* (C_p), suhu masuk dan suhu keluar.

- g) *Heat duty*
- h) Tipe *heat exchanger*
- i) Ukuran *line (tube)*
- j) Ukuran *tube*
- k) Maksimum diameter *shell*
- l) Material

2.5 *Fouling Factor (Rd)*

Fouling adalah peristiwa terakumulasinya padatan yang tidak dikehendaki di permukaan *Heat Exchanger* yang berkontak dengan fluida kerja, termasuk permukaan heat transfer. Peristiwa tersebut adalah pengendapan, pengerakan, korosi, polimerisasi dan proses biologi. Faktor pengotoran ini sangat mempengaruhi perpindahan kalor pada alat penukar kalor. Penyebab terjadinya *fouling* yaitu adanya pengaruh dari jenis fluida yang dialirinya atau pengotor berat

yang mengakibatkan korosi pada komponen dari alat penukar kalor. Selama alat penukar kalor ini dioperasikan maka pengaruh pengotoran pasti akan terjadi. Terjadinya pengotoran tersebut dapat mengakibatkan kenaikan tahanan *heat transfer*, sehingga meningkatkan biaya, baik investasi, operasi maupun perawatan, ukuran *Heat Exchanger* menjadi lebih besar, sehingga kehilangan energi meningkat, waktu *shutdown* lebih panjang, biaya perawatan meningkat, mempengaruhi temperatur fluida mengalir dan dapat mempengaruhi koefisien perpindahan panas menyeluruh dari fluida tersebut.

Table 2.1 Koefisien *Fouling Factor* (Rd) Beberapa Fluida

Fluida	Koefisien (W/m ² .°C)	Factor (<i>Resistance</i>) (m ² .°C/W)
River water	3000 – 12.000	0,0003 – 0,0001
Sea water	1000 – 3000	0,001 – 0,0003
Cooling water (tower)	3000 – 6000	0,0003 – 0,00017
Towns water (soft)	3000 – 5000	0,0003 – 0,0002
Towns water (hard)	1000 – 2000	0,001 – 0,0005
Steam condensate	1500 – 5000	0,00067 – 0,0002
Steam (oil free) Steam (oil traces)	4000 – 10.000 2000 – 5000	0,0025 – 0,0001 0,0005 – 0,0002
Refrigerated brine	3000 – 5000	0,0003 – 0,0002
Air and industrial gases	5000 – 10.000	0,0002 – 0,0001
Flue gases	2000 – 5000	0,0005 – 0,0002
Organic vapours	5000	0,0002
Organic liquids Light hydrocarbon Heavy	5000 5000	0,0002 0,0002
hydrocarbon Boiling organic Condensing	2000 2500	0,0005 0,0004
organic Heat transfer fluids	5000 5000	0,0002 0,0002
Aqueous salt solutions	3000 - 5000	0,0003 – 0,0002

(Coulson, 2005)

2.6 Penurunan Tekanan

Kecepatan massa (*mass velocity*) sangat berpengaruh terhadap koefisien perpindahan panas. Kenaikan *mass velocity* (momentum) maka *pressure drop* akan naik lebih cepat dari pada koefisien perpindahan panas. *Pressure drop* untuk mengetahui sejauh mana fluida dapat mempertahankan tekanan yang dimilikinya selama fluida mengalir.

Kecepatan fluida yang tinggi akan memicu terjadinya erosi. Batasan *pressure drop* dipergunakan untuk mengontrol kecepatan fluida yang *erosive*.

- a) Jika ΔP terlalu besar: disebabkan jarak antar *baffle* yang terlalu dekat, aliran menjadi lambat, dan perlu tenaga pompa yang besar.
- b) Jika ΔP terlalu rendah: perpindahan panas tidak sempurna.

2.7 Keuntungan *Shell and Tube Heat Exchanger*

- 1) Kondensasi atau *boiling heat transfer* dapat dengan mudah diakomodasikan dari *Shell* dan *Tube Heat Exchanger*.
- 2) *Pressure Drop* dapat divariasikan sesuai dengan kapasitas *heat exchanger*.
- 3) *Thermal stress* dapat ditekan.
- 4) Pemilihan bahan atau pemilihan material dapat divariasikan.
- 5) Untuk meningkatkan *heat transfer* maka dapat digunakan *fins* (sirip) pada *tube*.
- 6) Perawatan relatif lebih mudah karena dapat dibongkar-pasang.
- 7) Memiliki permukaan perpindahan panas persatuan volum yang lebih besar.
- 8) Mempunyai susunan mekanik yang baik dengan bentuk yang cukup baik untuk operasi bertekanan.

