

ANALISA EFISIENSI KINERJA HEAT EXCHANGER 31-E-102 A/B NAPHTHA HYDROTREATING UNIT PT. X

Yully Mulyani^{1*}, Indah dhamayanthie¹, Tegar Pramudita¹

¹Teknik kimia, Institut Teknologi Petroleum Balongan

*Corresponding author, e-mail: yulymulyani@gmail.com

ABSTRACT

Oxygen stripper process in Unit 31 Naptha Hydrotreating Unit It is important to remove O₂ content from the feed, because O₂ can cause fouling in equipment, especially in heat exchangers. O₂ mixtures can be detrimental to Platformer operation. If the O₂ mixture cannot be removed in the hydrotreating unit and will dissolve in the water in the platforming unit, this will have the effect of disrupting the balance of water and chloride in the catalyst in the platforming unit. The aim of this research is to analyze the performance efficiency of the 31-E-102 A/B heat exchanger in actual conditions based on fouling factor (Rd), heat transfer coefficient (Ud), and efficiency against changes in operating conditions of the 31-E-102 A/B heat exchanger. The results of actual and design data calculations showed that the design efficiency was 85.569%, the actual efficiency data was 75.73%, then the design data fouling factor (Rd) was 0.00093375 m².h.^oC/kcal, the actual data fouling factor (Rd) was 0.000951 m². h.^oC/kcal and the design data was obtained Ud 439,569 kcal/m².h.^oC actual data Ud 382,545 kcal/m².h.^oC. with decreasing efficiency values, high Rd values and decreasing Ud values which will cause a decrease in the performance of the heat exchanger used, then to overcome this it is necessary to carry out a cleaning process using a certain method and carry out regular checks on the 31-E-102 A Heat Exchanger /B.

Keyword: *Fouling factor, heat exchanger*

ABSTRAK

Proses oxygen stripper pada Unit 31 Naptha Hydrotreating Unit adalah Seksi untuk menghilangkan kandungan O₂ dari Feed, sebab O₂ dapat membuat terjadinya fouling diperalatan, terutama di heat exchanger. Campuran O₂ dapat merugikan pada operasi Platformer. Apabila campuran O₂ tidak dapat dihilangkan pada unit hydrotreating dan akan larut dalam air pada unit Platforming, dimana akan menimbulkan efek kesetimbangan air dan chloride pada catalyst yang berada di unit platforming akan menjadi terganggu. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisa efisiensi kinerja heat exchanger 31-E-102 A/B pada kondisi aktual berdasarkan fouling factor (Rd), koefisien transfer panas (Ud), dan efisiensi terhadap perubahan kondisi operasi heat exchanger 31-E-102 A/B. Hasil perhitungan data aktual dan desain di dapatkan efisiensi desain 85,569% data efisiensi aktual 75,73% lalu data desain fouling factor (Rd) 0,00093375 m².h.^oC/kcal data aktual fouling factor (Rd) 0,000951 m².h.^oC/kcal dan di dapatkan data desain Ud 439,569 kcal/m².h.^oC data aktual Ud 382,545 kcal/m².h.^oC. dengan menurunnya nilai efisiensi, tinggi nya nilai Rd dan menurunnya nilai Ud yang akan menyebabkan terjadinya penurunan kinerja heat exchanger yang digunakan, maka untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan proses cleaning dengan metode tertentu dan melakukan pengecekan secara berkala pada Heat exchanger 31-E-102 A/B.

Kata kunci: Efisiensi, Fouling factor, Heat exchanger

PENDAHULUAN

Perpindahan panas adalah ilmu yang mencoba memprediksi kemungkinan perpindahan energi antar zat karena perbedaan suhu. Termodinamika mengajarkan bahwa perpindahan energi ini didefinisikan sebagai panas. Ilmu perpindahan panas tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi panas dipindahkan, tetapi juga mencoba memprediksi laju pertukaran ini terjadi dalam kondisi tertentu. [1]

Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas dari satu bagian benda padat atau material ke bagian lainnya. Perpindahan panas konduktif tidak memindahkan bahan logam. Molekul logam yang ditempatkan dalam nyala api akan bertabrakan dengan molekul di dekatnya dan melepaskan sebagian panasnya. molekul di dekatnya bertemu dengan molekul lain di dekatnya lagi, melepaskan sebagian panasnya di sepanjang bahan dan seterusnya, meningkatkan suhu logam. [2]

