

EVALUASI KINERJA *HOT-COLD GLYCOL EXCHANGER* PADA *DEHYDRATION UNIT* DI *CENTRAL PROCESSING PLANT*

Achmad Miftahuddin^{1*}, Asa Aditya Persada¹

¹Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jl. Gajah Mada No.38, Blora, 58312

*E-mail: achmad.miftahuddin@gmail.com

ABSTRAK

Central Processing Plant (CPP) mengolah gas bumi yang melalui berbagai proses untuk menghasilkan gas yang siap distribusi. Salah satu unit penting adalah *Dehydration Unit (DHU)* yang berfungsi menghilangkan air dari gas untuk mencegah korosi dan gangguan distribusi. Dalam unit ini, *Heat Exchanger* memegang peran penting dalam proses dehidrasi dengan memanfaatkan *glycol*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *heat exchanger* berdasarkan efisiensi termal, menggunakan metode *fouling factor (Rd)* dan *Pressure Drop*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai *fouling factor (Rd)* pada E-0504 A sebesar 0,0023 hr ft² °F/Btu, melebihi batas yang diizinkan sebesar 0,0015 hr ft² °F/Btu. Hal ini menunjukkan bahwa pembersihan alat diperlukan untuk menjaga performa optimal. Selain itu, nilai *Pressure Drop* pada annulus adalah 0,000145 psi dan pada pipa sebesar 6,77 psi, masih di bawah batas maksimal 10 psi, namun mendekati batas pada bagian pipa. Perlu dilakukan pembersihan untuk menjaga kinerja optimal dan memastikan perpindahan panas berlangsung efisien.

Kata kunci: *Heat Exchanger, fouling factor, Pressure Drop, Dehydration Unit, Glycol*

1. PENDAHULUAN

Proses pengolahan minyak dan gas bumi sangat berkaitan erat dengan proses perpindahan panas. Berbagai peralatan proses membutuhkan kadar panas yang berbeda-beda sehingga perlu pemanfaatan panas yang baik agar dapat menekan biaya operasi yang digunakan. Panas dapat mengakibatkan kenaikan suhu dan perubahan fase pada suatu sistem proses. Perpindahan panas dapat terjadi apabila adanya suatu beda temperatur yang berfungsi sebagai gaya dorong (*force*) nya. Proses perpindahan panas ini dapat dilakukan menggunakan alat penukar panas. Alat penukar panas juga terdiri dari elemen penukar panas seperti inti atau matriks yang mengandung permukaan perpindahan panas, elemen distribusi fluida seperti *header* atau tank, inlet dan outlet nozel, pipa, dan lain-lain. Permukaan perpindahan panas bersentuhan langsung dengan cairan yang menjadi sumber panasnya yang dipindahkan dengan proses konduksi. Bagian dari permukaan yang memisahkan cairan disebut sebagai permukaan kontak primer atau langsung [1].

Heat exchanger berperan dalam proses transfer panas antara dua atau lebih fluida dengan suhu yang berbeda. Fungsi dari heat exchanger adalah untuk memindahkan energi panas dari fluida bersuhu lebih tinggi ke fluida bersuhu lebih rendah. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu, sedangkan dalam ilmu perpindahan panas, terdapat 3 (tiga) proses perpindahan panas yang dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi[2].

Untuk menghitung laju perpindahan panas menggunakan neraca panas apabila telah mengetahui suhu proses untuk kedua fluida seperti berikut [2]:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \quad (1)$$

Alat penukar panas atau heat exchanger terdiri dari berbagai jenis tergantung klasifikasinya masing-masing. Penggolongan alat penukar panas sebagai berikut[3]:

1) Berdasarkan Konstruksinya

Klasifikasi alat penukar panas berdasarkan bentuk konstruksinya ada beberapa jenis diantaranya yaitu *Shell and Tube Heat Exchanger*. Jenis ini menggunakan pipa sebagai komponen utama, dengan ruang berbentuk silinder yang disebut shell, di mana pipa-pipa tersebut diatur sejajar dengan sumbu shell. Proses perpindahan panas berlangsung melalui dinding pipa secara konduksi dan konveksi[4]. memiliki satu atau lebih kipas yang terpasang dalam bagian penukar panas yang berada dalam kerangka. Bagian heat transfer terdiri dari pipa-pipa yang dilengkapi *finned tube*. Fluida mengalir di dalam tube dan didinginkan menggunakan fan yang biasanya berada di bawah *finned tube* [3].

