

# Monitoring *fouling* dan jadwal pembersihan *condenser* dalam *crude distiller* unit pada pabrik pengilangan minyak bumi

Leily Nurul Komariah<sup>\*1</sup>, Heriyanto<sup>2</sup>, A. Zulkarnain Ariko<sup>1</sup>, dan Fitra Armando<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

<sup>2</sup>PT. PERTAMINA RU-III Plaju unit CD&GP

Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

Email: [fitra2rmando@gmail.com](mailto:fitra2rmando@gmail.com)

## Abstrak

*Crude Distiller Unit* (CDU) adalah bagian penting dipakai pada hampir semua unit kilang minyak bumi. CDU berfungsi untuk memfraksionasikan *crude oil* menjadi senyawa sederhana untuk diumpukan ketahap selanjutnya sebagai bahan baku pada *secondary process*. Pada CDU dilakukan proses pengolahan *crude* hingga menjadi produk-produk seperti *crude butane*, *SR Tops*, *Naphtha II*, *Naphtha III*, *Naphtha IV*, LKD, HKD, LCT, HCT, dan umpan *High Vacuum* Unit. Produk seperti *SR tops* output kolom 3-1 dikondensasikan untuk kemudian dialirkan melalui pompa ke tahap *secondary process*. Tipe *condenser* adalah vertikal dengan kondensasi pada bagian *shell*. *SR tops* melalui *shell* sementara air pendingin melalui *tube*. *Fouling* merupakan salah satu faktor penurunan koefisien transfer perpindahan panas, dimana *fouling* merupakan akumulasi dari deposit material pada dinding transfer panas. Dengan menggunakan metode observasi dan *interview* didapat data-data mengenai kondisi operasi *condenser* 5-1. Sementara dengan metode referensi untuk mencari data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan dan *study literature* untuk korelasi hasil yang didapat. Hasil perhitungan dengan data aktual menunjukkan bahwa sekitar 39 bulan lagi adalah waktu maksimal operasi *condenser* sebelum di *cleaning*. Hal ini sesuai dengan teori yang ada dimana waktu normal pengoperasian *condenser* ialah berkisar antara 3-4 tahun untuk selanjutnya di *cleaning*. Sementara dengan mengganti air pendingin yang semula air sungai menjadi air yang telah ditreatment didapat bahwa *condenser* mampu beroperasi hingga 137 bulan lagi untuk selanjutnya dilakukan *cleaning*. Hal ini menunjukkan penggantian jenis pendingin yang digunakan berpengaruh besar dalam pengurangan *rate fouling* pada *condenser*. Sehingga perlu adanya upaya penggantian air pendingin sehingga waktu operasi alat lebih optimal.

**Kata Kunci:** Air pendingin, *condenser*, *fouling*,

## Abstract

*Crude Distiller Unit* (CDU) is a key in oil and gas industry. CDU is usually the first processing equipment through which crude oil is fed, then the product serve as feedstocks for all other processing units at the refinery. The product of CDU such as crude butane, SR tops, Naptha II, Naptha III, Naptha IV, LKD, HKD, LCT, HCT, and feed high vacuum unit. SR tops from column 3-1 was condensed and flow to secondary process as feed. Type of condenser is vertical with condensation at outside tube. SR tops through shell and cooling water in tube. Fouling is one of a factor reduction heat transfer coefficient. Fouling is accumulation from deposit material at the wall heat transfer. Observation and interview's method used to get actual operating condition of condenser 5-1. Meanwhile reference method to get another data for calculation and study literature for make relation between result and theory. The Result of actual data show condenser should be cleaning about 39 months. This is compatible with theory operating time condenser about 3-4 years until next cleaning. Meanwhile, changed the cooling water from river water to treatment water make long operating time of condenser until 137 months. This is shown that changed cooling water have big influenced to increasing heat transfer coefficient. So for the optimal operation cooling water should change with treatment water.

**Key Words:** Condenser, cooling water, *fouling*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam industri minyak bumi, *crude distille unit* (CDU) sering dijelaskan sebagai unit destilasi atmosferik yang mana biasanya merupakan peralatan proses pertama untuk mengubah bahan baku menjadi produk seperti nafta, kerosin, diesel, dan lain-lain, yang mana produk tersebut dipersiapkan sebagai umpan pada unit proses yang terdapat pada kilang. Peralatan yang umum digunakan pada CDU adalah KD (kolom destilasi), *stripper*, *heater*, *cooler*, *condenser*, *accumulator*. Bahan baku yang berupa *crude oil* diumpungkan pada evaporator, kemudian bottom ataupun top produk akan dimasukkan kedalam KD sehingga *crude oil* terengkah menjadi fraksi-fraksinya untuk kemudian dilakukan pengkondensasian untuk lebih mudah ditransport menuju unit selanjutnya menggunakan pompa.