Perpindahan Panas Secara Konveksi

Konveksi adalah proses perlindungan termal di mana media penghantar panas atau benda bergerak seolah-olah panasnya dibawa oleh media tersebut. Proses perpindahan panas ini biasanya terjadi dari benda padat ke cairan dan cairan gas. Panas yang ditransfer melalui konveksi dijelaskan oleh persamaan newton. [3]

Menurut perpindahan panas konveksi, aliran fluida dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Konveksi paksa (*forced convection*)

Perpindahan panas yang terjadi apabila aliran fluida disebabkan oleh gaya luar. Seperti: *blower*, pompa, dan kipas angin.

2. Konveksi alamiah (*natural convection*)

Konveksi disebut konveksi alami (atau bebas) apabila gerakan fluida bergantung pada gaya apung yang disebabkan oleh perbedaan densitas akibat perubahan suhu dalam fluida. Contohnya, jika tidak ada kipas, perpindahan panas dari permukaan semburan panas terjadi secara alami. Hal berikut ini berlaku. Semakin tinggi suhu cairan, semakin rendah densitasnya dan sebaliknya. [4]

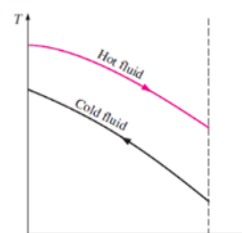
Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas oleh gelombang elektromagnetik atau paket energi (photon) yang dapat diangkut dalam jarak jauh tanpa memerlukan interaksi apa pun dengan media. radiasi dalam perpindahan panas (radiasi termal) hanyalah salah satu bentuk radiasi

elektromagnetik. perpindahan panas radiasi terjadi melalui emisi gelombang elektromagnetik [5]

Alat penukar panas adalah perangkat di mana dua fluida yang bergerak aliran bertukar panas tanpa pencampuran. Penukar panas banyak digunakan di berbagai industri, dan mereka datang dalam berbagai desain. Bentuk paling sederhana dari penukar panas adalah penukar panas tabung ganda (juga disebut tabung dan cangkang) penukar panas, ditunjukkan pada gambar 2.1. Ini terdiri dari dua pipa konsentris pipa tiga pipa dengan diameter yang berbeda. Satu fluida mengalir di pipa bagian dalam, dan lainnya di ruang annular antara dua pipa. Panas ditransfer dari fluida panas ke fluida dingin melalui dinding yang memisahkannya. Terkadang tabung bagian dalam membuat beberapa putaran di dalam cangkang untuk meningkatkan perpindahan panas area, dan dengan ruang pencampuran yang dibahas sebelumnya kadang-kadang diklasifikasikan sebagai kontak langsung penukar panas. Prinsip konservasi massa untuk penukar panas dalam operasi yang stabil mensyaratkan bahwa jumlah laju aliran massa yang masuk sama dengan jumlah yang keluar laju aliran massa keluar [6]

Tipe aliran di dalam heat exchanger berbeda dalam beberapa faktor yang terbagi menjadi empat yaitu :
1. *Counter current flow* (berlawanan arah)
Pada penukar panas jenis ini, kedua fluida (panas dan dingin) masuk dan keluar dari sisi yang berlawanan. Hal ini dianggap lebih unggul daripada aliran searah karena suhu fluida dingin yang keluar dari penukar panas lebih tinggi daripada suhu fluida panas yang keluar dari penukar panas. [5]

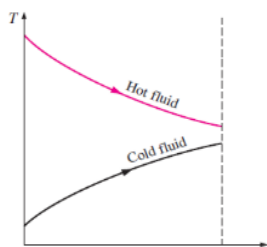


Gambar 2. Arah Aliran *Counter Current*

2. *Parallel flow/ co current* (searah)

Dalam jenis pertukaran panas ini, kedua fluida (dingin dan panas) memasuki sisi yang sama dari penukar panas, mengalir ke arah yang sama, dan keluar dari sisi yang sama. Karena sifat penukar panas jenis ini, suhu fluida dingin yang keluar dari penukar panas tidak dapat melebihi suhu fluida panas yang keluar dari penukar