Sementara itu, tipe plate menggunakan plat tipis sebagai komponen utamanya, memungkinkan terjadinya lebih banyak kontak antara fluida. Hal ini menghasilkan laju perpindahan panas yang lebih tinggi [5]. Tipe *double pipe* menempatkan pipa dengan diameter kecil di dalam pipa lain yang berdiameter lebih besar. Pemanasan atau pendinginan yang membutuhkan area perpindahan panas yang relatif kecil menggunakan alat penukar panas tipe ini[6]. *Box cooler* merupakan *box* berisi air dingin yang membenamkan pipa berbentuk *coil* untuk mendinginkan fluida panas di dalam pipa dengan mengalirkan atau menyemprotkan air dingin. Perpindahan panas yang dihasilkan pada *heat exchanger* tipe ini relatif kecil.

2) Berdasarkan Fungsinya

Berdasarkan fungsinya, heat exchanger terbagi dalam beberapa jenis [7]. *Condenser* akan berfungsi untuk mendinginkan atau mengembunkan uap atau campuran uap hingga berubah fase menjadi cair. Selain itu, jenis evaporator digunakan sebagai alat penukar panas yang bertujuan untuk menguapkan fluida cair dengan bantuan uap panas atau sumber pemanas lainnya. Jenis lainnya dari HE ini adalah *chiller* yang berfungsi sebagai alat penukar panas untuk mendinginkan fluida sampai pada temperatur yang sangat rendah, adapun media pendingin yang digunakan yakni dapat berupa amoniak, *freon*, *refrigerant*, air, dan *propane*[7].

Sedangkan HE jenis *cooler* digunakan untuk mendinginkan fluida dengan media pendingin udara/air. HE yang digunakan untuk memanaskan atau menaikkan suhu fluida proses dengan media pemanas bahan bakar/fuel disebut sebagai *heater/furnace* [7]. Reboiler berfungsi untuk memanaskan kembali dan menguapkan sebagian fluida cair yang sedang diproses, sehingga memungkinkan terjadinya pemisahan komponen berdasarkan perbedaan titik didih.

3) Berdasarkan Arah Aliran

Co Current Flow mengalirkan kedua fluida yang melakukan perpindahan panas secara bersamaan, mengalir dalam satu arah dan keluar bersama-sama. *Counter Current Flow* adalah kondisi di mana dua fluida mengalir dalam arah yang berlawanan satu sama lain. Sementara itu, *Cross Flow* terjadi ketika kedua fluida mengalir secara bersilangan atau tegak lurus satu sama lain [8].

Komponen utama dari heat exchanger terdiri dari:

a) *Tube*

Tube berfungsi sebagai pemisah antara fluida yang mengalir di dalam shell dan fluida lainnya, sekaligus berperan sebagai penghantar panas yang mengubah suhu antara kedua fluida tersebut dalam suatu alat. Ada dua jenis *tube*, yaitu tube polos (*bare tube*) dan tube bersirip (*finned tube*). Pemasangan tube dapat dilakukan dengan empat pola berdasarkan pitch, yang akan dijelaskan melalui gambar[2]:

a. *Triangular pitch*

b. *In line triangular pitch/Rotated triangular*

c. *In line square pitch*

d. *Diamond square pitch*

b) *Shell*

Shell berbentuk silinder yang menampung tube bundle dan berfungsi sebagai wadah untuk aliran fluida di dalamnya [2].

c) *Baffle*

Baffle berfungsi sebagai penyangga *tube bundle* untuk mencegah terjadinya benturan antara *tube* dan *shell* akibat getaran dari aliran fluida. Selain itu, *baffle* juga membantu meratakan aliran di dalam *shell* agar dapat berinteraksi secara optimal dengan permukaan luar *tube*, serta menciptakan aliran turbulen untuk meningkatkan perpindahan panas secara maksimal [9].

d) *Impingment Plate*

Impingment Plate adalah *plate* yang dipasang di depan *inlet shell side*. Fungsinya adalah untuk melindungi *tube* dari aliran fluida yang masuk dengan kecepatan tinggi, sehingga dapat menghindari terjadinya erosi pada *tube* dan meratakan aliran fluida [10].

e) *Channel dan Pass Partition*

Channel merupakan tempat keluar masuknya fluida pada *tube*, sedangkan *pass partition* merupakan pembatas antara fluida yang masuk dan keluar *tube* [11].

f) *Tube Sheet*

Tube Sheet berfungsi sebagai tempat duduk *tube bundle* pada *shell* [12].

