

EVALUASI KINERJA *HEAT EXCHANGER* JENIS KONDENSOR 1110-C TIPE *SHELL AND TUBE* BERDASARKAN NILAI *FOULING FACTOR* PADA UNIT PURIFIKASI DI AMMONIA PLANT PT X

EVALUATION OF PERFORMANCE CONDENSER TYPE *HEAT EXCHANGER* 1110-C *SHELL AND TUBE* TYPE BASED ON *FOULING FACTOR* VALUE IN PURIFICATION UNIT AT AMMONIA PLANT PT X

Indah Agus Setiorini¹⁾, Achmad Faisal Faputri²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Corresponding Author E-mail: indah@pap.ac.id dan achmadfaisal@pap.ac.id

Abstract: The condenser is a heat exchanger that can condensate the vapor phase into a liquid or fluid phase. Ammonia at PT. X. With operating conditions in the shell section ($\text{CO}_2 + \text{Steam}$) T_1 is 184,28 °F, T_2 is 124,7 °F with a Flowrate of 116,879 lb/hr. Whereas in the tube (cooling water) section t_1 is 97,34 °F, t_2 is 112,82°F with a flow rate of 2,751,340 lb/hr. The calculation results show the Fouling factor value obtained is 0,03851 Btu/hr.ft².°F. Where this value exceeds the design fouling factor value of 0,00059 Btu/hr.ft².°F, this indicates that the heat exchanger is saturated or contains impurities in it and must be cleaned immediately.

Keywords: Heat Exchanger, Condenser, Fouling Factor.

Abstrak: Kondensor adalah salah satu alat penukar panas (*heat exchanger*) yang dapat mengembunkan fasa uap menjadi fasa cair atau fluida.. Dalam penelitian ini peneliti ingin mengevaluasi nilai efisiensi *Heat Exchanger* jenis kondensor 1110-C Tipe *Shell and Tube* melalui faktor pengotornya di unit Purifikasi pada Pabrik Ammonia di PT X. Dengan kondisi operasi di bagian shell ($\text{CO}_2 + \text{Steam}$) T_1 sebesar 184,28 °F, T_2 sebesar 124,7 °F dengan Flowrate sebesar 116.879 lb/hr. Sedangkan dibagian tube (*cooling water*) t_1 sebesar 97,34 °F, t_2 sebesar 112,82°F dengan Flowrate sebesar 2.751.340 lb/hr Hasil perhitungan menunjukkan nilai *Fouling factor* yang didapat sebesar 0,03851 Btu/hr.ft².°F. Dimana nilai tersebut melebihi nilai *fouling factor design* sebesar 0,00059 Btu/hr.ft².°F, hal tersebut menunjukkan bahwa *heat exchanger* tersebut telah jenuh atau memiliki kandungan kotoran (*Impurities*) didalamnya dan harus segera dilakukan *cleaning*.

Kata kunci: Penukar Panas, Kondensor, Faktor Pengotor.

1. PENDAHULUAN

Alat penukar panas atau yang biasa dikenal dengan sebutan *heat exchanger* adalah alat yang digunakan untuk mengakomodasi perpindahan sejumlah panas dari fluida panas ke fluida dingin dengan adanya perbedaan temperatur. Panas yang ditukarkan terjadi dalam sistem, maka akan menyebabkan kehilangan panas dari suatu benda akan sama dengan panas yang diterima oleh benda lain.

2. TEORI DASAR

2.1 Alat Penukar Panas

Tujuan melakukan perpindahan panas pada industri proses antara lain:

- Memanaskan atau mendinginkan suatu fluida hingga mencapai temperatur yang diinginkan pada proses lain.

- Mengubah keadaan atau fase suatu fluida.

- Menghemat energi pada proses selanjutnya.

Pada pabrik petrokimia, alat penukar panas banyak digunakan diantaranya sebagai alat pemanas atau pendingin fluida proses maupun produk yang akan disimpan dalam tangki timbun. Pada pabrik petrokimia *heat exchanger* yang banyak digunakan adalah *shell and tube heat exchanger*. Hal ini disebabkan karena beberapa keuntungan diantaranya:

- Memberikan luas permukaan perpindahan panas yang besar dengan bentuk atau volume yang kecil.
- Cukup baik untuk beroperasi bertekanan.
- Dibuat dengan berbagai jenis material, sesuai dengan fluida yang mengalir di dalamnya, suhu dan tekanan.