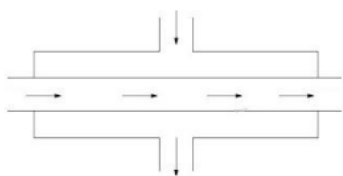
panas, sehingga diperlukan banyak media pendingin/pemanas. [3]



Gambar 3. Temperatur pada Aliran Co Current

3. Crossflow (Aliran silang)

Aliran lateral (disebut juga aliran lateral pada gambar 4) terjadi ketika fluida yang mengalir di sepanjang permukaan bergerak dengan arah yang tegak lurus satu sama lain. Pada aliran ini, besarnya perbedaan temperatur rata-rata adalah besarnya LMTD aliran balik dikalikan dengan besarnya faktor koreksi. Besarnya faktor koreksi bergantung pada bentuk struktur saluran yang dilalui dua cairan dengan temperatur yang berbeda. [7]



Gambar 4. Tipe Aliran Crossflow (Silang)

4. Cross Counter Flow (Aliran Silang Berlawanan)

Aliran cross counter flow adalah salah satu jenis aliran pada alat penukar panas, berbeda dengan aliran searah (parallel flow) dan aliran berlawanan (counter flow), pada aliran cross counter flow, fluida panas dan dingin mengalir secara tegak lurus satu sama lain. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji efisiensi penukar panas jenis aliran cross counter flow. Salah satu penelitian menunjukkan bahwa aliran cross counter flow dapat digunakan pada alat penukar panas tipe shell dan tube. [8]



Gambar 5. Tipe Aliran Cross counter flow

Heat exchanger adalah suatu alat yang dimana terjadi aliran perpindahan panas diantara dua fluida atau lebih pada temperatur yang berbeda. [9] dimana fluida

tersebut keduanya mengalir didalam sistem. Fluida dengan temperatur yang lebih tinggi akan mengalirkan panas ke fluida yang bertemperatur lebih.

Heat exchanger 31-E-102 A/B merupakan salah satu alat yang ada di unit *hydrotreating naphtha*, khususnya bagian oxygen stripper. Alat penukar panas ini merupakan alat penukar panas *tube bundle*. Jenis aliran yang terlibat dalam heat exchanger ini adalah co-current. Penukar panas ini diumpankan dari kolom bawah oxygen stripper sebelum dipompa ke penukar panas (31-E-104) dan furnace (31-F) dengan pompa charge (31-P-101 A/B). Ini digunakan untuk memanaskan nafta sebelum memasuki reaktor (31-R-101). Dalam proses yang dijalankan di bagian pengupas oksigen, jumlah O₂ atau olefin dalam umpan dapat menyebabkan polimerisasi olefin di dalam tangki, yang mengakibatkan polimerisasi yang menyebabkan pengotoran dan efisiensi perpindahan panas yang buruk.

Efisiensi kinerja *heat exchanger* dipengaruhi oleh beberapa faktor :

1. *Pressure Drop* *Pressure drop* merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi efisiensi kerja dari heat exchanger. Pada heat exchanger jenis shell and tube *pressure drop* berpengaruh pada proses pemompaan yang mana ketika tekanan yang terjadi menurun akan menghasilkan daya pemompaan yang lebih rendah sehingga mengurangi biaya operasi dan meningkatkan efisiensi. *Pressure drop* dapat ditingkatkan dengan pemilihan jenis baffle juga diameter dan tinggi shell and tube yang tepat sesuai dengan fluida yang digunakan [10]
2. *Logaritmik Mean Temperature Design (LMTD)* digunakan untuk menentukan *driving force* suhu perpindahan panas dalam sistem aliran khususnya dalam *heat exchanger shell and tube*. Semakin besar nilai LMTD maka semakin tidak efisien suatu heat exchanger, karena LMTD yang besar menyebabkan semakin banyak panas yang di transfer dan semakin banyak biaya yang dikeluarkan [11] untuk mengurangi nilai LMTD sama halnya dengan cara peningkatan *pressure drop* yaitu dengan menambahkan penggunaan *baffle* juga memperhatikan penggunaan diameter dan tinggi *shell and tube* yang sesuai dengan fluida yang digunakan.
3. *Fouling Factor/ Dirt Factor (Rd)* *Fouling Factor/ Dirt Factor (Rd)* menunjukkan ketahanan suatu heat exchanger terhadap pengotor. Menurut buku Kern