Proses pertukaran panas antara fluida dingin dan fluida panas di *heat exchanger* yang digunakan *central processing plant* berlangsung terus-menerus sehingga dapat menyebabkan menurunnya efisiensi kinerja *heat exchanger* yang diakibatkan oleh *pressure drop* dan timbulnya kotoran atau kerak (*dirt factor*) pada dinding bagian *innertube* atau *outer tube*. Oleh karena itu, perlu adanya evaluasi terhadap kinerja *heat exchanger* agar dapat mengetahui waktu yang tepat untuk *maintenance* dan membersihkannya. Jika proses *maintenance* dan pembersihan terlalu lama, maka untuk mengoperasikan *heat exchanger* ini memerlukan bahan bakar yang semakin banyak dan menambah biaya operasi serta menimbulkan turunnya efisiensi panas.

2. METODE

Evaluasi alat penukar panas *heat exchanger* dengan cara mengetahui harga *fouling resistance/fouling factor* (R_d) yang diperoleh dari hasil perhitungan. Metode perhitungan *heat exchanger* tipe *double pipe* dan *shell and tube* berbeda, sehingga dasar perhitungan tersebut tersusun dengan rumusan-rumusan sebagai berikut [13][14]:

1) *Beban Panas (Heat Duty)*

Besar jumlah panas yang dilepas dan diterima dapat diformulasikan sebagai berikut [13]:
Panas yang dilepas:

$$Q = m \times C_p (T_1 - T_2) \tag{2}$$

$$Q = m \times C_p (t_1 - t_2) \tag{3}$$

Cara memperoleh harga C_p dengan menggunakan grafik *Specific Heats of Hydrocarbon Liquids* atau Fig.4 DQ Kern berdasarkan *temperature average* fluida dan °API.

2) *Log Mean Temperature Different (LMTD)*

Perbedaan temperatur disepanjang alat penukar panas bervariasi, maka untuk mendapatkan harga beda temperatur rata-rata dengan menghitung *Log Mean Temperature Different (LMTD)*, disini arah aliran yang digunakan adalah *counter flow* [15]. Mengetahui temperatur rata-rata dari zat yang mengalir dalam *heat exchanger* dapat dihitung dengan rumus[13]:

$$LMTD = \frac{\Delta t_h - \Delta t_c}{\ln\left(\frac{\Delta t_h}{\Delta t_c}\right)} \tag{4}$$

Setiap heat exchanger memiliki faktor koreksi LMTD (ft) yang tercantum dalam grafik faktor koreksi LMTD (Standard of TEMA). Faktor ini bergantung pada jumlah pass pada shell dan tube, yang dapat ditemukan dengan menghitung Ft berdasarkan nilai R dan S.

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

$$S = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

3) Temperatur Rata-Rata

Penggunaan temperatur rata-rata digunakan untuk menentukan sifat fisik fluida yang mengalir, baik melalui shell maupun tube. Untuk perhitungan, dapat digunakan rumus berikut: rumus sebagai berikut [13]:

a. Temperatur kalorik untuk fluida panas

$$T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (6)$$

b. Temperatur rata-rata untuk fluida dingin

$$t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (7)$$

4) Luas Penampang Aliran (Flow Area)

a. *Shell and Tube*

Kecepatan aliran massa dari fluida berubah secara terus-menerus saat melewati baffle. Panjang area aliran sama dengan jarak antara *baffle* [13]:

- Bagian *Shell*

$$A_s = \frac{(\pi \times ID_s^2)(N_t \times \pi \times OD_t)}{144 \times P_t} \quad (8)$$

- Bagian *Tube*

$$A_t = \frac{N_t \times a' t}{144 \times n} \quad (9)$$

b. *Double Pipe*

Kecepatan aliran massa dari fluida berubah secara terus-menerus tergantung pada perbedaan diameter pipa. Formula untuk perhitungan bagian annulus dan *pipe* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- Bagian *Annulus*

$$A_a = \frac{\pi \times (ID_a^2 - OD_p^2)}{4} \quad (10)$$

- Bagian *Pipe*

$$A_p = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (11)$$

5) Kecepatan Aliran Massa

Formula untuk perhitungan kecepatan aliran massa bagian *shell* dan *tube* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- Bagian *Annulus*

$$G_s = \frac{W_s}{A_s} \quad (12)$$

- Bagian *Pipe*

$$G_t = \frac{W_t}{A_t} \quad (13)$$

6) Bilangan Reynold

Formula untuk perhitungan bilangan Reynold bagian *shell* dan *tube* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- Bagian *Shell*

$$Re_s = \frac{D_e \times G_s}{\mu_s} \quad (14)$$

- Bagian *Tube*

$$Re_t = \frac{D \times G_t}{\mu_t} \quad (15)$$

7) Bilangan Prandtl

Formula untuk perhitungan bilangan Prandtl bagian *shell* dan *tube* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- Bagian *Shell*

$$Pr_s = \frac{c_p \times \mu_s}{k} \quad (14)$$

- Bagian *Tube*

$$Pr_t = \frac{c_p \times \mu_t}{k} \quad (15)$$

Mencari harga k dapat menggunakan Tabel *Thermal conductivities hydrocarbon liquids*.