Pada CDU IV dilakukan proses pengolahan *crude* hingga menjadi produk-produk seperti *crude butane*, *SR Tops*, *Naphtha II*, *Naphtha III*, *Naphtha IV*, LKD, HKD, LCT, HCT, dan umpan *High Vacuum* Unit. Produk tersebut didapat dengan beberapa pengolahan seperti *SR Tops* (*straight run*) yang berupa senyawa hidrokarbon rantai pendek C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> didapat setelah produk keluaran top KD 1-1 dimasukkan ke KD 1-3, untuk kemudian dilakukan proses kondensasi menggunakan *condenser*. *SR Tops* yang telah terkondensasi disimpan didalam *accumulator* untuk dialirkan melalui pompa menuju *secondary process*.

*Condenser* yang digunakan untuk mengkondensasi *SR Tops* adalah *condenser* 5-1, 5-2, 5-3, 5-4 dan 5-5. Aliran *cooling water* melalui *tube*. Sementara *SR Tops* melalui *shell*. Tipe *condenser* yang digunakan adalah *vertical* dengan kondensasi pada bagian *shell*. *Condenser* tersebut didesain pada tahun 1937 dengan terakhir kali dilakukan proses *maintenance* pada oktober 2017 dengan rincian dilakukan penggantian *tube* dalam *shell*. Oleh karena itu diperlukan evaluasi mengenai kinerja *condenser* untuk bisa memperkirakan kapan *maintenance* selanjutnya.

### Condenser

*Condenser* merupakan salah satu alat penukar panas yang mana berfungsi untuk mengubah fase uap menjadi cair. Perhitungan dan pendesainan sebuah *condenser* mirip seperti dalam merancang *heat exchanger*. Terdapat empat jenis *condenser* yaitu *horizontal* dengan fluida terkondensasi pada *shell*, *horizontal* dengan fluida terkondensasi di *tube*,

*vertical* dengan fluida terkondensasi di *shell*, dan *vertical* dengan fluida terkondensasi di *tube* (Sinnot, 2005).

Secara praktikal, kondensat tidak mengalir antar *tube* secara perlahan. Dibutuhkan sebuah pertimbangan konservatif yang berdasarkan komersial *heat exchanger*. Untuk kondensat dengan viskositas rendah, faktor koreksi jumlah *tube* bisa diabaikan dalam mendesain. Persamaan koefisien perpindahan panas *condenser* vertikal dengan kondensasi pada bagian *tube* diluar:

$$(hc)v = 0.9526K_L \left[ \frac{\rho_L(\rho_L - \rho_g)g}{\mu_L \Gamma_v} \right]^{\frac{1}{3}} \text{ (Sinnot, 2005)}$$

Ket:

$(hc)v$  = koefisien kondensasi w/m<sup>2</sup>°C

$\Gamma_v$  = kecepatan kondensat per unit *tube* per meter

$k_L$  = konduktivitas termal kondensat w/m °C

$\rho_L$  = densitas kondensat kg/m<sup>3</sup>

$\rho_g$  = densitas uap kg/m<sup>3</sup>

### Fouling

*Fouling* didefinisikan sebagai akumulasi dari deposit material yang tidak diinginkan pada permukaan transfer panas. Adanya lapisan pada permukaan tersebut menyebabkan adanya resistensi panas. Terlebih lagi secara hidrodinamika deposit bersifat keras sehingga mengganggu aliran yang melewati permukaan yang terselumuti deposit material. Oleh karena itu secara umum *fouling* dapat menyebabkan efisiensi alat menurun dan *pressure drop* yang meningkat.

Deposit material terjadi akibat tingginya kandung *solid suspended* pada fluida. Ataupun banyaknya mikroba yang terkandung didalam fluida. Untuk sistem pendingin *once through solid suspended* merupakan faktor utama penyebab *fouling*, sementara untuk sistem *cycle* kandungan mikroba yang tidak terkontrol menyebabkan banyaknya mikroba mati pada permukaan transfer panas. Penambahan klorida persiklus diperlukan untuk mengontrol jumlah mikroba yang terdeposit pada alat penukar panas.

### Mean Temperature Different

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T1-t2)-(T2-t1)}{\ln \left( \frac{T1-t2}{T2-t1} \right)} \text{ (Sinnot, 2005)}$$

Ket:  $\Delta T_{lm}$  = log mean temperature difference,

T1 = temperatur fluida panas, inlet

T2 = temperatur fluida panas, outlet

t1 = temperatur fluida dingin, inlet

t2 = temperatur fluida dingin, outlet

*Logarithmic mean temperature different* digunakan untuk menghitung perbedaan tempetar *inlet* dan *outlet* pada *exchangers*. Persamaan diatas bisa digunakan untuk *counter current flow*, atau bisa juga *co-current* dengan catatan terminal *temperature different* menjadi (T1-t1) dan (T2-t2). Persamaan tersebut bisa digunakan hanya jika tidak terjadi perubahan pada *specifichat* dan *overall* koefisien perpindahan panas dalam kondisi konstan