ketika R_d perhitungan lebih besar dari R_d minimum (0,005hr.ft³/btu) dapat dikatakan tahanan heat exchanger terhadap pengotor adalah baik. nilai R_d yang dibawah batas minimum dapat menyebabkan resistensi tambahan terhadap transfer energi [12] nilai R_d dapat ditingkatkan dengan membersihkannya heat exchanger dari pengotor atau pengeraknya secara rutin.

4. Persentase efisiensi *Heat exchanger* suatu *heat exchanger* dapat dilihat dalam hasil perhitungan dengan membagi hasil panas yang dapat terserap oleh *tube* dan panas keseluruhan yang ditransfer dari *shell*. Nilai persentase perhitungan efisiensi shell and tube dapat ditingkatkan dengan menyamakan nilai panas yang terserap oleh tube dengan panas keseluruhan yang di transfer oleh shell sehingga mendapatkann efisiensi maksimum. [13]

Unit *Naptha Hydrotreating* Proses NTU pada PT. X merupakan proses pemurnian *catalytic* dengan memakai *catalyst* dan menggunakan aliran gas H₂ murni untuk merubah kembali *organic sulfur* dan O₂ serta N₂ yang terdapat dalam fraksi *Hydrocarbon*. Unit ini sangat critical untuk operasi unit kilang selanjutnya (*down stream*). Unit NTU ini di *design* oleh UOP (Unit 31 NHDT :2005,2) *Naptha Hydrotreating Process Unit* (NTU) Unit 31 dirancang untuk memproses 52.000 BPSD atau (345 m³/jam) *naptha straight run*, yang sebagian besar didistribusikan dari berbagai kilang Pertamina dan diimpor dari unit minyak mentah (11), Seksi O₂ *Stripper* untuk menghilangkan O₂ dan Methan dari system, karena O₂ dapat membuat bertambahnya endapan diperalatan pada *feed effluent* exchangers. Kolom O₂ *Stripper* (31-C-101) mempunyai 15 *trays* pada *trays* yang berjumlah 15 sangat efisien untuk penghilangan oksigen dan juga dilengkapi dengan 2 *Reboiler* (31-E-101A/B) pada *bottom*. Salah satu *reboiler* dioperasikan pada kondisi normal untuk memberi kebutuhan panas yang masuk untuk penguapan *naptha* dan yang lainnya sebagai *spare* kalau bila terjadi *fouling* pada *tubanya*. Uap yang terbuang adalah carbon ringan dan O₂ terlarut dari feed masuk ke *stripper*, pada *reboiler* dipakai uap steam sebagai sumber panas dan dilengkapi dengan *high-high pressure* pada *line* bagian atas, segera potong panas yang masuk ke *reboiler* dengan 2 atau 3 tahapan.

Sweet Naptha dari *bottom* O₂ *stripper* akan dilewatkan ke O₂ *stripper feed exchanger* 31-E-102 A/B untuk membuang panas dan dipompakan ke reaktor dengan memakai pompa 31-P-101A/B. jumlah dari O₂ atau olefin dalam feed dapat menyebabkan terjadinya

polimerisasi dari olefin dalam tanki, bila disimpan terlalu lama atau terjadi polimerisasi pada kombinasi *feed/reactor* yang keluar exchanger jika feed tidak dibersihkan sebelumnya. Hal ini akan menyebabkan terjadinya “*fouling*” dan akan menyebabkan hilangnya efisiensi transfer panas. [14]