8) Koefisien Perpindahan Panas

Formula untuk perhitungan koefisien perpindahan panas bagian luar tube dan dalam tube dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- Koefisien Perpindahan Panas di luar tube (h_o)

$$\frac{h_o}{\phi_s} = JH \times \frac{k}{D_e} \times Pr_s^{\frac{1}{3}} \quad (16)$$

- Koefisien Perpindahan Panas di dalam tube (h_i)

$$\frac{h_i}{\phi_t} = JH \times \frac{k}{D} \times Pr_t^{\frac{1}{3}} \quad (17)$$

Mencari JH menggunakan grafik *pipe side heat transfer curve* DQ Kern berdasarkan nilai Re dan L/D (perbandingan panjang *pipe* dengan diameter dalam *pipe*).

9) Koefisien Perpindahan Panas Terkoreksi

Formula untuk perhitungan koefisien perpindahan panas terkoreksi bagian luar dan dalam tube dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- Koefisien Perpindahan Panas terkoreksi di luar *tube* (h_o)

$$h_o = \frac{h_o}{\phi_s} \times \phi_s \quad (16)$$

- Koefisien Perpindahan Panas di dalam *tube* (h_i)

$$h_i = \frac{h_i}{\phi_t} \times \phi_t \quad (17)$$

Sehingga

$$h_{io} = \frac{h_i}{\phi_t} \times \frac{ID}{OD} \quad (18)$$

10) Koefisien *clean overall* (U_c)

Koefisien *Clean Overall* merupakan hantaran perpindahan panas dalam keadaan bersih. Formula untuk perhitungan koefisien *Clean Overall* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U_c = \frac{h_o \times h_{io}}{h_{io} + h_o} \quad (19)$$

11) Koefisien *design overall* (U_d)

Koefisien *Design Overall* merupakan hantaran perpindahan panas dalam keadaan kotor. Harga U_d akan semakin menurun karena meningkatnya endapan. Formula untuk perhitungan koefisien *Design Overall* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U_d = \frac{Q}{A \times LTMD} \quad (19)$$

12) *Fouling Factor/Dirt Factor* (R_d)

Jika suatu alat penukar panas atau heat exchanger telah digunakan dalam waktu yang lama, akan terjadi penumpukan kerak atau endapan, baik di dalam maupun di luar tube. Fenomena ini dikenal sebagai "*Dirt Factor*," yang berfungsi sebagai tahanan dalam transfer panas. Rumus untuk menghitung *Fouling Factor* atau *Dirt Factor* dapat digunakan sebagai berikut:

$$R_d = \frac{(U_c - U_d)}{U_c \times U_d} \quad (20)$$

13) Pressure Drop

Selama fluida melewati HE akan mengalami penurunan tekanan (*pressure drop*).

