

Pengaruh waktu pemeliharaan (cleaning) terhadap kinerja cooler pada unit penyulingan minyak mentah

Habil Majid Wirawan*, Friskha Hanifah Sakinah, dan Lia Cundari

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jln. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662
*e-mail: habilmajid@gmail.com

Abstrak

Minyak bumi merupakan hal yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dunia sehingga proses *refinery* dalam industri perminyakan memiliki peran yang sangat penting. Hal tersebut dikarenakan proses *refinery* berperan dalam penyediaan bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan negara dari berbagai aspek kehidupan mulai dari kebutuhan konsumsi masyarakat maupun industri lainnya. *Crude distiller* merupakan unit proses primer yang berfungsi memisahkan minyak mentah menjadi fraksi-fraksinya secara penyulingan atau distilasi biasa pada tekanan atmosfer. Bahan baku yang diolah di *crude distiller II* adalah *crude oil* dari SPD, Jene, Tap, dan Ramba serta *crude oil ex kapal* dari Ketapa, Duri, dan SLC akan membentuk produk gas, *crude buthane*, *naphta*, SR tops, LCT, LKD, dan residu. *Cooler* yang digunakan pada *Crude Distiller Unit II (CDU II)* perusahaan minyak dan gas merupakan panas yang ditukar dengan tipe *tube and shell*. Tingkat kekotoran dari fluida yang digunakan pada *cooler* lama kelamaan akan menghambat kinerja *cooler* dan menyebabkan *cooler* harus dibersihkan dalam kurun waktu tertentu maka kinerja *cooler* dalam mentransfer panas dapat maksimal dan menaikkan efisiensi alat. Penurunan kinerja *cooler* tersebut dikarenakan nilai *fouling factor* dan tipe air pendingin yang digunakan tidaklah sesuai. Pada *artikel* ini akan dibahas dan dibandingkan factor-faktor menjadi faktor penyebab rendahnya kinerja *cooler* untuk mendapatkan waktu operasi *cooler* yang optimal. Dengan menggunakan perbandingan data aktual dengan desain maka didapatkan jadwal *cleaning* 39 bulan atau 3,25 tahun terhitung sejak tahap pemeliharaan sebelumnya yang berarti bahwa *cooler* yang digunakan masih dalam kondisi yang baik dan mampu bekerja secara optimal.

Kata kunci: jadwal *cleaning*, *fouling factor*, kinerja *cooler*

Abstract

Petroleum is something that is very needed by the world community, so the refinery process in the petroleum industry has a very important role. This is because the refinery process plays a role in providing fuel of the country needed from various aspects of life ranging from the consumption needs of the community and other industries. Crude distiller is a primary process unit that serves to separate crude oil into its distillation fractions or ordinary distillation at atmospheric pressure. The raw materials processed in crude distiller II are crude oil from SPD, Jene, Tap, and Ramba and crude oil ex vessels from Ketapa, Duri, and SLC produce gas, crude buthane, SR tops, naphta, LKD, LCT, and residues. Coolers used in Crude Distiller Unit II (CDU II) oil and gas companies are heat exchangers with shell and tube types. The level of dirtiness of the fluid used in the cooler will over time hamper the cooler performance and cause the cooler to be cleaned in a certain period of time so the cooler performance in transferring heat can be maximal and increase the efficiency of the tool. The decrease in the performance of the cooler is because the value of the fouling factor and the type of cooling water used are not suitable. Therefore, this paper will discuss and compare some of the factors that cause the low performance of the cooler to get the optimal cooler operating time. By using the actual data comparison with the design, the cleaning schedule is 39 months or 3.25 years starting from previous maintenance period which means that the cooler used is still in good condition and able to work optimally.

Keywords: *cleaning schedule, fouling factor, cooler performance*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan minyak dan gas termasuk pada industri yang dipilih untuk melaksanakan kerja praktek karena berbagai keunggulan perusahaan ini memiliki berbagai sistem yang mampu mengelola hubungan antara ilmu teknik yang mencakup ilmu terapan Teknik Kimia. Sebagai perusahaan minyak dan gas yang cukup terkenal di Indonesia, perusahaan minyak dan gas ini berfungsi sebagai pemberi pengalaman kerja dan tenaga pengajar yang memberikan informasi mengenai alat dan proses yang terdapat pada perusahaan minyak dan gas bagi para mahasiswa kerja praktek. Oleh karena itu, diharapkan para peserta kerja praktek dapat menggali informasi secara mendalam mengenai alat dan proses yang berlangsung didalam perusahaan minyak dan gas ini untuk menjadi pengalaman dan menumbuhkan jiwa profesionalisme sebelum menjadi sarjana teknik agar siap bekerja dan memberikan kontribusi pada perusahaan tempat bekerja nantinya.

