



EVALUASI KINERJA *HEAT EXCHANGER* 260E-103 PADA KILANG *LUBE OIL COMPLEX III* UNIT 260 PT KILANG PERTAMINA INTERNASIONAL RU IV CILACAP

Villia Rian Ashari^{1*)} Agus Triono²⁾ Welayaturromadhona³⁾

¹⁾ Teknik Perminyakan, Universitas Jember

* corresponding email: villiara516@gmail.com

ABSTRACT

In the process of processing petroleum, PT Pertamina International RU IV Cilacap is equipped with a heat exchanger as a supporting tool for the production and processing. Heat exchanger functions as a heat exchange that works with the principle of heat exchange without mass transfer. The use of heat exchangers that are in extreme environments and are used for a long period of time to pass fluids, there is a high probability of deposit formation or impurities that can affect the pressure drop and decrease the performance efficiency of the heat exchanger in terms of heat exchange. Planning for cleaning must be considered to maintain the performance of the heat exchanger performance so that it remains in optimal condition. The heat exchanger that will be evaluated in this study is Heat Exchanger 260E-103 at PT Pertamina International RU IV Cilacap. The research was conducted using quantitative methods through the calculation of fouling factor, pressure drop, and heat transfer efficiency. The results showed that the Rd value of Heat Exchanger 260E-103 of LMO was 0.0317 hr ft² °F/Btu; 0.0058 hr ft² °F/Btu; 0.0048 hr ft² °F/Btu, MMO was 0.0193 hr ft² °F/Btu; 0.0157 hr ft² °F/Btu; 0.0070 hr ft² °F/Btu, and DAO of 0.0153 hr ft² °F/Btu; 0.0193 hr ft² °F/Btu; 0.0029 hr ft² °F/Btu. The pressure drop value of Heat Exchanger 260E-103 of LMO is 12.021 Psi; 10.632 Psi; 10.416 Psi, MMO is 11.077 Psi; 11.108 Psi; 10.435 Psi, and DAO is 14.149 Psi; 13.764 Psi; 13.625 Psi. The efficiency for Heat Exchanger 260E-103 of LMO is 22.81%; 79.47%; 82.16%, MMO is 29.07%; 46.03%; 72.16%, and DAO is 17.43%; 60.06%; 45.04%. The results show that Heat Exchanger 260E-103 is not suitable for use because it has Rd and pressure drop values exceeding normal limits, and efficiency is below standard.

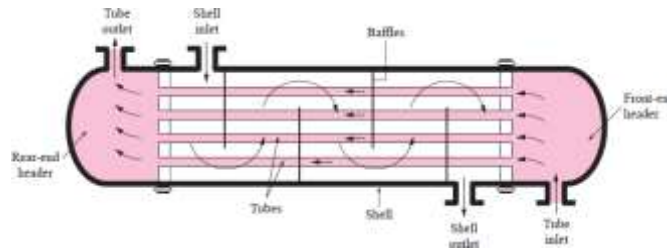
Keywords: heat exchanger, refinery, fouling factor, pressure drop, efficiency

I. PENDAHULUAN

Kilang minyak di Indonesia khususnya Kilang Minyak RU IV Cilacap memanfaatkan dan menggunakan *heat exchanger* sebagai alat yang memiliki peran penting di dalam proses pengolahan dan produksi pada kilang minyak tersebut. Prinsip dasar yang digunakan pada alat *heat exchanger* adalah terjadinya pertukaran panas tanpa terjadinya perpindahan massa. Salah satu *heat exchanger* yang digunakan oleh Kilang Minyak RU IV Cilacap adalah *Heat Exchanger* 260E-103 dengan jenis *shell and tube*. *Heat Exchanger* 260E-103 berada pada area *Hydrotreating Unit* di Kilang *Lube Oil Complex III* dimana memiliki fungsi sebagai preheater fluida berupa *Charge Oil* berjenis LMO, MMO, dan DAO dengan pemanas dari fluida tersebut adalah *Hot HP Gas*. Selama pemakaiannya, *Heat Exchanger* 260E-103 sering kali mengalami kondisi yang menyebabkan alat tersebut mengalami penurunan kinerja menjadi tidak optimal. Salah satu penyebabnya adalah terdapat pengotor berupa Olefin yang berasal dari proses cracking pada *Bottom Reactor*. Pengotor tersebut menyebabkan tersumbatnya aliran sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya *pressure drop* dan penurunan efisiensi transfer panas pada *Heat Exchanger* 260E-103. Berdasarkan hal tersebut maka performa dari *heat exchanger* perlu dilakukan evaluasi secara rutin untuk mengetahui kinerja yang dihasilkan pada proses pertukaran panas.

Heat exchanger merupakan salah satu komponen yang sangat penting dan sering digunakan di setiap unit pengolahan industri minyak dan gas. [2] *Heat exchanger* dapat berfungsi sebagai pemanas maupun pendingin. *Superheated steam* dan air digunakan sebagai media dengan temperatur ruang sebagai pendingin. *Shell and tube heat exchanger* merupakan jenis alat penukar panas yang paling banyak digunakan pada industri kilang minyak dan petrokimia. *Shell and tube heat exchanger* biasanya digunakan untuk proses produksi dan pengolahan yang memanfaatkan tekanan tinggi dengan tekanan lebih dari 30 bar dan suhu lebih besar dari 260°C. *Fouling* pada *heat exchanger* tidak dapat dihindari, namun dapat diatasi dengan melakukan perbaikan atau pembersihan karena *fouling* dapat mempengaruhi produktivitas dan efisiensi *heat exchanger*. Faktor-

faktor yang mempengaruhi *fouling* antara lain suhu permukaan, kecepatan aliran fluida, jenis fluida yang mengalir, dan reaksi [5].