- 9) Tersedia dalam berbagai bahan konstruksi.
- 10) Metode perancangan yang lebih baik telah tersedia.
- 11) Pembersihan dapat dilakukan dengan mudah.
- 12) Penentuan fluida dalam *shell* atau *tube*.
- 13) Fluida bertekanan tinggi dialirkan di dalam *tube* karena *tube* standar cukup kuat menahan tekanan yang tinggi.
- 14) Fluida berpotensi *fouling* dialirkan di dalam *tube* agar pembersihan lebih mudah dilakukan.
- 15) Fluida korosif dialirkan di dalam *tube* karena pengaliran di dalam *shell* membutuhkan bahan konstruksi yang mahal yang lebih banyak.
- 16) Fluida bersuhu tinggi dan diinginkan untuk memanfaatkan panasnya dialirkan di dalam *tube* karena dengan ini kehilangan panas dapat dihindarkan.
- 17) Fluida dengan viskositas yang lebih rendah dialirkan di dalam *tube* karena pengaliran fluida dengan viskositas tinggi di dalam penampang alir yang kecil membutuhkan energi yang lebih besar.
- 18) Fluida dengan viskositas tinggi ditempatkan di *shell* karena dapat digunakan *baffle* untuk menambah laju perpindahan.
- 19) Fluida dengan laju alir rendah dialirkan di dalam *tube*. Diameter *tube* yang kecil menyebabkan kecepatan linier fluida (*velocity*) masih cukup tinggi, sehingga menghambat *fouling* dan mempercepat perpindahan panas.
- 20) Fluida yang mempunyai volum besar dilewatkan melalui *tube*, karena adanya cukup ruangan.

- 21) Konfigurasi yang dibuat akan memberikan luas permukaan yang besar dengan bentuk atau volum yang kecil.
- 22) Menggunakan teknik fabrikasi yang sudah mapan (*well-established*).
- 23) Dapat dibuat dengan berbagai jenis material, dimana dapat dipilih jenis material yang dipergunakan sesuai dengan suhu dan tekanan operasinya.
- 24) Konstruksinya sederhana, pemakaian ruangan relatif kecil.
- 25) Prosedur mengoperasikannya tidak berbelit-belit, sangat mudah diketahui/dimengerti oleh para operator yang berlatar belakang pendidikan rendah.
- 26) Konstruksinya dapat dipisah-pisah satu sama lain, tidak merupakan satu kesatuan yang utuh, sehingga pengangkutannya relatif gampang.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 SIMPULAN

Dari hasil perancangan *shell and tube heat exchanger* diperoleh koefisien film (hi) larutan dekstrosa cukup besar yaitu 7.558,842 Btu/hr.ft²F yang melalui 24 *tube* panjang 20 in diperoleh *pressure drop tube* sebesar 1,367 psi. Nilai koefisien film (ho) *steam* yaitu 7.002,684 Btu/hr.ft²F diperoleh *pressure drop shell* sebesar 0,227 psi dan kecepatan aliran harus melewati 4 *buffle*. Pada luas transfer panas sebesar 479,773 ft² diperoleh *Clean Coefficient* (U_C) sebesar 3.302,012 Btu/jam.ft².F dan *Design Coefficient* (U_D) sebesar 151,928 Btu/jam.ft².F.

5.2 SARAN

Beberapa saran untuk meningkatkan hasil penelitian yang akan datang adalah:

1. Pada perencanaan sebuah konstruksi *shell and tube heat exchanger* harus memperhatikan faktor-faktor korosi dan pekerjaan agar bisa meminimalisir kesalahan pada saat konstruksi
2. Dalam memudahkan perencanaan bisa menggunakan *Microsoft Excel* sebagai alat bantu.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Chengel, Yunus A. 2007. Heat Transfer. McGraw-Hill, New York.
- Hewitt, G.F., Shires, G.L., Bott, T.R. 1994. Process Heat Transfer. Begell House.
- Holman, J P. 1984. Perpindahan Kalor Terjemahan Ir. E Jasjfi, Msc, Jakarta. Erlangga.
- Incropera, Frank P., dan Dewitt, David P. 1965. Fundamental of Heat and Mass Transfer, 4th Edition. John Wiley and Sons. United States of America.
- Kakac, Sadik & Liu, Hongtan. 2002. Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design. USA: CRC Press.
- Kern, D.Q. 1965. Process Heat Transfer. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Kreith, F. and Balck, W.Z., 1980, Basic Heat Transfer, Happer & Row, Publishers, New York.
- Lienhard, John H. 1987. Heat Traansfer. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Perry, Robert H., dan Green, Don W. 1997. Perry's Chemical Engineers' Hand Book, 7th Edition. McGraw-Hill. United states of Amerika.
- Serth, R. W. 2007. Process Heat Transfer Principles and Applications, Academic Press, 1st edn, Texas.
- Shah, K. J. and D. P. Sekulic. 2003. Fundamentals of Heat Exchanger Design, Wiley, Hoboken, NJ.