- Bagian Annulus

$$D'_e = ID_a - OD_p \quad (21)$$

$$Re'a = \frac{D'_e \times G_a}{\mu} \quad (22)$$

$$F = 0,0035 + \frac{0,264}{Re'a} \quad (23)$$

$$sa = 1,09$$

$$\rho = 62,5 \times sa \quad (24)$$

$$\Delta F_a = \frac{4fG_a^2L}{2gp^2Dre} \quad (25)$$

$$V = \frac{G}{3600\rho} \quad (26)$$

$$F_a = 3 \frac{V^2}{2g'} \quad (27)$$

$$\Delta P_a = \frac{(\Delta F_a + F_a)\rho_a}{144} \quad (28)$$

• Bagian Pipe

$$F = 0,0035 + \frac{0,264}{Re_{rp}} \quad (23)$$

$$sa = 1,14$$

$$\rho = 62,5 \times sp \quad (24)$$

$$\Delta F_p = \frac{4fG_p^2L}{2gp^2Dre} \quad (25)$$

$$V = \frac{G}{3600\rho} \quad (26)$$

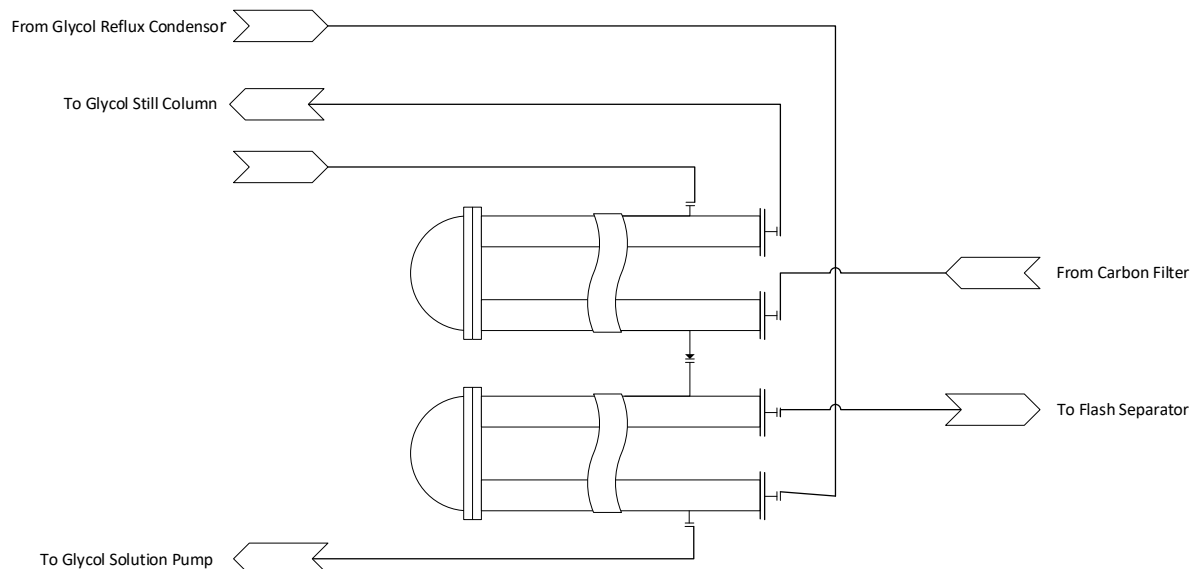
$$F_p = 3 \frac{V^2}{2g'} \quad (27)$$

$$\Delta P_p = \frac{(\Delta F_p + F_p)\rho_p}{144} \quad (28)$$

Mengingat fluida mengalami belokan saat melalui pass-nya, akan terjadi kerugian hambatan yang mengakibatkan penurunan tekanan, yang dilambangkan dengan Pr (*return loss*).

3. PEMBAHASAN

A. Uraian Proses Dehydrtaion Unit



Gambar 1. Diagram Alir Hot-Cold Glycol Heat Exchanger

Gambar 1 merupakan diagram alir *Hot-Cold Glycol Heat Exchanger*. Proses Gas Dehydration yang terjadi di *Central Processing Plant* menggunakan absorben berupa *Tri Ethylen Glycol* (TEG). *Tri Ethylen Glycol* akan menyerap kandungan uap air yang terkondensasi pada

proses pengolahan dan transmisi maupun distribusi gas. Kandungan uapp air dalam gas dapat menyebabkan terjadinya korosi serta terbentuknya hidrat. Umpam gas yang diolah dalam kolom gas contactor akan dikontakan dengan *Tri ethyl Glycol* untuk mengurangi kadar uap airnya. Tri Ethylen Glycol yang telah digunakan untuk menyerap kandungan air dalam umpam gas akan diregenerasi untuk memperbarui *rich glycol* (TEG yang telah digunakan dan banyak mmengandung air) menjadi *lean glycol* yang sedikit mengandung air agar proses absorpsi yang dilakukan lebih optimal. *Rich glycol* dari gas contractor akan dualirkan menuju *Cold Glycol Exchanger*. Dalam *Cold Glycol Exchanger* akan terjadi pertukaran panas dengan *lean glycol* yang berasal dari reboiler. *Lean glycol* dalam *Cold Glycol Exchanger* ini berperan sebagai media pemanas. Setelah dipanaskan di *Cold Glycol Exchanger*, *rich glycol* akan dipisahkan menuju flash separator untuk pemisahan kandungan gas yang terikut, kondensat serta *rich glycol*. Kemudian, *rich glycol* akan dialirkan menuju filter yang berguna untuk menyaring komponen padat serta kontaminan chemical/hidrokarbon yang terkandung di dalam *rich glycol*.