Pada perusahaan minyak dan gas tersebut mengolah *crude oil* yang bersumber dari berbagai wilayah yang ada di Indonesia. *Crude distiller* II sendiri menggunakan bahan baku yang berasal dari *South Palembang District* (SPD), Jene, Talang Akar Pendopo (TAP), dan Ramba yang dikirim melalui jalur perpipaan, serta dari wilayah Ketapa, Duri, dan *Sumatera Light Crude* (SLC) menggunakan kapal tanker.

Pada CDU II dilakukan pengolahan *crude oil* hingga menjadi produk-produk seperti *crude butane*, *Straight Run Tops* (SR Tops), *Naphtha* II, *Naphtha* III, *Naphtha* IV, *Light Kerosene Distillate* (LKD), *High Kerosene Distillate* (HKD), *Light Cold Test* (LCT), *High Cold Test* (HCT), dan umpan *High Vacuum Unit* (HVU). Produk yang dihasilkan melalui serangkaian proses pengolahan yang menggunakan panas seperti produk LKD yang merupakan *bottom product* dari kolom II pada CDU II perlu melalui proses pendinginan sebelum selanjutnya diproses pada tahapan lanjutan.

Cooler yang digunakan untuk mendinginkan produk LKD adalah *cooler* 4-9 dan *cooler* 4-10, dimana aliran *cooling water*-nya masuk melalui *tube* sedangkan aliran LKD melalui *shell*. *Cooler* yang digunakan

merupakan hasil desain tahun 1900-an dan terakhir kali mengalami proses maintenance adalah bulan September 2017. Oleh karena itu penentuan jadwal *cleaning* selanjutnya perlu dilakukan.

Mean Temperature Difference

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad (\text{Sinnot, 2005})$$

Ket: ΔT_{lm} = log mean temperature difference,

T_1 = temperatur fluida panas, inlet

T_2 = temperatur fluida panas, outlet

t_1 = temperatur fluida dingin, inlet

t_2 = temperatur fluida dingin, outlet

Log arithmetic mean temperature different digunakan untuk menghitung perbedaan temperatur inlet dan outlet pada *exchangers*. Persamaan diatas bisa digunakan untuk *counter current flow*, atau bisa juga *co-current* dengan catatan terminal *temperature different* menjadi $(T_1 - t_1)$ dan $(T_2 - t_2)$. Persamaan tersebut bisa digunakan hanya jika tidak terjadi perubahan pada *specific heat* dan *overall* koefisien perpindahan panas dalam kondisi konstan.

Dirt Factor

Kebanyakan fluida proses ataupun fluida utilitas terakumulasi pada dinding permukaan *transfer* panas. Material yang terdeposit secara umum mempunyai konduktivitas termal yang rendah dan mengurangi *overall transfer coefficient*. Dibutuhkan pembesaran sebuah *exchanger* untuk mengurangi dampak dari pengendapan deposit material tersebut.

Dalam mendesain, sulit untuk memprediksi nilai dari *resistance heat transfer* akibat *fouling*. Biasanya perancangan dilakukan berdasarkan pengalaman. Estimasi *fouling factors* menuntun ke pertimbangan dalam mendesain HE, pengasusmsian nilai berdampak besar terhadap koefisien perpindahan. *Fouling factors* kurang tepat digunakan sebagai faktor keamanan dalam mendesain *exchangers*.