- d. Mudah dibersihkan.
- e. Konstruksinya sederhana dan pemakaian ruangan yang relatif kecil.
- f. Prosedur pengoperasian sangat mudah dimengerti oleh operator.
- g. Konstruksinya tidak satu kesatuan yang utuh sehingga pengangkutannya relatif mudah.

Ada 3 (tiga) cara perpindahan panas yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi. Selain ketiga cara itu, ada pula cara perpindahan panas menyeluruh. Dari ketiga jenis perpindahan panas ini, apabila definisi perpindahan panas hanya dibatasi sebagai akibat adanya beda temperatur saja, maka hanya konduksi dan radiasi yang cocok. Sedangkan pada konveksi, selain beda temperatur proses perpindahan panasnya disertai dengan berpindahnya zat perantara. Namun karena pada konveksi ini beda temperatur merupakan faktor yang cukup penting untuk dapat terjadinya proses perpindahan panas, maka istilah konveksi telah diterima pula secara umum sebagai salah satu cara perpindahan panas.

Tetapi pada kenyataannya dalam sebuah penukar panas, panas akan mengalir tidak dengan satu cara saja melainkan dengan beberapa cara secara bersamaan. Berikut adalah 3 (tiga) prinsip perpindahan panas (Geankoplis, 1983):

1. Perpindahan panas secara konduksi

Konduksi adalah perpindahan fluida yang mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah di dalam suatu medium padat, tetapi bersinggungan secara langsung (kontak langsung).

Konduksi ini adalah satu-satunya mekanisme perpindahan panas yang dapat terjadi atau mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Biasanya bahan yang mempunyai konduktifitas tinggi disebut sebagai konduktor, sedangkan yang mempunyai konduktifitas rendah disebut sebagai isolator.

2. Perpindahan panas secara konveksi

Merupakan perpindahan kalor (panas) melalui aliran yang disertai dengan

berpindahnya zat perantara. Konveksi dibedakan menjadi 2 (dua) bagian, yaitu: konveksi bebas (*free convection/natural convection*) terjadi bila gerakan aliran fluida yang terjadi adalah sebagai akibat beda massa jenis yang timbul akibat adanya perbedaan temperatur pada fluida. Sedangkan konveksi paksa (*forced convection*) terjadi apabila gerakan fluida ini disebabkan oleh paksaan peralatan dari luar seperti pompa, blower dan lain-lainnya.

3. Perpindahan panas secara radiasi

Radiasi adalah proses dimana panas mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah dan kedua benda tersebut terpisah di dalam ruangan. Cara perpindahan panas ini melalui gelombang elektromagnetik dan dapat berlangsung, walaupun di antara kedua benda tersebut terdapat ruang hampa. Setiap benda memancarkan panas radiasi secara terus menerus dan intensitas pancarannya bergantung pada temperatur benda dan sifat permukaan. Energi radiasi terjadi karena pancaran atau sinaran gelombang elektromagnetik.

Proses perpindahan panas dalam *heat exchanger* dapat terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara fluida panas dengan fluida dingin dan karena panas yang ditukar terjadi dalam sebuah system, maka kehilangan panas dari suatu benda akan sama dengan panas yang diterima oleh benda lain.

Kemampuan untuk menerima panas dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu (McCabe, 1993):

1. Koefisien *overall* perpindahan panas (U) menggambarkan mudah atau tidaknya panas berpindah dari fluida panas ke fluida dingin dan juga menyatakan aliran panas menyeluruh sebagai gabungan proses konduksi dan konveksi. Faktor yang mempengaruhi proses perpindahan panas tersebut yaitu keadaan fisik fluida (densitas, viskositas, panas jenis, konduktivitas termal, dll.), dan penyusunan secara fisik.
2. Luas bidang transfer panas tegak lurus terhadap arah perpindahan panas. Luas perpindahan panas ini tidak konstan karena dinding pembatas yang berupa dinding

tube, sehingga dalam praktik dipilih luas perpindahan panas berdasarkan luas dinding bagian luar.