Setelah proses penyaringan, *rich glycol* akan dipanaskan di *Hot Glycol Exchanger*. Pemanasan ini bertujuan untuk mengurangi beban reboiler untuk mengurangi kandungan uap air. Di dalam *Glycol Reboiler* terjadi pelucutan kandungan air yang terikut ke dalam *rich glycol* dengan cara menguapkannya. Hal ini dapat terjadi karena titik didih air lebih rendah daripada titik didih *glycol*. *Glycol* yang telah melalui *Glycol Reboiler* disebut *lean glycol* karena sudah tidak mengandung air dan mengalir menuju *Hot Glycol Exchanger*.

B. Data Desain dan Kondisi Operasi

Berdasarkan pengamatan operasi yang dilakukan, kondisi operasi *Hot Glycol Exchanger* dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 1. Data Design Hot-Cold Glycol Exchanger

<i>Hot-Cold Glycol Exchanger</i>			
<i>Type</i>		<i>Double Pipe</i>	
<i>Heat Duty</i>		120 x 10 ⁴ BTU	
Panjang Pipe		5486,44 mm	
DATA		ANNULUS SIDE	PIPE SIDE
Fluida Alir		<i>Lean Glycol</i>	<i>Rich Glycol</i>
Kondisi Desain	Tekanan (Psig)	150	150
	Temperatur (°F)	550	550
Jumlah Passes (n)		1	1
OD (mm)		254,5	19,1
ID (mm)		254	19,05
Cp (Btu/lb °F)		0,755	0,499
<i>Mass Flow</i> (lb/hr)		8.500	8.905,5
Viskositas (cP)		0,6	1

Tabel 2. Kondisi Operasi Hot Glycol Exchanger

Tanggal	<i>Mass Flow</i> (lb/hr)		<i>Annulus Side</i> (°F)		<i>Pipe Side</i> (°F)	
	<i>Annulus</i>	<i>Pipe</i>	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>	<i>Inlet</i>	<i>Outlet</i>
20/02/2023	8499,8	8904	393,1	202	154,2	335,1
21/02/2023	8500	8904,9	393	201,22	155,1	335,5
22/02/2023	8499,7	8905,7	392,2	201	156	334,9
23/02/2023	8499	8904,9	394	200,7	155,2	333,4
24/02/2023	8500	8905	393,2	201,18	155	335
Rata-rata	8499,7	8904,9	393,1	201,22	155,1	334,9

C. Analisis Data

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi termal pada *Hot Glycol Exchanger* disajikan dalam tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Data efisiensi termal *Hot Glycol Exchanger*

Variabel	Satuan	Annulus	Pipe
Beban Panas	Btu/hr	1231346,439	798949,409
<i>Log Mean Temperature Different</i> (LMTD)	°F	51,92602139	
Temperatur Rata-rata (T_{av})	°F	297,16	245
Luas Penampang Aliran	ft ²	0,541311469	0,003701722
Kecepatan Aliran Massa	lb/hr ft ²	15702,05047	2405610,414
Bilangan Reynold		85223,4814	68261,68065
Bilangan Prandtl		7,165098039	7,892679739
Koefisien Perpindahan Panas	Btu/hr ft ² °F	707,9078337	842,854891
Koefisien Perpindahan Panas Terkoreksi	Btu/hr ft ² °F	661,4725184	
Koefisien <i>Clean Overall</i> (U_c)	Btu/hr ft ² °F	341,9514358	
Koefisien <i>Design Overall</i> (U_d)	Btu/hr ft ² °F	1555,586015	
<i>Fouling Factor/Dirt Factor</i> (R_d)	hr ft ² °F/Btu	0,002281547	
<i>Pressure Drop</i>	Psi	0,000145	6,774
<i>Losses</i>	%	35%	
Efisiensi	%	65%	

D. Hasil Evaluasi

Berdasarkan hasil pengamatan dan hasil perhitungan menggunakan metode *Dirt factor/fouling factor* (R_d) dan *Pressure Drop* yang telah dijabarkan di atas. Perbandingan hasil data desain dengan actual tercantum pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan data design dengan actual

Heat Exchanger E – 504 A				
Parameter	Design		Aktual	
	Annulus	Pipe	Annulus	Pipe
Jenis Fluida	<i>Lean Glycol</i>	<i>Rich Glycol</i>	<i>Lean Glycol</i>	<i>Rich Glycol</i>
<i>Mass Flow</i> (lb/hr)	8.500	8.905,5	8499,7	8904,9
<i>Fouling Resistance</i> (hrft ² °F/Btu)	0,0015		0,0023	
<i>Pressure Drop</i> (Psi)	10	10	0,000145	6,774