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \quad (\text{Sinnot, 2005})$$

Ket:

R_d = *Dirt factor/resistance coefficient*, $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{w}$

U_c = overall koefisien *transfer* panas, $\text{w}/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

U_d = overall koefisien *transfer* panas desain, $\text{w}/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

Penentuan *fouling factors* dalam mendesain *fouling coefficient* sering diputuskan berdasarkan

keekonomisan sebuah alat. Desain yang optimum didapat dengan *menyeimbangkan* biaya ekstra *capitalcost* dari *exchangers* yang besar terhadap *operatingcost* yang tinggi dengan *exchangers* yang memiliki waktu *cleaning* lebih lama. Pembuatan *exchangers* cadangan dibutuhkan untuk mengatasi masalah dari *fouling* yang dihadapi pada sistem.

$$U_c = \frac{h_{io}h_o}{h_{io}+h_o} \quad (\text{Kern, 1983})$$

Keterangan:

h_{io} = koefisien perpindahan panas pada inside dan outside *tube*, w/m² °C

h_o = koefisien perpindahan panas pada *shell*, w/m² °C

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} \quad (\text{Kern, 1983})$$

Ket:

h_i = koefisien perpindahan panas pada *tube*, w/m² °C

ID = inside diameter *tube*, mm

OD = outside diameter *tube*, mm

Faktor yang mempengaruhi kinerja pada suatu alat penukar panas akan sangat menentukan lamanya jadwal *cleaning* pada *cooler* yang digunakan. Penentuan jadwal *cleaning* sendiri dapat memudahkan kinerja pendinginan agar dapat terjaga maksimal.

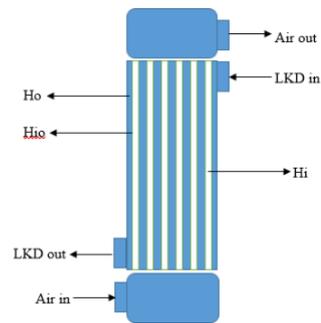
2. METODOLOGI

Metode penelitian dilakukan berdasarkan:

1. *Study Literature*. Metode ini dilakukan dengan cara membaca buku-buku pegangan yang ada, seperti buku laporan kerja praktek sebelum penulis;
2. Metode *Interview*. Metode ini dilakukan dengan cara bertanya langsung dengan karyawan-karyawan yang telah berpengalaman di bidangnya untuk membahas permasalahan dalam laporan kerja praktek ini;
3. Metode Observasi. Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi di lapangan. Selanjutnya, dilakukan pengamatan langsung dan pengambilan data di lapangan.

Skema Alat

Cooler yang digunakan pada perusahaan yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini



Gambar 1. Skema *Cooler*

Cooler tersebut merupakan *cooler* dengan jenis *cooler vertical*. Proses pendinginan berlangsung pada bagian *shell* dimana fluida panas masuk melalui bagian *shell* dan fluida dingin masuk melalui *tube*.

Data desain *cooler* yang digunakan dapat dilihat pada table 1 berikut ini.

Tabel 1. Desain *Cooler* 4-9 dan *Cooler* 4-10 Unit CD II

	Shell	Tube
<i>Passes</i>	1	1
ID (mm)		14,656
OD (mm)		15,875
D (mm)	735	
L (mm)	2797	3000
Thickness	8	
Nt		667

(Sumber: Perusahaan minyak dan gas, 2017)

Dari data desain, dapat dilihat bahwa *cooler* yang digunakan merupakan tipe *shell and tube cooler* dengan jumlah *passshell* sebanyak satu buah dan jumlah *passtube* sebanyak satu buah. Jumlah *tube* yang digunakan adalah sebanyak 667 buah *tube* dan semua *tube* dalam kondisi baik setelah mengalami *maintenance* pada bulan September 2017.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan tempertaur *Cooler* dilakukan dengan menginventarisir data operasional di control system dan dari data lapangan, pada periode pengamatan yang ditentukan. Data disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2 pada tiap *cooler* yang dikaji.

Tabel 2. Data Pengamatan Temperatur *Cooler* 4-10 Unit CD II

Shell (°C)		Tube (°C)		SG
Th in	Th out	Tc in	Tc out	
90,6	58,6	29,9	36,5	0.8149
91,8	57	28,9	36,2	0.8167
89,4	55,9	29,1	35,8	0.821
85,9	55,7	28,8	35	0.8217
88,2	58,7	29,3	34,5	0.8334
89,18	57,18	29,2	35,6	0.82154

(Sumber: Perusahaan minyak dan gas, 2017)

Hasil Perhitungan

Tabel 3 dan 4 menunjukkan data hasil perhitungan aktual masing-masing *cooler*.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Aktual *Cooler* 4-9