Heat exchanger 31-E-102 A/B termasuk salah satu alat yang berada di unit *Naptha hydrotreating*, khususnya di seksi *Oxygen Stripper*. Alat penukar panas ini berjenis shell and tube *heat exchanger*. Tipe aliran yang terdapat pada *heat exchanger* ini adalah aliran *co-current*. *Heat exchanger* ini berfungsi untuk memanaskan *naphtha* dari *bottom column Oxygen Stripper* sebelum dipompakan dengan menggunakan charge pump (31-P-101 (A/B) menuju *heat exchanger* (31-E-104) dan *furnace* (31-F-101) sebelum masuk ke dalam reaktor (31-R-101). Dengan proses yang terjadi di seksi *Oxygen Stripper* yaitu jumlah O₂ atau olefin dalam *feed* dapat menyebabkan terjadinya polimerisasi dari olefin dalam tanki akan terjadi polimerisasi yang menyebabkan terjadinya *fouling* dan akan menyebabkan hilangnya efisiensi transfer panas. Dan penelitian yang dilakukan oleh [15] mengatakan bahwa semakin tinggi nilai *fouling factornya* semakin besar pula biaya operasional yang digunakan dan mengalami penurunan efisiensi yang sangat signifikan. Penurunan kinerja dapat disebabkan oleh *fouling*, korosi, kebocoran, atau gesekan pada dinding alat yang disebabkan oleh aliran fluida. Penurunan performa ini terlihat pada parameter seperti *high pressure drop* dan *fouling factor* (R_d) yang melebihi nilai yang diijinkan. Berdasarkan pertimbangan di atas, kinerja penukar panas dapat dievaluasi secara berkala. [16]

Tujuan menganalisa efisiensi kinerja *Heat exchanger* dengan kondisi aktual dan desain berdasarkan *fouling factor* (R_d), koefisien transfer panas (U_d), dengan menganalisis penyebab menghambat transfer panas yang terjadi dan perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin mengalami penurunan.

METODE

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan Pada tanggal 1 – 30 Desember 2022 dilaksanakan pada unit *Naptha Hydrotreating* di PT. X , dalam menghitung data *Heat exchanger* diambil selama periode tersebut dan diperlukan beberapa data lapangan, Pada pengumpulan data tersebut terdapat data primer dan data sekunder.

Langkah- langkah perhitungan menggunakan hand book Heat Exchanger D.Q. Kern.1965 [17]

1. Data Primer

Data primer digunakan sebagai dasar analisa kinerja Heat Exchanger 31-E-102 A/B di Naphta Hydrotreating Unit (NHT). Data ini diperoleh dari Shell and Tube Thermal Desain yang di dalam nya berisi tentang berbagai spesifikasi desain dan juga temperature desain.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diperoleh dari survei lapangan dan survei literatur akan digunakan untuk menghitung analisa kinerja heat exchanger 31-E-102 A/B naphtha hydrotreating unit (NTU). Data survei lapangan pada kondisi operasi aktual heat exchanger 31-E-102 A/B Kondisi operasi aktual berlaku dari 15 desember 2022 hingga 20 desember 2023, termasuk data suhu di inlet dan outlet penukar panas 31-E-102 A/B dari naphtha hydrotreater dan informasi tentang laju aliran cairan dalam bundel tabung.

Tabel 1. Data Aktual 31-E-102 A/B

Tanggal	Shell			Tube		
	Tinlet (°C)	Toutlet (°C)	Flow (kg/hr)	Tinlet (°C)	Toutlet (°C)	Flow (kg/hr)
15-12-2022	119,869	92,572	192565	33,889	69,345	162046
16-12-2022	118,199	91,778	192844	34,368	68,739	165186
17-12-2022	115,799	90,349	192804	34,644	67,627	169362
18-12-2022	112,327	88,139	192761	34,293	65,534	177664
19-12-2022	110,354	86,514	190669	33,835	64,560	174278
20-12-2022	110,005	86,064	190270	33,154	64,104	172368
Rata-rata	114,425	89,236	191986	34,031	66,652	170151

(Sumber : Daily report Unit 31 NTU)

Tabel 2 Data Fluida Heat Exchanger 31-E-102 A/B

Tanggal	Shell			Tube		
	Tinlet (°C)	Toutlet (°C)	Flow (kg/hr)	Tinlet (°C)	Toutlet (°C)	Flow (kg/hr)
	3TI003	31TI202	31FC003	31TI201	31TI004	31FI006
15-12-2022	119.869	92.572	192565	33.889	69.345	162046
16-12-2022	118.199	91.778	192844	34.368	68.739	165186
17-12-2022	115.799	90.349	192804	34.644	67.627	169362
18-12-2022	112.327	88.139	192761	34.293	65.534	177664
19-12-2022	110.354	86.514	190669	33.835	64.560	174278
20-12-2022	110.005	86.064	190270	33.154	64.104	172368