Gambar 1. Gambar Skema *Heat Exchanger Shell and Tube* [1]

II. METODOLOGI PENELITIAN

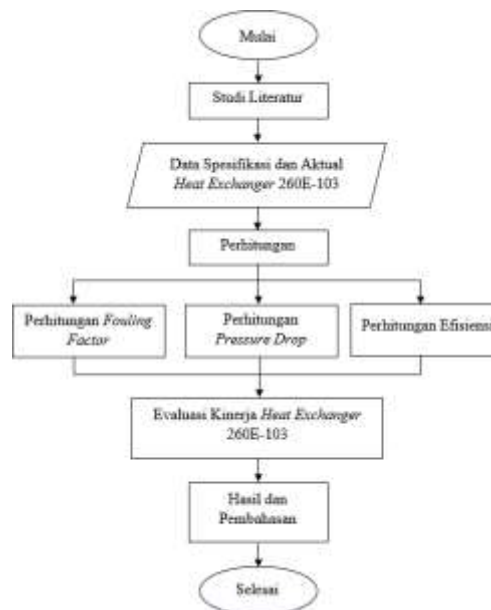
Metode penelitian yang digunakan pada studi ini adalah observasi atau analisis data lapangan yang sudah ada. Pada studi ini akan dilakukan evaluasi *Heat Exchanger* pada *Hydrotreating Unit* di PT Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap dengan menggunakan metode Kern. Metode Kern merupakan cara yang dilakukan untuk mengkorelasikan data pada alat penukar panas dengan menggunakan persamaan sederhana untuk aliran dalam tabung [6]. Berikut merupakan data – data yang digunakan dalam penelitian, yaitu :

1. Data Spesifikasi *Heat Exchanger*

Data spesifikasi *Heat Exchanger* yang digunakan berupa data *properties* fluida dan data konstruksi *Heat Exchanger* 260E-103.

2. Data Aktual *Heat Exchanger*

Data aktual digunakan untuk data perhitungan pada evaluasi kinerja *Heat Exchanger* 260E-103. Data ini berisi informasi terkait temperatur inlet, temperatur outlet, dan *flowrate* fluida yang masuk dan keluar dari *Heat Exchanger*.



Gambar 2. Gambar Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Persamaan

$$LMTD = \frac{\Delta T_H - \Delta T_C}{\ln \frac{\Delta T_H}{\Delta T_C}} \quad (1)$$

$$Rd = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \quad (2)$$



$$\Delta P_{shell} = \frac{f \times (G_s)^2 \times D_s \times (N+1)}{5.22 \times (10)^{10} \times D_e \times S G \times \theta_s} \quad (3)$$

$$\Delta P_{tube} = \frac{f \times (G_t)^2 \times L \times n}{5.22 \times (10)^{10} \times I D_t \times S G \times \theta_t} \quad (4)$$

3.2. Data Heat Exchanger 260E-103

Heat Exchanger 260E-103 pada *Hydrotreating unit* ini merupakan *preheater* yang digunakan untuk memanaskan *Charge Oil* dengan media pemanasnya *Hot HP Gas*. Heat Exchanger 260E-103 di Kilang Pertamina Internasional RU IV Cilacap berjenis *shell and tube* dengan aliran *co-current flow*. Data spesifikasi dari Heat Exchanger 260E-13 yang terdiri dari sisi *shell* dan sisi *tube*, dengan rincian yang telah dirangkum dalam Tabel 1.berikut.

Tabel 1. Data Spesifikasi Desain Heat Exchanger 260E-103

HE 260E-103	Shell			Tube		
	Notasi	Satuan	Dimensi	Notasi	Satuan	Dimensi
Jenis Fluida	Charge Oil			Hot HP Gas		
Dimensi Luar	ODs	Inch		ODt	Inch	0.75
Dimensi Dalam	IDs	Inch	19.291	IDt	Inch	
Jumlah Baffle	N	Unit	31	N	Unit	31
Jumlah Pass	n	Unit	1	n	Unit	2
BWG	BWG		6	BWG		8
Jarak antar Tube	-	-	-	C''	Inch	1
Panjang Tube	-	-	-	L	Inch	16
Jumlah Tube	-	-	-	Nt	Unit	102
Pitch	-	-	-	Pt	Inch	1
Jarak antar Baffle	B	Inch	5.9	B	Inch	5.9
Susunan Tube	Square					

Tabel 2. Data Aktual Heat Exchanger 260E-103 Fluida LMO

Parameter Ukur	Data Lapangan					
	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
	Shell	Tube	Shell	Tube	Shell	Tube
Jenis Fluida	Charge Oil	Hot HP Gas	Charge Oil	Hot HP Gas	Charge Oil	Hot HP Gas
Suhu Masuk (°F)	293.92	387.55	301.36	388.40	301.26	396.47
Suhu Keluar (°F)	299.69	360.92	304.17	337.40	304.17	336.44



Data Lapangan						
Parameter Ukur	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Laju alir (lb/hr)	129531	33041	123753	31567	121047	30877
Densitas (lb/ft ³)	55.061	1.205	55.061	1.205	55.061	1.205
°API	28.93	30.38	28.93	30.38	28.93	30.38

Tabel 3. Data Aktual Heat Exchanger 260E-103 Fluida MMO

Data Lapangan						
Parameter Ukur	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Jenis Fluida	Charge Oil	Hot HP Gas	Charge Oil	Hot HP Gas	Charge Oil	Hot HP Gas
Suhu Masuk (°F)	316.38	426.09	316.82	426.77	305.06	400.33
Suhu Keluar (°F)	324.78	328.73	323.80	379.27	309.20	346.05
Laju alir (lb/hr)	129405	33009	128454	32766	120613	30766
Densitas (lb/ft ³)	55.061	1.205	55.061	1.205	55.061	1.205
°API	28.93	28.82	28.93	28.82	28.93	28.82

Tabel 4. Data Aktual Heat Exchanger 260E-103 Fluida DAO

Data Lapangan						
Parameter Ukur	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Jenis Fluida	Charge Oil	Hot HP Gas	Charge Oil	Hot HP Gas	Charge Oil	Hot HP Gas
Suhu Masuk (°F)	329.59	419.84	324.94	426.77	319.34	400.33
Suhu Keluar (°F)	337.52	377.56	331.73	379.27	325.56	346.05
Laju alir (lb/hr)	126042	26963	118874	25430	120027	25676
Densitas (lb/ft ³)	58.776	1.016	58.776	1.016	58.776	1.016
°API	18.79	27.52	18.79	27.52	18.79	27.52



3.3 Data Hasil Perhitungan *Heat Exchanger* 260E-103

Dalam melakukan evaluasi kinerja alat *Heat Exchanger*, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan agar penggunaan *Heat Exchanger* tetap optimal. Faktor – faktor yang berpengaruh terhadap kinerja *Heat Exchanger*, yaitu :

1. Faktor kekotoran / *Fouling Factor* (Rd) hasil perhitungan harus sama atau lebih kecil dari nilai Rd pada desain atau spesifikasi alat.
2. *Pressure drop* (ΔP) yang terjadi tidak melebihi dari 10 Psi.
3. Efisiensi yang dimiliki oleh *Heat Exchanger* adalah sama dengan atau lebih dari 80% untuk dikatakan bahwa alat tersebut dalam kondisi layak untuk digunakan.