Data	Hasil
h_c , w/m ² °C	33427,51
h_i , w/m ² °C	677,64
R_d , m ² °C/w (kalkulasi)	0,00189
R_d , m ² °C/w (asumsi)	0,00018
U_d , w/m ² °C	552,98
$Q_a \times 10^{10}$ J/bulan	0,5217
$Q_d \times 10^{10}$ J/bulan	0,5207
Waktu Cleaning, bulan	39

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Aktual *Cooler* 4-10

Data	Hasil
h_c , w/m ² °C	33469,56
h_i , w/m ² °C	679,68
R_d , m ² °C/w (kalkulasi)	0,00189
R_d , m ² °C/w (asumsi)	0,00018
U_d , w/m ² °C	554,465
$Q_a \times 10^{10}$ J/bulan	0,5229
$Q_d \times 10^{10}$ J/bulan	0,5222
Waktu Cleaning, bulan	40

Faktor Pengaruh terhadap *Performance Cooler* 4-9 dan *Cooler* 4-10

Dirtfactor yang didapatkan dari hasil perhitungan lebih besar daripada *dirtfactordesign*. Hal ini sesuai dengan asumsi

bahwa *dirtfactor* tersebut memberikan pengaruh yang besar dalam memprediksi kapan *cleaning* selanjutnya dilakukan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu nilai perbandingan akumulasi mengenai pengurangan kinerja *cooler* per bulannya akibat banyaknya akumulasi dari *fouling* yang ada.

Fouling factor yang terakumulasi pada peralatan mempengaruhi *total surface heat transfer* sehingga dapat menurunkan panas yang dapat ditukarkan. *Fouling* yang terjadi dalam *cooler* mempengaruhi perkiraan jadwal *cleaning* yang harus dilakukan, dengan tingginya angka *fouling factor* menyebabkan kinerja pada alat akan menurun sehingga waktu *maintenance* lebih sering dilakukan. *Maintenance* yang terlalu sering dapat mengakibatkan biaya perawatan dan biaya operasional pabrik meningkat.

Faktor lain yang dapat mempengaruhi jadwal *cleaning* yang harus dilakukan diantaranya adalah *clean overall coefficient*, *heat duty*, *fouling factor*, *cross temperature* dan ΔT *Approach*, dan *superficial velocity*. Nilai *clean overall coefficient* akan memberikan pengaruh pada kemungkinan terjadinya *fouling* pada peralatan, karena nilai *clean overall coefficient* erat hubungannya dengan *dirt factor* yang dihitung.

Prediksi Jadwal *Cleaning Cooler* 4-9 dan *Cooler* 4-10

Terlihat pada tabel kemampuan dan tugas *cooler* selama 5 hari pengamatan terlihat nilai tugas yang stabil pada masing-masing *cooler* karena merupakan nilai dari *total duty* (Q) fluida yang nilainya konstan.

Shell (°C)		Tube (°C)		SG
Th in	Th out	Tc in	Tc out	
91,7	57,7	29,6	34,6	0.8149
94,2	58,4	28,1	36,7	0.8167
87,45	56,55	29,4	35,2	0.821
87,7	58,4	29,6	35,8	0.8217
83,2	53,2	29,2	32,8	0.8334
88,85	56,85	29,18	35,02	0.82154

Sedangkan nilai dari kemampuan mengalami penurunan yang merupakan nilai *design overall coefficient* (U_d) berdasarkan fungsi total surface (A) dan nilai dari *dirt factor* yang diizinkan.

Nilai kinerja dan *heat duty* akan dikalikan setiap hari dan jam untuk mengetahui nilai kemampuan akan lebih rendah dari nilai tugas

sehingga perlu dilakukannya pembersihan (*cleaning*). Berdasarkan tabel diatas, didapatkan waktu *cleaning* adalah sebesar 39 bulan atau 3,25 tahun dari standar waktu *cleaning* yang dilakukan antara 3-4 tahun yang artinya waktu *cleaning* yang diperoleh masing-masing *cooler* berada pada standar batas waktu pembersihan yang harus dilakukan dan mengidentifikasi bahwa proses perpindahan panas yang berlangsung masih berjalan optimal. Kinerja *cooler* ditinjau dari keseluruhan parameter dan perhitungan data aktual dapat dianalisa bahwa alat *cooler* yang digunakan masih dalam kondisi baik.