3. Selisih temperatur rata-rata logaritmik (ΔT_{LMTD}).

2.2 Klasifikasi Alat Penukar Panas

Berdasarkan kegunaannya alat penukar panas diklasifikasikan menjadi:

1. Condensor

Kondensor adalah salah satu alat penukar panas (*heat exchanger*) yang dapat mengembunkan fasa uap menjadi fasa cair atau fluida. Pada kondensor, uap gas dengan temperatur tinggi masuk melalui dinding kondensor dan melewati ruang kondensasi dimana uap tersebut didinginkan dengan aliran fluida bersuhu rendah pada sistem kondensor sehingga uap panas yang masuk dapat mengembun menjadi cairan. Cara kerja dari kondensor sendiri adalah kalor yang ditangkap oleh evaporator dibuang ke lingkungan dengan wujud cairan sehingga biasanya kondensor diletakkan di luar ruangan. Cairan pendingin (*refrigerant*) diberikan tekanan tinggi di evaporator sehingga menguap, kemudian uap didinginkan di kondensor menjadi fasa cair.

Berdasarkan media zat yang digunakan sebagai pendingin, kondensor dibagi menjadi tiga, yaitu:

- a. *air cooled condensor*, menggunakan udara sebagai zat pendingin.
- b. *water cooled condensor*, menggunakan air sebagai zat pendingin.
- c. *evaporative condensor*, menggunakan campuran air dan udara sebagai zat pendingin.

2. Cooler

Penukar panas jenis ini digunakan untuk mendinginkan fluida panas sehingga mencapai kondisi relatif yang diinginkan dengan menggunakan suatu media pendingin berupa air atau udara.

3. Reboiler

Penukar panas jenis ini berfungsi menguapkan *liquid* pada bagian dasar kolom distilasi sehingga fraksi-fraksi ringan yang terikut dalam hasil bawah dapat diuapkan

kembali. Media pemanas yang digunakan umumnya adalah steam atau fluida panas.

4. Pre heater

Penukar panas tipe *pre heater* berfungsi mentransfer panas dari produk-produk yang bersuhu tinggi ke umpan sebelum masuk ke *furnance*, agar kerja *furnance* menjadi lebih ringan.

5. Chiller

Chiller digunakan untuk mendinginkan fluida sampai suhu yang cukup rendah sehingga terbentuk relatif, media pendingin yang biasa digunakan adalah *freon*, *propane*, dan *ammonia*.

6. Evaporator

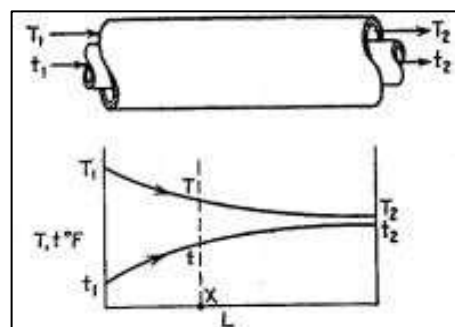
Pada *evaporator* fluida cair diuapkan dengan menggunakan steam atau pemanas lainnya.

2.3 Arah Aliran Fluida pada Alat Penukar Panas

Arah aliran fluida yang mengalir di dalam *heat exchanger* terbagi menjadi tiga tipe yaitu (Lienhard, 2005):

1. Aliran searah (*co-current / parallel flow*)

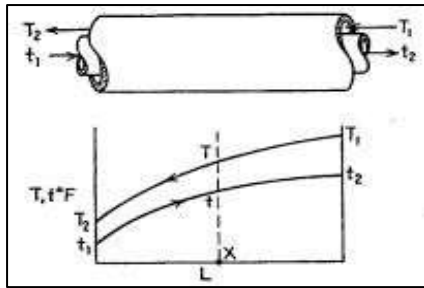
Pada tipe aliran ini, fluida panas dan fluida dingin masuk pada ujung penukar panas yang sama dan kedua fluida mengalir searah menuju ujung penukar panas yang lain.