(Sumber : Daily report Unit 31 NTU)

Menganalisa kinerja suatu Heat exchanger, terdapat beberapa parameter yang digunakan :

1. Menentukan Neraca Panas
2. Log Mean Temperature Difference (LMTD)
3. Faktor perpindahan Panas, jH
4. Overall Heat Transfer Coefficient Clean (Uc)
5. Overall Heat Transfer Coefficient Design (Ud)
6. Fouling Factor (Rd)

1. Menentukan Neraca Panas

Persamaan yang digunakan untuk perhitungan kerja alat penukar panas adalah sebagai berikut :

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

Q : Jumlah panas yang dipindahkan, btu/hr

M : Laju alir massa, lb/hr

CP : Specific heat, btu/lb.°F

ΔT : Perbedaan temperatur yang masuk dan keluar(°F)

2. Menghitung Log Mean Temperature Difference (LMTD)

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \quad (2)$$

Dimana :

ΔT₁ = T_{in} Fluida panas Shell – T_{out} Fluida panas Tube

ΔT₂ = T_{in} Fluida dingin Shell – T_{out} Fluida dingin Tube

3. Faktor perpindahan Panas, Jh

Setelah mendapatkan Reynold number, selanjutnya menentukan nilai jH. Untuk fluida panas nilai jH diperoleh dari figure 28 kern dengan terlebih dahulu mengetahui harga dari R_{es}, Sedangkan untuk fluida dingin jH diperoleh dari figure 24 kern dengan terlebih dahulu mengetahui harga dari R_{et} dan L/D. Jika Reynold number over range, nilai jH dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$J_H = 0.36 \left(\frac{ID \cdot Gt}{\mu} \right)^{0.55} \left(\frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{0.5} \quad (3)$$

Dimana :

j_H : Faktor perpindahan Panas

Cp: Kapasitas panas dari Fluida Btu/Lb.°F

4. Menghitung overall heat transfer coefficient clean(Uc)

$$h_o = \frac{h_o \times \phi_s}{\phi_s} \quad (4)$$

Tube;

$$h_{io} = \frac{h_o \times \phi_t}{\phi_t} \quad (5)$$

5. Menghitung *overall heat transfer coefficient design* (Ud)

$$U_d = \frac{q}{A \times \Delta T} \quad (6)$$

Dimana :

ΔT : LMTD koreksi

A : Luas permukaan perpindahan panas, ft²

$$A = N_t \times L \times a''$$

Dimana a'' dapat dilihat pada tabel 10-Kern

6. Fouling factor (Rd)

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \quad (7)$$

7. Efisiensi kinerja

$$\eta = \frac{q_{tube}}{q_{shell}} \times 100\% \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Desain *Heat Exchanger* 31-E-102 A/B

Data Spesifikasi *Heat exchanger* tipe *shell and tube* digunakan sebagai dasar analisa kinerja *Heat Exchanger* 31-E-102 A/B di *Naphta Hydrotreating Unit* (NHT). Data ini diperoleh dari *Shell and Tube thermal desain* yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. Data spesifikasi *Heat exchanger* 31-E-102 A/B

Parameter	Satuan	Shell		Tube	
		In	Out	In	Out
Fluida		Hydrocarbon		Hydrocarbon	
Fluid quantity Total	(kg/hr)	251,967		278,535	
Temperature	(°C)	165	112	37	93
Density	(kg/m ³)	582	642	701,6	647,8
Viscosity	(cP)	0,155	0,204	0,354	0,216
Thermal conductivity	(kcal/m.h.°C)	0,093	0,099	0,108	0,102
Specific heat	(kcal/m.h.°C)	0,685	0,597	0,502	0,578
Operating pressure	(kg/cm ²)	7,5		9,2	
Pressure drop	(kg/cm ²)	0,35	0,25	0,70	0,41
Total Fouling Factor	(m ² .h.°C/kcal)	0,0004		0,0004	
Heat Exchanged	(kcal/h)	8.500.000			
Number Passes		one		two	
Parameter		shell		tube	
Tubes Number		800			
Od Tube	(mm)	19,05			