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa R_d actual pada E-0504 A lebih besar daripada R_d desain yang diperbolehkan yaitu 0,0015 hr ft² °F/Btu. Besar R_d actual pada *Hot Glycol Exchanger* adalah 0,0023 hr ft² °F/Btu. Hal tersebut menunjukkan transfer panas pada *Heat Exchanger* 504 A ini belum optimal dalam mentransfer panas sejumlah keperluan dalam proses, karena pengotor yang terbawa oleh fluida menempel pada dinding *Heat Exchanger* secara terus-menerus dan menumpuk, hal itu dapat menimbulkan kerak sehingga menghalangi terjadinya proses perpindahan panas antara fluida tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukannya pembersihan (*Cleaning*) pada *Pipe*. Proses pembersihan deposit yang terbentuk ini dapat mengembalikan performa dan efisiensi kinerja sama seperti desain awal dari alat ini.

Nilai *Pressure Drop* yang diperoleh pada bagian *Annulus* adalah 0,000145 psi dan pada bagian *Pipe* adalah 6,77 psi, sedangkan batas *Pressure Drop* yang diizinkan adalah 10 psi maka baik pada *annulus* maupun *pipe* masih aman untuk digunakan. Sedangkan efisiensi termal dari *Heat Exchanger* ini sebesar 65%, hal tersebut disebabkan karena adanya isolasi termal *Heat Exchanger* yang kurang sempurna jadi ada panas yang terbuang keluar lingkungan atau biasa dikenal dengan sebutan "*Heat Loss*". Adapun *Heat Loss* yang didapat yakni sebesar 35%, hal

itu menunjukkan isolasi termal pada Heat Exchanger yang masih kurang baik oleh karena itu sebaiknya dilakukan perbaikan pada isolasi termalnya. Walaupun Heat Exchanger 504 A nilai *Dirt Factor* melebihi batas yang diizinkan dan isolasi termalnya masih kurang baik, tetapi laju alir massanya masih baik, sehingga Heat Exchanger-504 A tersebut masih layak untuk digunakan. Tetapi, lebih baik untuk dilakukannya perbaikan dan pembersihan (*cleaning*) agar kinerja Heat Exchanger tersebut dapat lebih baik.

4. SIMPULAN

Rd aktual pada E-0504 A lebih besar daripada Rd desain yang diperbolehkan yaitu 0,0015 hr ft² °F/Btu. Besar Rd aktual pada *Hot Glycol Exchanger* adalah 0,0023 hr ft² °F/Btu. Nilai *Pressure Drop* yang diperoleh pada bagian *Annulus* adalah 0,000145 psi dan pada bagian *Pipe* adalah 6,77 psi, sedangkan batas *Pressure Drop* yang diizinkan adalah 10 psi. Sehingga efisiensi termal yang didapatkan sebesar 35% hal itu menunjukkan isolasi termal pada *Heat Exchanger* yang masih kurang baik. Namun pada *hot glycol exchanger* perlu dilakukan perbaikan agar mengurangi panas yang hilang ke lingkungan, serta perpindahan antar fluida lebih optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Bichkar, O. Dandgaval, P. Dalvi, R. Godase, and T. Dey, "Study of Shell and Tube Heat Exchanger with the Effect of Types of Baffles," *Procedia Manuf.*, vol. 20, pp. 195–200, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.028.
- [2] T. Charate, N. Awate, J. Badgujar, and S. Jadhav, "Review of Literature on Heat Transfer Enhancement in Heat Exchangers," vol. 6, no. 12, pp. 198–201, 2015, [Online]. Available: <https://www.ijser.org/researchpaper/Review-of-Literature-on-Heat-Transfer-Enhancement-in-Heat-Exchangers.pdf>.
- [3] A. Shahab and A. Wahyuningsi, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger-003 Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi (Ppsdm Migas Cepu)," *J. Innov. Res. ...*, 2023, [Online]. Available: <https://www.bajangjournal.com/index.php/JIRK/article/view/4742>.
- [4] M. T. Bakrie and M. Fatimura, "OPTIMALISASI RANCANGAN SHELL-DAN-TUBE HEAT EXCHAGERS (TINJAUAN LITERATUR)," *J. Redoks*, vol. 5, p. 111, Dec. 2020, doi: 10.31851/redoks.v5i2.4992.
- [5] Y. Chan, H. Susanto, H. Asbanu, A. Dariyus, and Y. Lenardo, "Kajian Aplikasi Heat Exchanger Tipe Plate-Frame : Efisiensi dalam Pertukaran Panas CAE Methods For Plate Heat Exchanger Design (Dvorak V dan Vit Thomas , 2017)," vol. XIII, no. 2, pp. 9–18, 2023.
- [6] N. Nwokolo, P. Mukumba, and K. Obileke, "Thermal Performance Evaluation of a Double Pipe Heat Exchanger Installed in a Biomass Gasification System," *J. Eng.*, vol. 2020, pp. 1–8, Aug. 2020, doi: <https://interoperabilitas.perpusnas.go.id/record/detail/1388042/protoype-heat-exchanger-type-shell-and-tube-ditinjau-dari-variasi-jarak-baffle-dan-laju-alir-massa-udara-panas>.
- [7] B. Zohuri, "Heat Exchanger Types and Classifications," 2017, pp. 19–56.
- [8] H. Riupassa and A. J. Bayani, "ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA HEAT EXCHANGER TIPE TY - CHAP AU - Zohuri, Bahman PY - 2017/09/01 SP - 19 EP - 56 SN - 978-3-319-29834-4 T1 - Heat Exchanger Types and Classifications VL - DO - 10.1007/978-3-319-29835-1_2 ER - T147D MENGGUNAKAN SIRIP DURI ."
- [9] C. Wicaksono, E. Wijanarko, O. Simanullang, and A. Tahad, "Perancangan Eco Heat Exchanger Type 1-2 Shell And Tube dan Pengaruh Jumlah Baffle Terhadap Transfer Panas," *J. Chemurg.*, vol. 1, p. 27, Apr. 2018, doi: 10.30872/cmng.v1i1.1136.
- [10] S. S. Al-Anizi and A. M. Al-Otaibi, "DOUBLE PERFORATED IMPINGEMENT PLATE (DPIP) IN SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER," *ECI Symp. Ser.*, 2016.
- [11] S. M. Ghiaasiaan, *Convective Heat and Mass Transfer*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