Gambar 2.1 Aliran Paralel dan Profil Temperatur

2. Aliran berlawanan arah (*counter current flow*)

Pada tipe aliran ini, fluida panas dan fluida dingin masuk melalui ujung penukar panas yang berbeda. Masing-masing fluida mengalir dengan arah berlawanan menuju ujung penukar panas keluar.



Gambar 2.2 Aliran Counter Flow dan Profil Temperatur

3. Aliran silang (*cross flow*)

Pada tipe aliran ini, fluida panas dan fluida dingin mengalir pada *right angle* satu sama lain. *Heat exchanger* dengan tipe aliran ini banyak digunakan dalam pemanasan dan pendinginan udara atau gas.

2.4 Tipe Heat Exchanger

Heat Exchanger memiliki beberapa tipe sesuai dengan kebutuhan proses yang ada. Ada enam tipe *heat exchanger* yang umum digunakan.

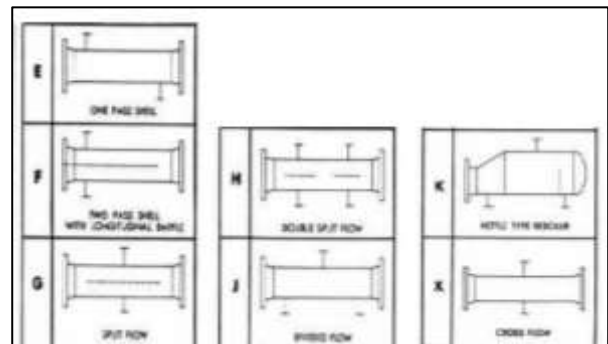
1. Shell and tube heat exchanger

Alat perpindahan panas yang umum digunakan pada industri perminyakan atau petrokimia, yaitu tipe *shell and tube* karena konstruksi sederhana, biaya yang digunakan relatif murah dan tidak membutuhkan tempat yang luas. Komponen utama dari *heat exchanger* tipe *shell and tube*, yaitu *tube*, *shell*, *nozzle*, *front – end* dan *rear – end head*, *tubesheet*. (Nelson, 2005)

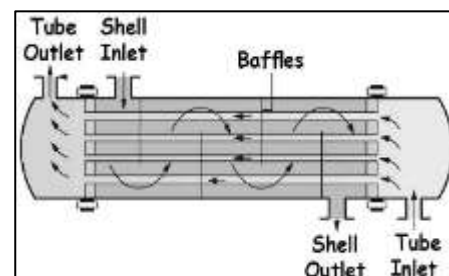
Shell and tube heat exchanger (STHE) merupakan jenis alat penukar panas yang banyak digunakan pada suatu proses seperti petroleum, industri kimia, dan HVAC (*heating, ventilation, air conditioning*). *Shell and tube heat exchanger* merupakan bejana bertekanan yang terdiri dari beberapa *tube* sejajar di dalam *shell*. STHE digunakan saat suatu proses membutuhkan fluida untuk dipanaskan atau didinginkan dalam jumlah besar. *Shell* adalah bagian tengah *heat exchanger* dan merupakan rumah untuk *tube bundle*. Antara *shell* dan *tube bundle* terdapat fluida yang menerima atau melepaskan panas, sesuai dengan proses yang terjadi dan disebut

shell side fluid. Secara umum *shell* ada beberapa macam, yaitu (Byrne, 2007):

- Shell* tipe E dengan aliran 1 (satu) *pass*.
- Shell* tipe F dengan aliran 2 (dua) *pass* dan *longitudinal baffle*.
- Shell* tipe G dengan aliran dipisah (*split flow*).
- Shell* tipe H dengan aliran diganda (*double split flow*).
- Shell* tipe J dengan aliran yang dibagi (*divided flow*).
- Shell* tipe K merupakan bentuk *kettle type reboiler*.
- Shell* tipe X merupakan bentuk *cross flow*.