Ketiga faktor tersebut harus dihitung untuk kemudian dilakukan evaluasi terhadap kinerjanya. Hasil perhitungan yang telah dilakukan pada *Heat Exchanger* 260E-103 untuk grade LMO, MMO, dan DAO mulai dari bulan Desember 2018 sampai dengan Februari 2019 dirangkum dalam Tabel 5.; Tabel 6.; dan Tabel 7. berikut. Pemilihan pengambilan data pada bulan tersebut didasarkan karena pada bulan – bulan sebelumnya terdapat anomali data sehingga diperlukan adanya data yang stabil untuk melakukan perhitungan dan evaluasi.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Heat Exchanger* 260E-103 Fluida LMO

Uraian	Satuan	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
		Shell	Tube	Shell	Tube	Shell	Tube
<i>Specific Heat</i>	Btu/Lb°F	0.562	0.618	0.580	0.610	0.578	0.615
Q	Btu/hr	419669	543683	201579	982023	203317	1139908
Beda suhu Panas	°F	87.86		84.24		92.30	
Beda Suhu Dingin	°F	67.00		36.05		35.18	
LMTD	°F	76.96		56.77		59.21	
Suhu Kalorik (Tc)	°F	301.99	371.57	305.29	357.80	305.33	360.45
Luas Area (A)	Ft ²	0.198	0.166	0.198	0.166	0.198	0.166
Kecepatan Massa (G)	Lb/hr ft ²	654197	199042	625015	190163	611346	186004
Bilangan Reynold (Re)		20734	5196.32	20403	5029.85	20159	4985.45
Faktor JH		78.05	11.00	80.00	16.00	78.00	19.00
ho/φs dan hi/φt	Btu/hr ft ² °F	559.87	106.52	473.79	121.59	455.75	133.84
Temperatur Dinding Tube (Tw)	°F	362.59		349.06		350.19	
hio/ φt	Btu/hr ft ² °F	82.947		94.68		104.214	
Koefisien ho dan hio		584.42	85.206	460.45	94.164	477.91	103.053
Uc	Btu/hr ft ² °F	74.36		78.66		84.21	
Ud	Btu/hr ft ² °F	22.16		54.16		60.09	
Rd	Btu/hr ft ² °F	0.0317		0.0058		0.0048	
<i>Pressure Drop</i>	Psi	11.942	0.080	10.558	0.074	10.350	0.066
Total <i>Pressure Drop</i>	Psi	12.021		10.416		10.632	
Efisiensi	%	22.81%		79.47%		82.16%	

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Heat Exchanger* 260E-103 Fluida MMO

Uraian	Satuan	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
		Shell	Tube	Shell	Tube	Shell	Tube
<i>Specific Heat</i>	Btu/Lb°F	0.564	0.604	0.565	0.603	0.550	0.590



Uraian	Satuan	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
		Shell	Tube	Shell	Tube	Shell	Tube
Q	Btu/hr	613247	864572	506575	938598	274310	985144
Beda suhu Panas	°F	101.31		102.97		91.13	
Beda Suhu Dingin	°F	66.35		62.45		40.99	
LMTD	°F	82.60		81.03		62.76	
Suhu Kalorik (Tc)	°F	329.07	404.84	327.36	403.50	311.31	373.73
Luas Area (A)	ft ²	0.198	0.166	0.198	0.166	0.198	0.166
Kecepatan Massa (G)	Lb/hr ft ²	654197	199042	625015	190163	611346	186004
Bilangan Reynold (Re)		17929	5802	17649	5793	15297	4544
Faktor JH		79	20	76	19	68	14
ho/φs dan hi/φt	Btu/hr ft ² °F	541.40	138.01	526.15	130.14	496.46	112.31
Temperatur Dinding Tube (Tw)	°F	392.29		391.20		364.38	
hio/ φt	Btu/hr ft ² °F	107.47		101.33		87.454	
Koefisien ho dan hio		568.46	106.40	552.18	100.05	521.08	87.16
Uc	Btu/hr ft ² °F	89.62		84.71		74.67	
Ud	Btu/hr ft ² °F	32.80		36.34		49.15	
Rd	Btu/hr ft ² °F	0.0193		0.0157		0.0070	
Pressure Drop	Psi	11.007	0.071	11.023	0.085	10.375	0.060
Total Pressure Drop	Psi	11.077		11.108		10.435	
Efisiensi	%	29.07%		46.03%		72.16%	

Tabel 7. Hasil Perhitungan Heat Exchanger 260E-103 Fluida DAO

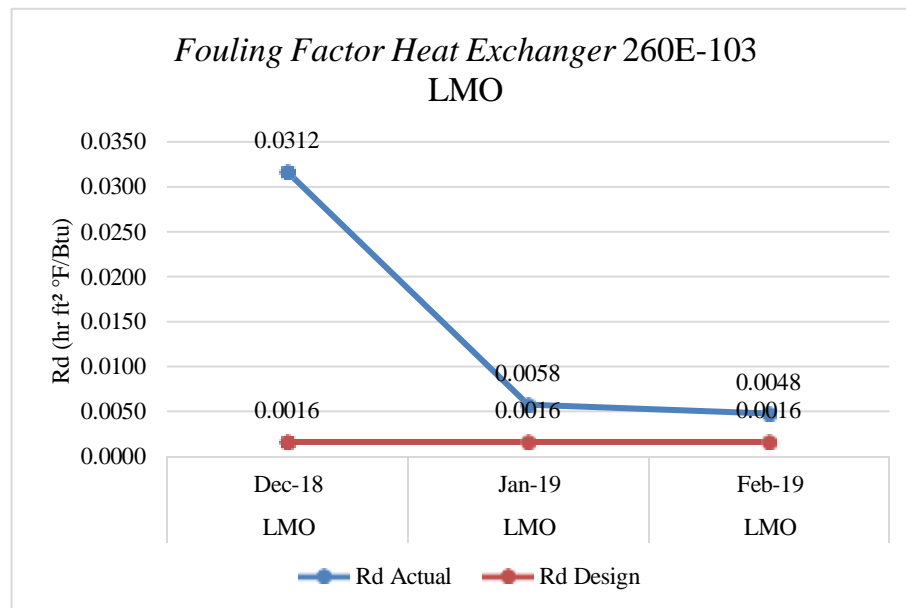
Uraian	Satuan	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
		Shell	Tube	Shell	Tube	Shell	Tube
Specific Heat	Btu/Lb°F	0.565	0.600	0.560	0.595	0.554	0.598
Q	Btu/hr	564791	684000	464483	1162975	413501	752399
Beda suhu Panas	°F	82.32		84.62		84.45	
Beda Suhu Dingin	°F	47.97		14.31		41.67	
LMTD	°F	63.60		39.56		60.56	
Suhu Kalorik (Tc)	°F	340.69	394.47	334.69	370.10	328.05	380.61
Luas Area (A)	ft ²	0.198	0.166	0.198	0.166	0.198	0.166
Kecepatan Massa (G)	Lb/hr ft ²	638185	162429	598173	152245	607731	154678
Bilangan Reynold (Re)		2998	3549	2539	3188	2419	3173
Faktor JH		29	11	24.50	4.60	27	6.20
ho/φs dan hi/φt	Btu/hr ft ² °F	1162.78	100.69	1077.33	47.65	1252.43	59.95
Temperatur Dinding Tube (Tw)	°F	391.07		368.92		378.72	