Tubes Length	(mm)		
Thickness	(mm)		2,77
Pitch	(mm)		25,4
Id Shell	(mm)	950	

(Sumber : Log Sheet Unit 31 NTU)

Tabel 4. Data hasil perhitungan Desain *Heat Exchanger* 31-E-102 A/B

PARAMETER	SATUAN	SHELL	TUBE	HASIL
Heat Balance	(Btu/hr)	36,300,813.2	31,072,612.12	
LMTD	(°F)			132.2816
Faktor JH	(Btu/lb ft ² °F)	200	190	
Clean heat transfer coefficient (Uc)	(Btu/hr ft ² °F)			152.71
Overall heat transfer coefficient (Ud)	(kcal/h.m ² °C)			439,569
Fouling factor (Rd)	(m ² .h.C/kcal)			0,00093375
Efisiensi kinerja	(%)			85,597

Tabel 5. Data hasil perhitungan Aktual *Heat Exchanger* 31-E-102 A/B

PARAMETER	SATUAN	SHELL	TUBE	HASIL
Heat Balance	(Btu/hr)	23. 951,72	17180,74	
LMTD	(°F)			148,61472
Faktor JH	(Btu/lb ft ² °F)	170	75	
Clean heat transfer coefficient (Uc)	(Btu/hr ft ² °F)			122,52
Overall heat transfer coefficient (Ud)	(kcal/h.m ² °C)			377,0334
Fouling factor (Rd)	(m ² .h.C/kcal)			0,0009805
Efisiensi kinerja	(%)			71,73

Pada tabel 5 efisiensi actual *heat exchanger* lebih kecil sebesar 71,73%. dari *efisiensi* desain 85,597% Hal ini dikarenakan, adanya energi yang lepas ke lingkungan, sehingga tidak semua panas yang dilepas terserap dengan sempurna. selain itu, juga disebabkan oleh nilai *fouling factor* (Rd) aktual meningkat, sehingga menghambat transfer panas yang terjadi dan akhirnya perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin mengalami penurunan. Terlihat nilai Rd aktual lebih besar dari Rd desain dengan *fouling factor* (Rd) desain sebesar 0,00093375 m².h.C/kcal dan *fouling factor* (Rd) aktual sebesar. 0,0009805 m².h.C/kcal, Hal ini disebabkan oleh, menurunnya nilai Ud akibat terakumulasinya *impurities*/pengotor di dalam *shell and tube* pada *heat exchanger* yang mengalir bersama fluida. Selain itu, waktu operasi juga sangat berpengaruh terhadap nilai Rd. Semakin lama waktu pengoperasian, maka semakin besar

fouling factor. demikian juga nilai U_d aktual lebih kecil dari nilai U_d desain dengan nilai U_d desain sebesar 439,569 kcal/h.m²°C dan nilai U_d aktual sebesar 377,0334 kcal/h.m²°C. hal ini dikarenakan terjadinya *fouling* dan korosi yang dapat memberikan tahanan hambatan pada aliran panas. Selain itu, nilai U_d aktual lebih kecil dari nilai U_d desain, karena adanya pengaruh besarnya perpindahan panas yang terjadi antara fluida panas dengan fluida dingin (ΔT).

Dengan menganalisa terjadinya penurunan nilai efisiensi kinerja *heat exchanger* 31-E-102 A/B dari hasil desain dan aktual menandakan bahwa kinerja dari *heat exchanger* 31-E-102 A/B kurang maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa kinerja *Heat exchanger* 31-E-102 A/B menunjukkan bahwa nilai efisiensi aktual sebesar 71,73% nilai tersebut mengalami penurunan dari nilai efisiensi desain sebesar 85,597% hal tersebut di karenakan adanya energi yang lepas ke lingkungan, tidak semua panas yang dilepas terserap dengan sempurna, serta adanya pengaruh dari nilai U_d aktual sebesar 377,0334 kcal/h.m²°C dan nilai *fouling factor* (R_d) aktual meningkat dari desain (R_d) 0,00093375 m².h.C/kcal ke 0,0009805 m².h.C/kcal, sehingga dapat menghambat transfer panas yang terjadi dan akibatnya perpindahan panas dari fluida panas ke fluida dingin mengalami penurunan. untuk dapat meningkatkan kinerja *heat exchanger* yang sudah menurun perlu dilakukan proses *cleaning* dengan metode tertentu dan melakukan pengecekan secara berkala.