Nilai *fouling factor* mempengaruhi waktu *cleaning* dari kinerja peralatan *cooler* 4-9 dan 4-10, maka semakin besarnya *fouling factor* yang terjadi maka dapat mempengaruhi kinerja alat yang menjadi lebih rendah. Metode *cleaning* yang baik untuk digunakan salah satunya adalah *mechanical cleaning* yaitu dengan menggunakan *high pressure waterjet*. Hal yang dapat dilakukan untuk dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *fouling* pada *cooler* yang digunakan salah satunya adalah dengan menggantikan *coldfluid* yang digunakan pada proses pendinginan dengan *coolingwater* (*demineralizedwater*). Alasan penggantian *coldfluid* dengan *coolingwater* adalah tingkat kandungan *total dissolved solid* dalam *demineralized water* yang mungkin menjadi penyebab harus dilakukannya *cleaning* adalah sebanyak 0-10 ppm. Oleh karena itu penggunaan *cooling water* akan sangat menguntungkan terhadap perawatan peralatan yang digunakan ketimbang penggunaan air sungai musi secara langsung. Akan tetapi dengan penggantian *coldfluid* pada *cooler* menjadi *coolingwater* akan meningkatkan *cost* produksi dikarenakan dibutuhkan proses *treatment* agar mengubah air biasa menjadi *cooling water* (*demineralized water*).

Fouling factor untuk *demineralized water* adalah sebesar 0,00009 m²C/W, sedangkan *fouling factor* untuk *river water* adalah sebesar 0,00018 m²C/W. Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya *fouling* pada *cooler* dengan menggunakan *river water* sebagai *cold fluid* akan lebih cepat jika dibandingkan dengan penggunaan *demineralized water* sebagai *coldfluid* pada *cooler* yang digunakan pada proses pendinginan fraksi-fraksi minyak pada *crudedistiller* yang ada pada perusahaan minyak dan gas..

4. KESIMPULAN

1. Faktor yang dapat mempengaruhi kinerja peralatan transfer panas adalah penambahan dari nilai *fouling factor* dalam rentang waktu menurunkan nilai overall *coefficient heat transfer*;
2. Jadwal *cleaning* yang harus dilakukan pada *cooler* 4-9 dan *cooler* 4-10 paling lama pada bulan April 2021 atau dengan kata lain *cooler* 4-9 dan 4-10 masih dapat melakukan proses perpindahan panas selama 3,25 tahun kedepan terhitung sejak September 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Adri. 2015. Cooler. <http://www.prosesindustri.com/2015/01/cooler-atau-alat-pendingin-pada.html>. (Diakses pada tanggal 4 Januari 2018)
- Ariana. 2011. Fouling Pada HE. <https://www.academia.edu/4663800/Foulingpada-Heat-Exchanger>. (Diakses pada tanggal 7 Januari 2018)
- Handoyono. 1999. Pengaruh Temperatur Air Pendingin. <http://jurnalmesin.petra.ac.id/index.php/mes/article/view/15889>. (Diakses pada tanggal 5 Januari 2018)
- Indar. 2015. Cooler. <https://id.scribd.com/doc/281509526/Cooler> (Diakses pada tanggal 3 Januari 2018)
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer International Student Edition*, Japan: Mc Graw Hill Book Company.
- Kusjunianto. 2016. Proses Penanganan. <http://www.slideshare.net/kusjunianto/condensate-handling-unit-prosespenanganan-kondensat>. (Diakses pada tanggal 29 Desember 2017)
- Pedoman BPST Angkatan XVI PERTAMI-NA. 1999. Palembang.
- Ropandi. 2008. Pengoperasian Sistem Air Pendingin. https://caridokumen.co-m/download/lampiran-laporan-peg-awai-sistem-airpendingin_5a44a3d-ab7d7b-c7b7a76c06a.pdf. Sinnott, R.K. 2005. *Chemical Engineering Design Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series Volume 6 Fourth Edition*. Oxford: Elsevier.
- Tejanegara. 2013. Air Pendingin (*Cooling Water*). https://www.academia.edu/5206679/Air_Pendingin_Cooling-Water_Makalah_Disusun_untuk_menuhi_tugas_mata_kuliah_Utilitas. (Diakses pada tanggal 4 Januari 2018)