Gambar 2.3 Shell and Tube Heat Exchanger



Gambar 2.4 Tipe-tipe Shell

Tube dapat dikatakan sebagai urat nadi *heat exchanger*. Fluida yang mengalir di dalam dan di luar *tube* mempunyai kapasitas, temperatur, tekanan, densitas, serta jenis yang berbeda. Kedua ujung dari *tube* diikat pada *tube sheet*, bertujuan untuk mencegah kebocoran fluida yang mengakibatkan fluida terkontaminasi.

Tube juga harus mampu memindahkan panas di antara fluida dalam *tube* dengan di luar *tube*. Beberapa persyaratan yang dipenuhi oleh sebuah *tube*, yaitu:

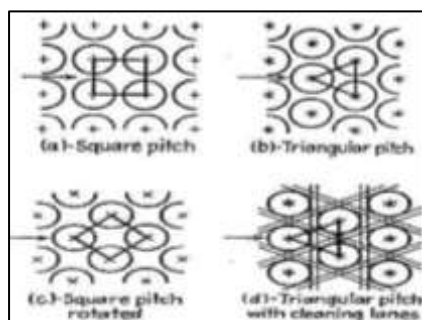
- Kemampuan perpindahan panas yang tinggi,
- Daya tahan terhadap panas, dan
- Daya tahan terhadap korosi.

Kemampuan melepas atau menerima panas suatu *heat exchanger* dipengaruhi oleh besarnya *heating surface area*. Besarnya *heating surface area* itu tergantung dari panjang, ukuran dan jumlah *tube* yang dipergunakan pada *heat exchanger*. Susunan *tube* itu mempengaruhi besarnya *pressure drop* aliran fluida dalam *shell*. Penentuan susunan *tube* pada *heat exchanger* sangat prinsip sekali, ditinjau dari segi operasi dan segi pemeliharaan.

Ada 4 (empat) susunan *tube* pada *heat exchanger*, yaitu (Kern, 1987):

- Tube* dengan susunan *square pitch*,
- Tube* dengan susunan *triangular pitch*,
- Tube* dengan susunan *square pitch rotated*, dan
- Tube* dengan susunan *triangular pitch with cleaning lanes*.

Tube dengan susunan *square pitch* bagus untuk kondisi yang memerlukan *pressure drop* rendah. Tipe *square pitch rotated* mudah dibersihkan secara mekanik dan baik untuk fluida *fouling*. Sedangkan *triangular pitch* keuntungannya dapat dibuat jumlah *tube* yang lebih banyak sebab susunannya kompak dan bagus untuk fluida *fouling*.

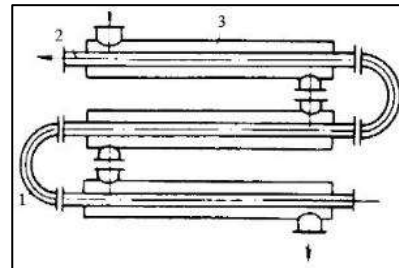


Gambar 2.5 Tipe Susunan *Tube*

2. Double pipe heat exchanger

Heat exchanger ini adalah tipe yang paling sederhana, terdiri dari dua buah pipa dengan ukuran diameter yang berbeda, pipa dengan diameter lebih kecil diletakkan di

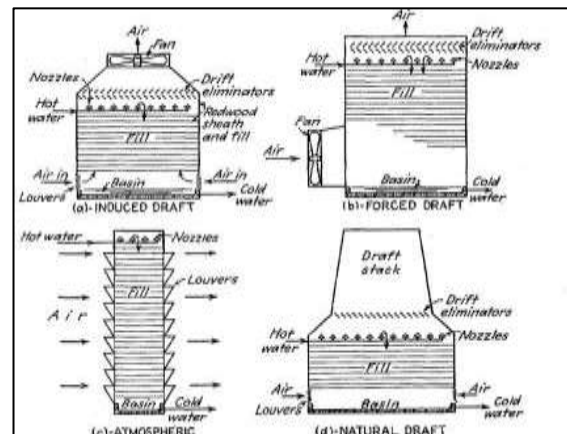
dalam pipa dengan diameter lebih besar dan kedua pipa disusun secara konsentris (satu sumbu). *Heat exchanger* jenis ini hanya digunakan untuk luas perpindahan panas yang kecil, dapat digunakan untuk gas-liquid atau gas-gas.