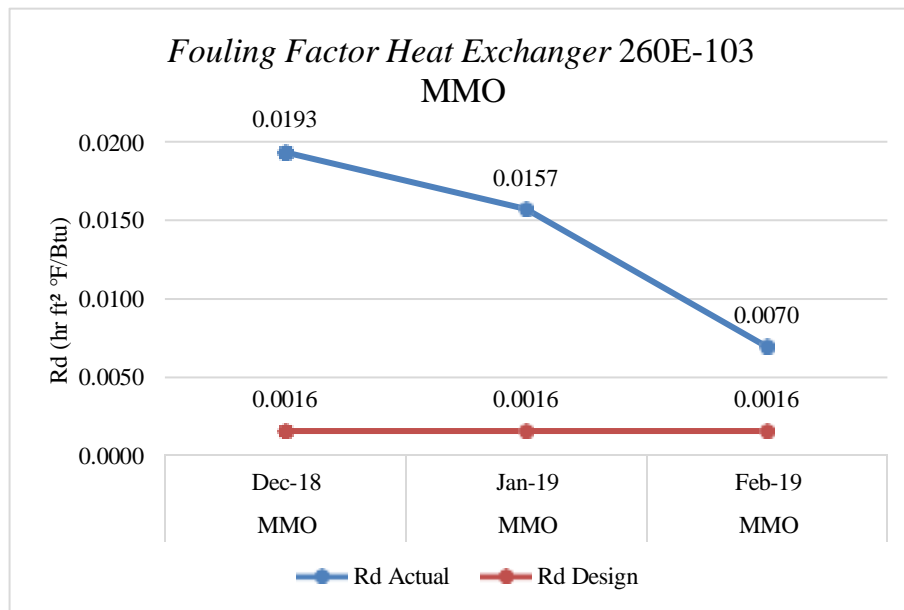
Uraian	Satuan	Desember 2018		Januari 2019		Februari 2019	
		Shell	Tube	Shell	Tube	Shell	Tube
hio/ ϕ t	Btu/hr ft ² °F	78.40		37.11		46.68	
Koefisien ho dan hio		1218.33	78.40	1096.04	36.01	1349.94	46.17
Uc	Btu/hr ft ² °F	73.66		34.87		44.64	
Ud	Btu/hr ft ² °F	34.61		106.71		39.57	
Rd	Btu/hr ft ² °F	0.0153		0.0193		0.0029	
Pressure Drop	Psi	14.097	0.051	13.700	0.064	13.578	0.047
Total Pressure Drop	Psi	14.149		13.764		13.625	
Efisiensi	%	17.43%		43.61%		45.04%	

3.4 Fouling Factor Heat Exchanger 260E-103

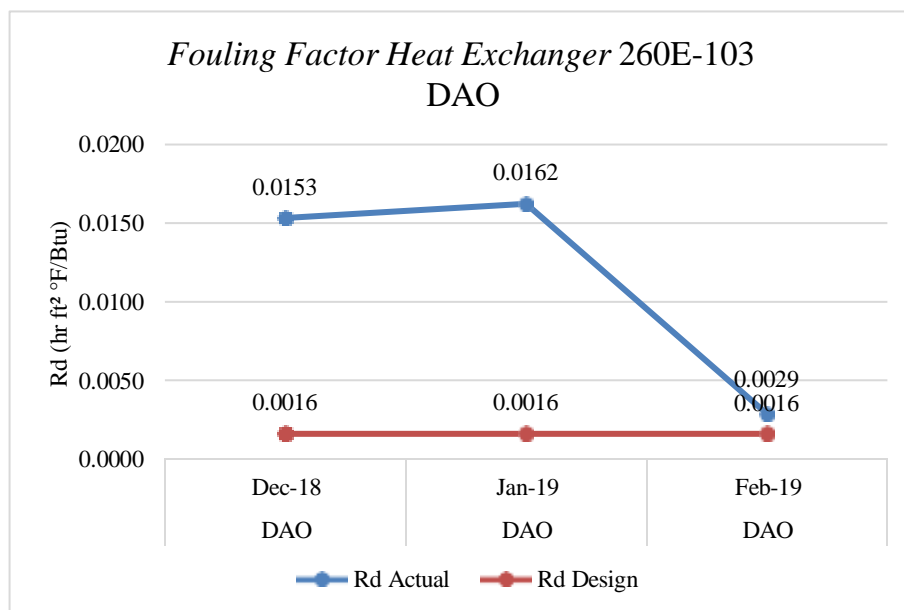
Fouling didefinisikan sebagai akumulasi dan pembentukan material pada permukaan peralatan *heat exchanger*, yang menyebabkan terjadinya penurunan kapasitas perpindahan panas pada temperatur tertentu yang akan berbeda dengan kondisi desain. Laju pembentukan *fouling* akan mengalami peningkatan akibat tingginya temperatur proses maupun rendahnya laju alir fluida pada *heat exchanger*. Penentuan *fouling factor* berdasarkan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh untuk kondisi bersih maupun kotor pada alat penukar panas yang digunakan. Besarnya nilai *fouling factor* (Rd) bisa dijadikan suatu parameter yang menunjukkan besarnya faktor pengotor pada *heat exchanger* yang diakibatkan karena pembentukan lapisan yang memberikan tahanan terhadap aliran panas [2].