Dengan menganalisa hasil *efisiensi* kinerja *Heat exchanger* 31-E-102 A/B sebesar 71,73% menurut sumber dari PT X bahwa *Heat exchanger* tersebut masih di katakan layak pakai, karena batasan minimum suatu efisiensi *Heat exchanger* yaitu 65%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada perusahaan PT. X yg sudah memberikan kesempatan untuk mengambil data penelitian, rekan - rekan penelitian dan perguruan tinggi, semoga ke depannya lebih banyak lagi penelitian dengan dunia usaha untuk kemajuan research bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holman, Valerie. 1999. "Introduction." *Visual Resources* 15(3):ix-x
- [2] Rokhimi, Intan, Pujayanto. 2015. "Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi." *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika* 6(1):270-74.
- [3] Syaichurrozi, Iqbal, Afdwiyarni Metta Karina, and Ahmad Imanuddin. 2014. "*Study of Plate and Frame Heat Exchanger Performance : The Effects of Mass Flow Rate, Inlet Temperature and Type of Flow Againsts The Overall Heat Transfer Coefficient.*" *Eksergi* 11(2):11
- [4] Boles, M. A., and J. M. Cimbala. 2003. "Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences Philosophy." 1074
- [5] Wahyono and Ilyas Rochani. 2019. "Pembuatan Alat Uji Perpindahan Panas Secara Radiasi." *Eksergi* 15(2):50
- [6] Shah, Ramesh K., and Duan P. Sekuli. 2007. *Selection of Heat Exchangers and Their Components*.
- [7] Husen, Ahmad, Tubagus M. Ichwan Akbar, and Nur Choliz. 2020. "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin." *Bina Teknika* 16(Vc):1-10.
- [8] Teknik, Jurusan, Mesin Politeknik, and Negeri Lhokseumawe. 2018. "Kaji Efisiensi Temperatur Penukar Panas Dengan Variasi Aliran Untuk Aplikasi Pengering". 16:39-42.
- [9] World Steel Association, 2012, The White Book of Steel
- [10] Pranita Bichkar, Ojas Dandgaval, Pranita Dalvi, Rhushabh Godase, and Tapobrata Dey. (2018). "Study of Shell and Tube Heat Exchanger With the Effect of Types of Baffles". Elsevier, 195-200.
- [11] Azwinur dan Zulkifli. (2019). "Kaji Eksperimen Pengaruh Baffle pada Alat Penukar Panas Aliran Searah Dalam Upaya Optimasi Sistem Pengering". SINTEK: Jurnal Mesin Teknologi, 8-14
- [12] Imron, M., 2018, "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger (E-1201) Shell And Tube Unit Asam Sulfat" Departemen Produksi Pt Petrokimia

Gresik, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.

- [13] Pamilia Coniwanti, Fadhel Zamali, Vincent Low Rance. (2019). "Evaluasi Efisiensi Heat Exchanger di Refinery Plant Industri Minyak Goreng" Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, 18-20
- [14] Kilang Pertamina International. 2019 "DIKTAT_NHT 31 PLBB." 1-16
- [15] Sudrajat, Jajat. 2017. "Analisa Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem COG Booster Di Integrated Steel Mill Krakatau". Jurnal Teknik Mesin (JTM). 6(3) ISSN: 2549 – 2888. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Marcu Buana
- [16] Setyoko, Bambang. 2008. "Evaluasi Kinerja Heat Exchanger Dengan Metode Fouling Faktor" 148-153
- [17] D Q Kern. 1983. "Proses Heat Transfer." *Professorial Lecturer in Chemical Engeneering*, McGraw-Hill International Book Company.