Gambar 2.6 Double Pipe Heat Exchanger

3. Air Cooled Heat Exchanger

Air cooled heat exchanger adalah salah satu tipe penukar panas, dimana minimal salah satu fluida berwujud gas. Pada simulasi ini, *air cooled heat exchanger* berfungsi untuk menurunkan relatif gas tanpa perubahan fase, jadi hanya ada panas relatif. Fluida panas adalah gas dan fluida dinginnya udara.



Gambar 2.7 Air cooled heat exchanger

2.5 Fouling

Fouling dapat didefinisikan sebagai pembentukan deposit pada permukaan alat penukar panas yang dapat menghambat perpindahan panas dan meningkatkan hambatan aliran fluida pada alat penukar panas tersebut. Lapisan *fouling* dapat berasal dari partikel-partikel atau senyawa lainnya yang tersangkut oleh aliran fluida. Pertumbuhan lapisan tersebut dapat meningkat apabila

permukaan deposit yang terbentuk mempunyai sifat adhesif yang cukup kuat (George, 2003). Gradien temperatur yang cukup besar antara aliran dengan permukaan dapat juga meningkatkan kecepatan pertumbuhan deposit. Pada umumnya proses pembentukan lapisan *fouling* merupakan fenomena yang sangat kompleks sehingga sukar untuk dianalisa secara analitik.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut : Nilai *heat* (Q), LMTD, *caloric temperature*, *flow area*, *thermal function*, *heat transfer factor* (J_H), *Reynold number*, *mass velocity*, *ho and hi*, *tube wall temperature* (t_w), *ho and hio* pada t_w , *clean overall coefficient* (U_c), *dirty overall coefficient* (U_D), *fouling factor* (R_d)

3.1 Metode Perhitungan Evaluasi Kinerja Alat Heat Exchanger Berdasarkan Nilai Fouling Factor

Untuk mengevaluasi perhitungan kinerja alat *heat exchanger*, maka dilakukan perhitungan. Tahap-tahap yang harus dilakukan sebagai berikut (Perry, 1997; Holman, 1986 dan Kern, 1987):

1. Menghitung panas (Q)

Dalam mendapatkan nilai panas pada alat HE ini memerlukan beberapa data berupa Q merupakan nilai panas (Btu/hr), W merupakan laju alir fluida panas (lb/hr), w merupakan laju alir fluida dingin (lb/hr), Cp merupakan kapasitas panas fluida panas (Btu/lb.°F), cp merupakan kapasitas panas fluida dingin (Btu/lb.°F), T merupakan temperatur fluida panas masuk (°F), T_2 merupakan temperatur fluida panas keluar (°F), t_1 merupakan temperatur fluida dingin masuk (°F), t_2 merupakan temperatur fluida dingin keluar (°F). Persamaan yang digunakan dalam menghitung panas:

$$Q = W \times C_p \times (T_1 - T_2) = w \times c_p \times (t_2 - t_1)$$

2. Menghitung Log Mean Temperature Different (LMTD)

Untuk alat penukar panas aliran *counter flow*, beda temperatur rata-rata dihitung dengan beda temperatur rata-rata

logaritmik.

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

3. Menghitung temperatur kalori (Tc dan tc)

Temperatur kalorik ditafsirkan sebagai temperatur rata-rata yang terlibat di dalam pertukaran panas.

$$T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$$

$$t_c = T_1 + F_c (t_2 - t_1)$$

$$\frac{\Delta t_c}{\Delta T_c} = \frac{T_2 - t_1}{T_1 - t_2}$$

4. Menghitung Flow area

Flow area merupakan luas penampang yang tegak lurus arah aliran.

a. Shell Side

$$a_s = ID \times C'' \times B / (144 \times P_T)$$

Dimana ID_t menyatakan *inside diameter* (in), C'' menyatakan jarak antara *tube* (in), B menyatakan jarak *baffle* (in), dan P_T menyatakan *tube pitch* (in).

b. Tube side

$$a_t = N_T \times a't / (144 \times n)$$

Dimana N_T menyatakan jumlah *tube*, $a't$ menyatakan *tube cross section area*, n menyatakan jumlah *tube*.