Gambar 3. Fouling Factor (Rd) Heat Exchanger 260E-103 Grade LMO



Gambar 4. Fouling Factor (Rd) Heat Exchanger 260E-103 Grade MMO



Gambar 5. Fouling Factor (Rd) Heat Exchanger 260E-103 Grade DAO

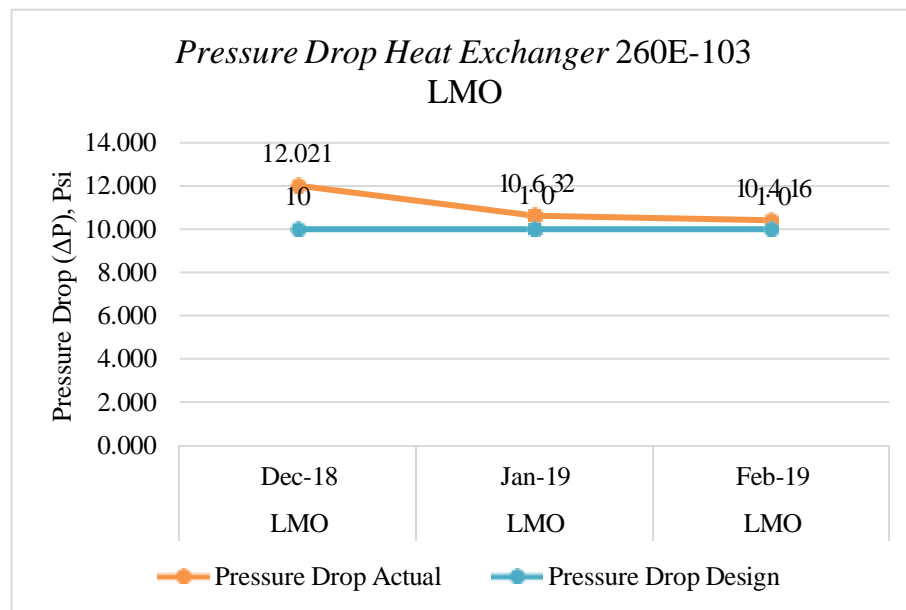
Berdasarkan gambar grafik di atas diketahui nilai *fouling factor* pada *Heat Exchanger 260E-103* dari hasil perhitungan pada grade LMO, MMO, dan DAO bulan Desember 2018 – Februari 2019. Fluida LMO, MMO, dan DAO merupakan feed atau fluida yang diolah pada proses *preheater* menggunakan *Heat Exchanger 260E-103*. Perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan nilai *fouling factor* pada grade LMO bulan Desember 2018 sebesar 0.0317 hr ft² °F/Btu; bulan Januari 2019 0.0058 hr ft² °F/Btu; bulan Februari 2019 0.0048 hr ft² °F/Btu, *fouling* grade MMO bulan Desember 2018 sebesar 0.0193 hr ft² °F/Btu; bulan Januari 2019 0.0157 hr ft² °F/Btu; bulan Februari 2019 0.0070 hr ft² °F/Btu, dan *fouling* grade DAO bulan Desember 2018 sebesar 0.0153 hr ft² °F/Btu; bulan Januari 2019 0.0162 hr ft² °F/Btu; bulan Februari 2019 0.0029 hr ft² °F/Btu. Kenaikan dan penurunan *fouling* yang terjadi pada *Heat Exchanger 260E-103* di bulan Desember 2018 hingga bulan Februari dipengaruhi oleh viskositas dari masing – masing grade dengan nilai yang berbeda, yaitu grade LMO pada bulan Desember 2018 memiliki viskositas sebesar 4.36 cP; bulan Januari 2019 4.26 cP; bulan Februari 2019 4.21 cP, grade MMO pada bulan Desember 2018 memiliki viskositas sebesar 5.13 cP; bulan Januari 2019 4.56 cP; bulan Februari 2019 4.55 cP, dan pada grade DAO pada bulan Desember 2018 memiliki viskositas sebesar 20.93 cP; bulan Januari 2019 22.22 cP; bulan Februari 2019 19.05 cP. Viskositas fluida memiliki hubungan dengan faktor pengotoran pada *heat exchanger*. Viskositas fluida mempengaruhi laju aliran fluida, yang kemudian berpengaruh pada pembentukan *fouling*. Semakin tinggi viskositas fluida, semakin rendah laju aliran fluida, dan semakin tinggi pula



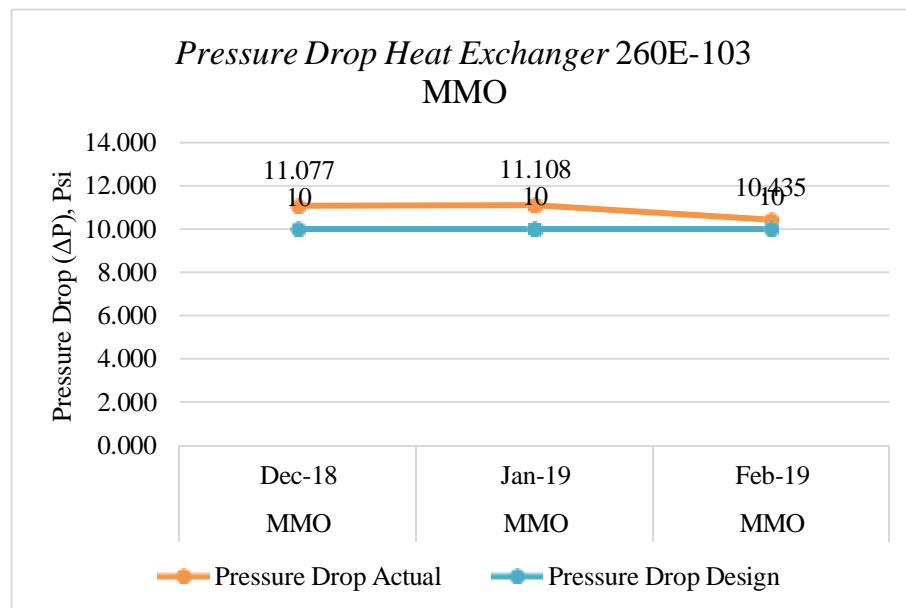
kemungkinan terbentuknya fouling. Hal ini dikarenakan viskositas mempengaruhi kecepatan aliran fluida, yang dapat mempercepat pengendapan partikel pada permukaan penukar panas, sehingga meningkatkan faktor pengotoran. Nilai *fouling factor* (Rd) yang diizinkan pada *Heat Exchanger* 260E-103 adalah sebesar $0.0016 \text{ hr ft}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$. Nilai *fouling* hasil perhitungan yang berada di atas ambang batas yang diizinkan mengindikasikan bahwa pada *heat exchanger* tersebut sudah banyak terdapat material pengotor sehingga memiliki kinerja yang tidak maksimal dalam mengalirkan fluida pada proses transfer panas. Hal yang dapat dilakukan untuk dapat mengembalikan performa yang dihasilkan agar menjadi optimal adalah dengan melakukan pembersihan pada *heat exchanger* tersebut.