- [12] R. W. Serth and T. G. Lestina, "Process Heat Transfer: Principles, Applications and Rules of Thumb: Second Edition," *Process Heat Transf. Princ. Appl. Rules Thumb Second Ed.*, pp. 1–609, Feb. 2014.
- [13] D. Q. Kern, *Process Heat Transfer*. Tate McGraw-Hill Publishing Company, 1997.
- [14] R. Veriyawan and T. R. Biyanto, "Optimasi Desain Heat Exchanger dengan Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization," *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [15] A. Azwinur and Z. Zulkifli, "Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle pada Alat Penukar Panas Aliran Searah dalam Upaya Optimasi Sistem Pengering," *Sintek J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 8–14, 2019, doi: 10.24853/sintek.13.1.8-14.

Daftar Simbol

A	=	Luas penampang, ft ²
C _p	=	Panas jenis fluida, btu/lb °F
D	=	Diameter dalam <i>inner pipe</i> , ft ²
D _e	=	Diameter equivalent, ft
f	=	Faktor friksi zat, ft ² /in ²
g	=	Percepatan gravitasi, ft ² /sec
G	=	Kecepatan aliran massa, lb/hr ft ²
h	=	Koefisien perpindahan panas, btu/hr ft ² °F
ID	=	<i>Inside Diameter</i> , in
JH	=	Faktor perpindahan panas
k	=	<i>Thermal conductivity</i> , btu/hr ft ² °F/ft
LMTD	=	<i>Log Mean Temperature Different</i>
m	=	Jumlah aliran massa fluida, lb/hr
N _t	=	Jumlah <i>tube</i>
n	=	Jumlah pass pada bagian tube, ft ²
OD	=	<i>Outlet Diameter</i> , in
Q	=	Jumlah panas yang dilepas/diterima, btu/hr
Pr	=	Bilangan Prandtl
Re	=	<i>Reynold number</i>
s	=	<i>Specific gravity</i>
T	=	Temperatur fluida panas, °F
T ₁	=	<i>Temperature</i> fluida panas <i>inlet</i> , °F
T ₂	=	<i>Temperature</i> fluida panas <i>outlet</i> , °F
t	=	<i>Temperature</i> fluida dingin, °F
t ₁	=	<i>Temperature</i> fluida dingin <i>inlet</i> , °F
t ₂	=	<i>Temperature</i> fluida dingin <i>outlet</i> , °F
U _c	=	Koefisien <i>clean overall</i> , btu/hr ft ² °F
U _d	=	Koefisien <i>design overall</i> , btu/hr ft ² °F
V	=	Velocity, fps
W	=	Aliran massa, lb/hr
ΔF	=	Perbedaan tekanan aliran, psi
ΔP	=	<i>Different pressure</i> , psi
Δt	=	<i>Different temperature</i> , °F
μ	=	<i>Viscosity</i> , lb/hr ft