5. Menghitung mass velocity

Kecepatan massa merupakan perbandingan laju alir dengan *flow area*.

a. Shell side

$$G_s = W / a_s$$

Dimana G_s menyatakan *mass velocity* fluida pada *shell side* dan W menyatakan laju alir.

b. Tube side

$$G_t = w / a_t$$

Dimana G_t menyatakan *mass velocity* fluida pada *tube side*.

6. Menghitung Reynold Number

Reynold number menunjukkan tipe aliran fluida di dalam pipa.

a. Shell side

$$Re_s = De \times G_s / \mu$$

Dimana G_s menyatakan *mass velocity* (lb/hr ft²), De menyatakan *diameter equivalent* (ft), dan μ menyatakan viskositas fluida pada suhu t_c .

b. Tube side

$$Re_t = D \times G_t / \mu$$

7. Menghitung *Heat Transfer Factor* (J_H)a. *Shell side*

Nilai J_H untuk sisi *shell* (Figure 24 D.Q Kern).

b. *Tube side*

Nilai J_H untuk sisi *tube* (Figure 28 D. Q Kern)

8. Menghitung *Thermal Function*

Pada tiap suhu yaitu T_c dan t_c diperoleh masing-masing nilai c , μ dan k (Maxwell. 1975).

$$(c \times \mu / k)^{1/3}$$

Dimana c menyatakan panas spesifik (Btu/lb. $^{\circ}$ F), k menyatakan konduktivitas *thermal* (Btu/hr.ft. $^{\circ}$ F) dan μ menyatakan viskositas

9. Menghitung nilai *outside film coefficient* (h_o) dan *inside film coefficient* (h_i)a. *Shell side*

$$h_o = jH \frac{k}{De} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/3} \Phi_s$$

b. *Tube side*

$$h_i = jH \Phi_t \frac{k}{D} \left(\frac{c\mu}{k} \right)^{1/3}$$

$$\frac{h_o}{\Phi_s} = \frac{h_i}{\Phi_t} \times \frac{ID}{OD}$$

Dimana h_o merupakan *outside film coefficient* (Btu/hr.ft. $^{\circ}$ F) dan h_{io} menyatakan *inside film coefficient* (Btu/hr.ft. $^{\circ}$ F).

10. Menghitung *Tube Wall Temperature* (t_w)

Temperatur dinding rata-rata *tube* dapat dihitung dengan temperatur kalorik, jika diketahui nilai koefisien perpindahan panas fluida *shell* dan *tube* pada kondisi operasi sedang berlangsung.

$$t_w = t_c + \frac{h_o / \Phi_s}{h_{io} / \Phi_t + h_o / \Phi_s} \times (T_c - t_c)$$

Dimana t_w menyatakan temperatur dinding *tube* ($^{\circ}$ F).

11. Menghitung *Corrected Coefficient* (h_o) dan h_{io} pada t_w a. *Shell side*

$$\Phi_s = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$h_o = \frac{h_{io}}{\Phi_s} \times \Phi_s$$

b. *Tube side*

$$\Phi_t = \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$h_{io} = \frac{h_o}{\Phi_t} \times \Phi_t$$

Dimana h_o menyatakan *outside film coefficient* dan h_i menyatakan *inside film coefficient*.

12. Menghitung *Clean Overall Coefficient* (U_c)

U_c merupakan *overall heat transfer coefficient* jika tidak terjadi *fouling*/kerak.

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

Dimana U_c menyatakan *overall heat transfer coefficient* (Btu/hr.ft. 2 . $^{\circ}$ F).

13. Menghitung *Dirty Overall Coefficient/ Design Overall Heat Transfer Coefficient*

U_D merupakan *overall heat transfer coefficient* (Btu/hr.ft. 2 . $^{\circ}$ F), jika *heat exchanger* dalam keadaan kotor/kerak

$$U_D = \frac{Q_t}{A \times \Delta t}$$

14. *Dirt Factor*

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \times U_D}$$

Jika R_d merupakan *Fouling factor* (hr.ft. 2 . $^{\circ}$ F/Btu) diketahui pada *datasheet*, maka bisa ditentukan U_d dengan menggunakan persamaan:

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{U_c} + R_d$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan

Pada tabel 4.1 ditampilkan data hasil perhitungan dibandingkan dengan data *design* dilihat dari nilai U_c , U_D dan R_d *Heat Exchanger 1110-C*.

Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian

Kondisi	UD (Btu/hr.ft ² .°F)	U_C (Btu/hr.ft ² .°F)	R_d (Hr.ft ² .°F/Btu)
Design	22,9394	34,0873	0,00059
Perhitungan	55,7543	25,4448	0,03851

4.2 Pembahasan

Berdasarkan nilai h_{i0} dan h_o yang didapatkan, maka ditentukan nilai tahanan panas pipa bersi (U_C) didapatkan sebesar 25,4448 Btu/hr.ft².°F dan nilai UD sebesar 55,7543 Btu/hr.ft².°F. Nilai UD dan U_C digunakan untuk menghitung nilai *foulling factor*. Nilai *foulling factor* dapat dijadikan indikator apakah suatu *heat exchanger* yang dievaluasi dalam keadaan layak dan aman untuk dijalankan dan untuk mengetahui apakah *heat exchanger* tersebut perlu dibersihkan atau tidak agar lebih efisien pemakaiannya.

Nilai *Foulling factor* yang didapat pada perhitungan sebesar 0,03851 hr.ft².°F/Btu. Nilai tersebut melebihi nilai *foulling factor design* 0,00059 Btu/hr.ft².°F. Hal tersebut menunjukkan bahwa *heat exchanger* memiliki kandungan kotoran (*impurities*) di dalamnya. Adanya pengotor dapat disebabkan oleh terjadinya korosi atau pengendapan di dalam *tube*. jika ini terus berlanjut, maka *heat exchanger* tidak dapat bekerja maksimal sesuai spesifikasinya. Untuk menghilangkan endapan kerak yang terjadi pada *tube*, dibutuhkan pembersihan pada *Heat Exchanger 1110-C*.

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada *Heat Exchanger 1110-C PT X* nilai R_d yang diperoleh melebihi nilai desain, yaitu 0,03851 hr.ft².°F/Btu. Ini berarti *heat exchanger* tersebut mempunyai nilai pengotor yang lebih besar dari batas maksimum faktor pengotor design yang diizinkan, yang berarti diperlukan pembersihan berkala untuk *heat exchanger* tersebut supaya proses perpindahan panas yang terjadi berlangsung maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Byrne, C Richard. 2007. *Standards Of The Tubular Exchanger Manufacturers Association, Inc.* 25 North Broadway Tarrytown, New York 10591.
- Geankoplis, J. Chirstie. 1983. *Transfer Process and Unit Operations*. Third Edition. New Delhi : Prentice-Hall of India.
- George E, saxon Jr, Richard E, Putman. 2003. *The Practical Aplication and Inovation of Cleaning Technology for Heat Exchanger*. USA : Engineering conferences internasional
- Holman, J.P. 1986. *Heat Transfer. Tenth Edition*. Department of Mechanical Engineering Southern Methodist University. McGraw-Hill. New York.
- Kern, D.Q. 1987. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company.
- Lienhard, H John. 2005. *A Heat Transfer Text Book. Third Edition*. Mechanical Engineering University of Houston 4800 Calhoun Road Houston TX 77204-4792 U.S.A. United State of America.
- Maxwell, J. B. 1975. *Data Book on Hydrocarbon: Application to Process Engineering*, Van Nostrand, Princeton: R. E. Krieger Publishing Company.
- McCabe, Warren L. and Smith, Julian C. 1993. *Unit Operations and Chemical Engineering 4th Edition*. McGraw-Hill Companies.
- Nelson, W.L. 1985. *Petroleum Refinery Engineering*. 4th edition. McGraw-Hill series in Chemical Engineering. International Book Company. New York.
- Perry,R.H.,and Green. 1997. *Perry's Chemical Engineer's HandBook 7th edition*. McGraw-Hill International Book Company. New York.