3.5 Pressure Drop Heat Exchanger 260E-103

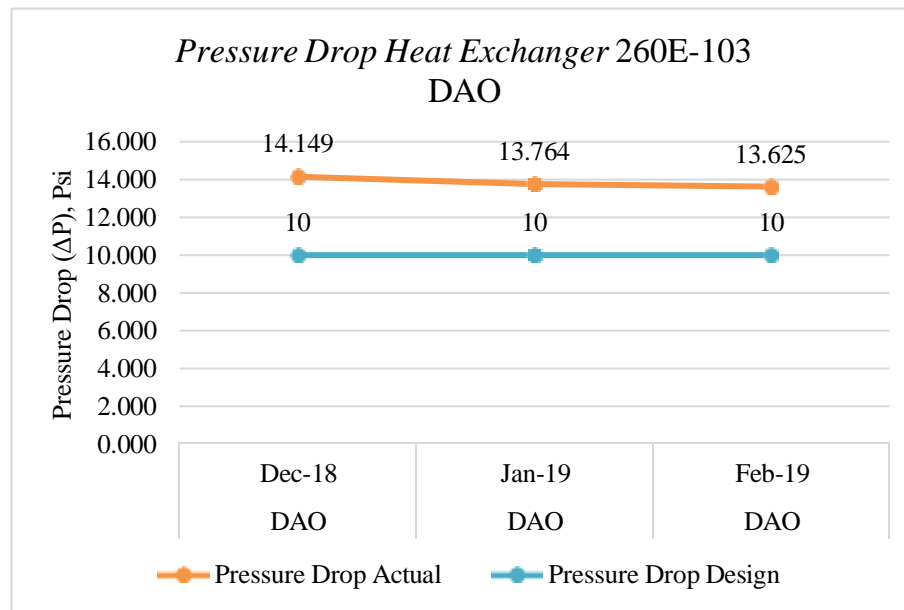
Pressure drop sangat penting untuk diketahui pada *heat exchanger* karena berhubungan dengan laju aliran fluida dan sebagai parameter untuk mengetahui sejauh mana fluida dapat mempertahankan tekanan yang dimiliki selama fluida tersebut mengalir. Semakin tinggi nilai *pressure drop* mengindikasikan banyaknya pengotor (*fouling*) dan hal tersebut menyebabkan laju aliran fluida pada sisi *shell* maupun *tube* menurun dari kondisi desain. *Pressure drop* yang diizinkan terjadi dalam suatu *heat exchanger* berada pada kisaran 5 – 10 Psi [2].



Gambar 6. Pressure Drop (ΔP) Heat Exchanger 260E-103 Grade LMO



Gambar 7. Pressure Drop (ΔP) Heat Exchanger 260E-103 Grade MMO

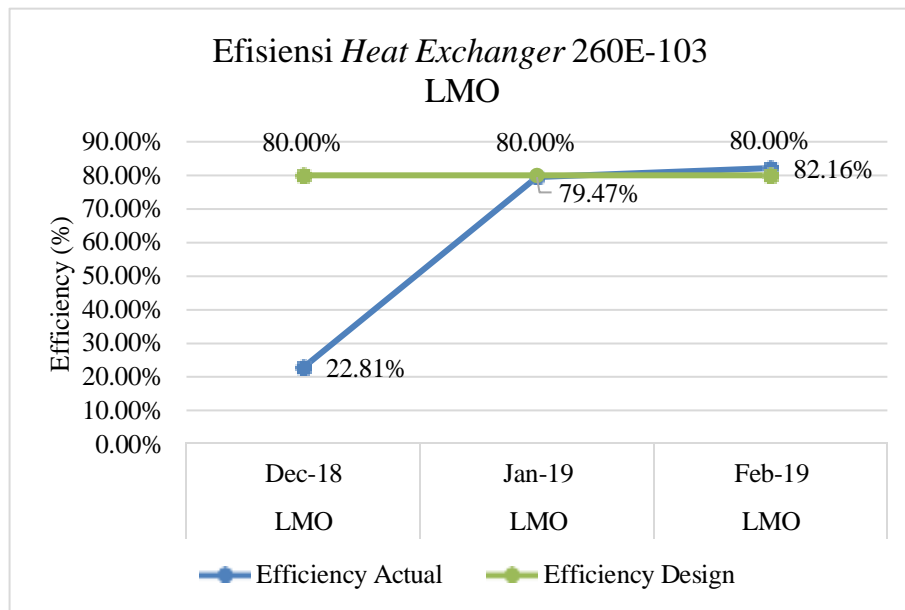


Gambar 8. Pressure Drop (ΔP) Heat Exchanger 260E-103 Grade DAO

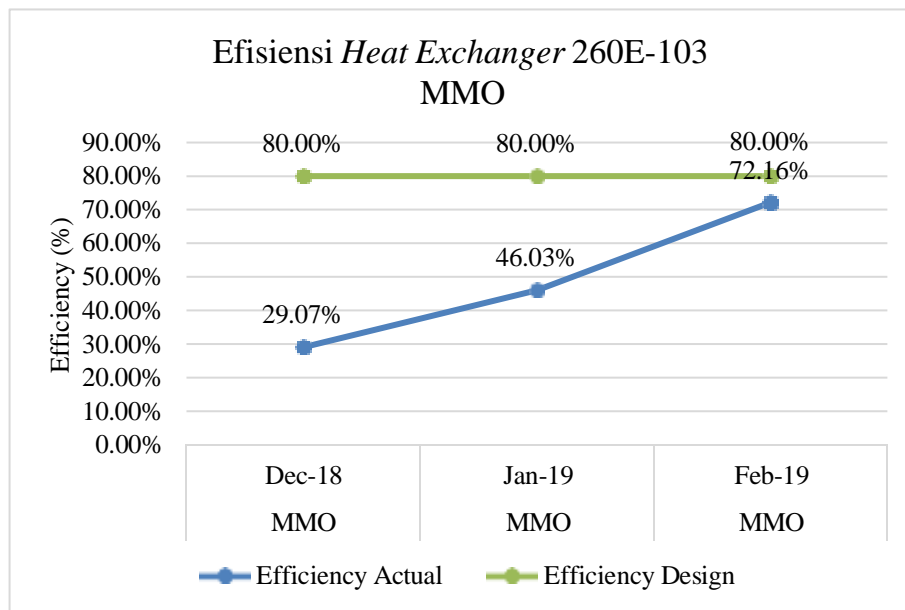
Berdasarkan gambar grafik di atas diketahui nilai *pressure drop* pada *Heat Exchanger 260E-103* dari hasil perhitungan grade LMO, MMO, dan DAO bulan Desember 2018 – Februari 2019. *Fouling* pada *heat exchanger* mempengaruhi besar diameter dalam pipa yang menjadi lebih sempit dan penyempitan diameter tersebut menyebabkan peningkatan terjadinya hambatan aliran fluida pada *heat exchanger*. Laju aliran di dalam *heat exchanger* akan tetap sama ketika diameter pipa berkurang apabila kecepatan fluida bertambah. Peningkatan kecepatan tersebut dapat mengkompensasi pengurangan diameter. Aliran fluida dengan kecepatan yang semakin besar mengakibatkan kenaikan *Reynold number* [4]. *Reynold number* dengan nilai >4000 menimbulkan aliran turbulen dengan pola aliran yang tidak beraturan. Hal ini meningkatkan terjadinya gesekan internal di sepanjang dinding pipa, sehingga meningkatkan *friction factor*. *Friction factor* dan *pressure drop* memiliki hubungan yang erat. Semakin tinggi *friction factor*, semakin besar *pressure drop* yang dihasilkan. Pada tabel hasil perhitungan, yaitu Tabel 4.5 hingga 4.7 ditunjukkan pada grade LMO memiliki kecepatan laju alir fluida bulan Desember 2018 sebesar 853239 lb/ft²h; bulan Januari 2019 815178 lb/ft²h; bulan Februari 2019 797350 lb/ft²h, dengan *Reynold number* bulan Desember 2018 sebesar 25930 lb/ft.hr; bulan Januari 2019 25433 lb/ft.hr; bulan Februari 2019 25144 lb/ft.hr, dan nilai *friction factor* bulan Desember 2018 sebesar 0.00243 ft²/in²; bulan Januari 2019 0.00234 ft²/in²; bulan Februari 2019 0.0027 ft²/in². Grade MMO memiliki kecepatan laju fluida bulan Desember 2018 sebesar sebesar 852411 lb/ft²h; bulan Januari 2019 846142 lb/ft²h; bulan Februari 2019 794496 lb/ft²h, dengan *Reynold number* bulan Desember 2018 sebesar 23730 lb/ft.hr; bulan Januari 2019 23441 lb/ft.hr; bulan Februari 2019 19840 lb/ft.hr, dan nilai *friction factor* bulan Desember 2018 sebesar 0.00242 ft²/in²; bulan Januari 2019 0.00225 ft²/in²; bulan Februari 2019 0.0022 ft²/in². Grade DAO memiliki kecepatan laju fluida bulan Desember 2018 sebesar sebesar 800614 lb/ft²h; bulan Januari 2019 750417 lb/ft²h; bulan Februari 2019 762408 lb/ft²h, dengan *Reynold number* bulan Desember 2018 sebesar 6547 lb/ft.hr; bulan Januari 2019 5727 lb/ft.hr; bulan Februari 2019 5592 lb/ft.hr, dan nilai *friction factor* bulan Desember 2018 sebesar 0.00306 ft²/in²; bulan Januari 2019 0.00328 ft²/in²; bulan Februari 2019 0.00333 ft²/in². Perhitungan tersebut juga mendapatkan nilai *pressure drop* pada grade LMO bulan Desember 2018 sebesar 12.021 Psi; bulan Januari 2019 10.632 Psi; bulan Februari 2019 10.416 Psi, *pressure drop* grade MMO bulan Desember 2018 sebesar 11.077 Psi; bulan Januari 2019 11.108 Psi; bulan Februari 2019 10.435 Psi, dan *pressure drop* grade DAO bulan Desember 2018 sebesar 14.149 Psi; bulan Januari 2019 13.764 Psi; bulan Februari 2019 13.625 Psi. Nilai *pressure drop* yang diizinkan adalah sebesar 5 – 10 Psi menunjukkan bahwa kinerja dari *Heat Exchanger 260E-103* telah mengalami penurunan sehingga kurang baik apabila digunakan. Nilai *pressure drop* yang besar sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kinerja pada *heat exchanger* dalam mengalirkan fluida dan efisiensi dalam transfer panas menjadi tidak maksimal.

3.6 Efisiensi Heat Exchanger 260E-103

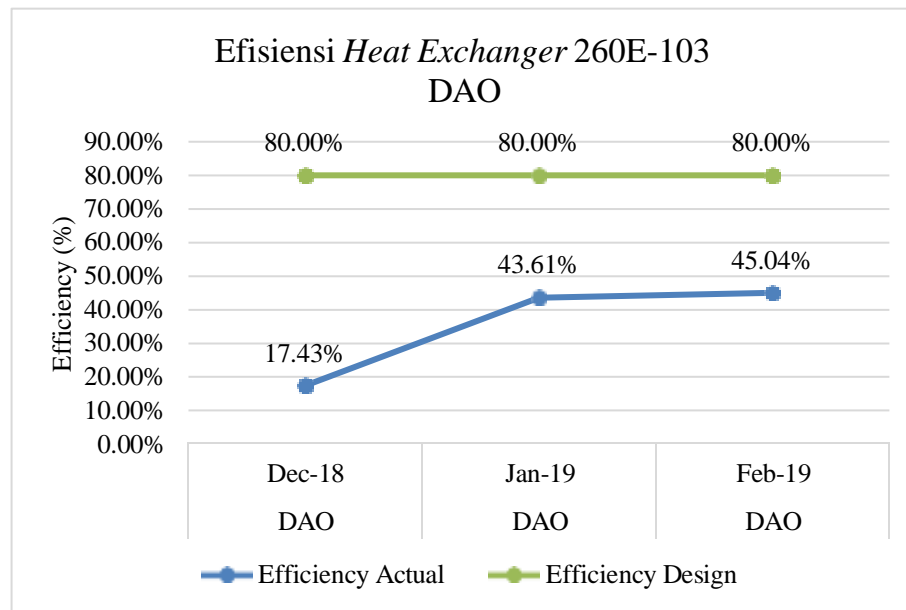
Efisiensi *heat exchanger* menunjukkan ukuran seberapa efektif *heat exchanger* dalam melakukan transfer panas.



Gambar 9. Efisiensi *Heat Exchanger* 260E-103 Grade LMO



Gambar 10. Efisiensi *Heat Exchanger* 260E-103 Grade MMO



Gambar 11. Efisiensi *Heat Exchanger* 260E-103 Grade DAO

Berdasarkan gambar grafik efisiensi *Heat Exchanger* 260E-103 pada grade LMO, MMO, dan DAO bulan Desember 2018 – Februari 2019, nilai efisiensi yang ditunjukkan berturut – turut pada grade LMO bulan Desember 2018 adalah sebesar 22.81%; bulan Januari 2019 79.47%; bulan Februari 2019 82.16%, efisiensi grade MMO bulan Desember 2018 sebesar 29.07%; bulan Januari 2019 46.03%; bulan Februari 2019 72.16%, dan efisiensi grade DAO bulan Desember 2018 sebesar 17.43%; bulan Januari 2019 60.06%; bulan Februari 2019 45.04%. Nilai efisiensi ini tergolong rendah sehingga alat dengan nilai aktual efisiensi dalam rentang tersebut dapat dikategorikan sebagai alat dengan tingkat efisiensi yang kurang baik untuk digunakan. Kenaikan dan penurunan besar efisiensi dari *heat exchanger* dapat dipengaruhi oleh *fouling*, dimana semakin banyak pengotoran yang terjadi akan menyebabkan penurunan laju perpindahan panas pada *heat exchanger*. Hal ini diakibatkan karena adanya pengotoran dapat menghalangi aliran fluida dan mengurangi kemampuan dalam perpindahan panas.

[3] Efisiensi suatu alat masih tergolong optimal dalam melakukan kerja pertukaran panas jika memiliki efisiensi mencapai 80%. Perbandingan antara nilai efisiensi pada hasil perhitungan yang didapatkan lebih kecil dari teori yang ada. Sehingga semakin mendekati nilai sempurna suatu efisiensi atau sebesar 100%, akan semakin sedikit *heat loss* atau kalor yang hilang. Hal ini dapat terjadi karena adanya *fouling* dan *pressure drop* yang tinggi. Agar performa *Heat Exchanger* 260E – 103 sesuai dengan desain maka diperlukan *cleaning* secara berkala untuk meningkatkan efisiensi.

3.7 Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* 260E-103

Berdasarkan hasil dari perhitungan dan telah diketahui nilai dari faktor kekotoran (R_d), *pressure drop*, dan besar efisiensi yang dihasilkan maka dapat dilakukan evaluasi terhadap kinerja *heat exchanger* khususnya pada *Heat Exchanger* 260E-103. *Fouling factor* berpengaruh terhadap *pressure drop* dimana apabila nilai dari *fouling factor* semakin tinggi, maka nilai *pressure drop* akan menjadi besar sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kinerja pada *heat exchanger* dalam mengalirkan fluida dan efisiensi dalam transfer panas menjadi tidak maksimal. Hal ini menunjukkan jika *Heat Exchanger* 260E-103 dalam kondisi kurang baik untuk digunakan dan membutuhkan perawatan pembersihan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja *Heat Exchanger* yang telah dilakukan pada alat *Heat Exchanger* 260E-103, diperoleh beberapa kesimpulan yang meliputi:

1. Nilai R_d yang didapatkan pada grade LMO sebesar 0.0317 hr ft² °F/Btu; 0.0058 hr ft² °F/Btu; 0.0048 hr ft² °F/Btu, grade MMO sebesar 0.0193 hr ft² °F/Btu; 0.0157 hr ft² °F/Btu; 0.0070 hr ft² °F/Btu, dan grade DAO sebesar 0.0153 hr ft² °F/Btu; 0.0193 hr ft² °F/Btu; 0.0029 hr ft² °F/Btu. Nilai *fouling factor* (R_d) yang diizinkan pada *Heat Exchanger* 260E-103 adalah sebesar 0.0016 hr ft² °F/Btu. Hal ini mengindikasikan bahwa pada *heat exchanger* tersebut sudah banyak terdapat material pengotor sehingga memiliki kinerja yang tidak maksimal dalam mengalirkan fluida pada proses transfer panas.
2. Nilai *pressure drop* pada grade LMO sebesar grade LMO sebesar 12.021 Psi; 10.632 Psi; 10.416 Psi, grade MMO sebesar 11.077 Psi; 11.108 Psi; 10.435 Psi, dan grade DAO sebesar 14.149 Psi; 13.764 Psi; 13.625 Psi.



Nilai *pressure drop* yang diizinkan adalah sebesar 10 Psi. Berdasarkan perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kinerja dari *Heat Exchanger* 260E-103 telah mengalami penurunan sehingga kurang baik apabila digunakan.

3. Besar efisiensi untuk *Heat Exchanger* 260E-103 pada grade LMO adalah sebesar 22.81%; 79.47%; 82.16%, grade MMO sebesar 29.07%; 46.03%; 72.16%, dan grade DAO sebesar 17.43%; 60.06%; 45.04%.
4. Berdasarkan hasil dari perhitungan dan telah diketahui nilai dari faktor kekotoran (R_d), *pressure drop*, dan besar efisiensi yang dihasilkan mengindikasikan bahwa *Heat Exchanger* 260E-103 berada pada kondisi kurang optimal dalam penggunaannya untuk proses transfer panas, sehingga diperlukan adanya pembersihan dengan mensirkulasi cairan naphta maupun melalui *mechanical cleaning* yaitu *water jetting* dengan tekanan tinggi sebesar 20,000 Psi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengel, Y. A. C. & Y. (2002). *Heat Transfer: A Practical Approach with EES CD*. 896.
- [2] Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer (1965).pdf*.
- [3] Pamilia Coniwati, Fadhel Zamali, Vincent Low Rance. (2019). Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger di Refinery Plant Industri Minyak Goreng. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, 18-20.
- [4] Subagyo, R., Wardana, I. N. G., Widodo, A., & Siswanto, E. (2019). Analisis Diameter Gelembung Pada Kerugian Tekanan Aliran Fluida. *Jurnal ROTOR*, 9(2), 121–124.
- [5] Tangient LLC. (2015) “*Heat Exchanger Crude Oil Fouling and Fouling Control*, ” San Fransisco
- [6] Agustina, Nur Aini A.D. (2020). Desain Evaporator dan Kondensor pada Proses Distilasi Air Laut untuk Pemanfaatan Gas Buang pada Mesin Yanmar TF 85MH. *Tugas Akhir Fakultas Teknologi Kelautan ITS*.