### Koefisien Air

Pertimbangan mengenai dasar pemilihan fluida yang melalui *shell* atau *tube* berdasarkan karakteristik fluida ataupun fungsi alat penukar panas. Fluida yang kotor, bertekanan tinggi, korosif selalu melalui *tube* agar proses *maintenance* lebih mudah dilakukan. Sementara fluida yang mengalami kondensasi melalui *shell* agar kondensat tidak terjebak. Penyederhanaan persamaan koefisien perpindahan untuk air yang melalui *tube* ditunjukkan untuk mendapatkan penentuan yang tepat. Dalam menentukan perpindahan *transfer* koefisien dibutuhkan *Nusselt number* dan *Reynold number* akan tetapi dengan penyederhaan dari sifat fisik air dan dapat disederhanakan untuk pengakurasi nilai yang di estimasikan.

$$hi = \frac{4200(1.35 + 0.02t)u_t^{0.8}}{d_i^{0.2}} \quad (\text{Sinnot, 2005})$$

Ket:

- hi = koefisien air, w/m<sup>2</sup>°C
- t = temperatur air, °C
- u<sub>t</sub> = laju air, m/
- d<sub>i</sub> = *tube* inside diameter, mm

### 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*.

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} \quad (\text{Kern, 1965})$$

Ket:

- R<sub>d</sub> = *Dirt factor/resistance coefficient*, m<sup>2</sup>°C/w
- U<sub>c</sub> = overall koefisien *transfer* panas, w/m<sup>2</sup>°C
- U<sub>d</sub> = overall koefisien *transfer* panas desain, w/m<sup>2</sup>°C

Penentuan *fouling factors* dalam mendesain *fouling coefficient* sering diputuskan berdasarkan keekonomisan sebuah alat. Desain yang optimum didapat dengan *menyeimbangkan* biaya ekstra *capital cost* dari *exchangers* yang besar terhadap *operating cost* yang tinggi dengan *exchangers* yang memiliki waktu *cleaning* lebih lama. Pembuatan *exchangers* cadangan dibutuhkan untuk mengatasi masalah dari *fouling* yang dihadapi pada sistem.

$$U_c = \frac{h_{io}h_o}{h_{io} + h_o} \quad (\text{Kern, 1965})$$

Ket:

- h<sub>io</sub> = koefisien perpindahan panas pada inside dan outside *tube*, w/m<sup>2</sup>°C
- h<sub>o</sub> = koefisien perpindahan panas pada *shell*, w/m<sup>2</sup>°C

$$h_{io} = h_i \frac{ID}{OD} \quad (\text{Kern, 1965})$$

Ket:

- h<sub>i</sub> = koefisien perpindahan panas pada *tube*, w/m<sup>2</sup>°C
- ID = inside diameter *tube*, mm
- OD = outside diameter *tube*, mm

## 2. METODOLOGI

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi lapangan untuk mengetahui data *thermal* pada *input* dan *output* aliran *condenser* 5-1 unit CD IV. Sementara data *flowrate* didapat dengan menggunakan metode *interview* ke bagian CENTUM. Data-data mengenai sifat fisik fluida dan desain alat di ambil menggunakan metode *interview* ke bagian PE. Data tambahan dicari berdasarkan literature yang terdapat di buku ataupun internet

### Metode Pengolahan Data

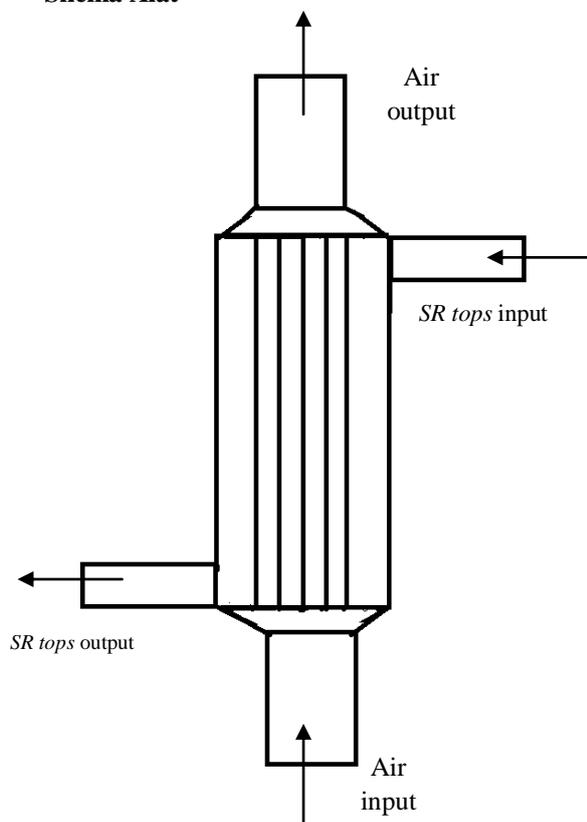
Data *flowrate* dan temperatur *input* *output* pada *condenser* di rata-ratakan untuk dilakukan proses perhitungan selanjutnya. Data temperatur input dan output SR Tops digunakan untuk mencari temperatur *dew point* menggunakan persamaan Antoine. Kemudian dengan persamaan dari buku Sinnot ditentukan Delta LMTD untuk kemudian menentukan total transfer panas yang terjadi antara dinding *tube* dengan dilakukan *trial and error* didapat nilai koefisien transfer panas. Setelah itu dilakukan

penelitian nilai transfer perpindahan panas pada sisi dalam, luar atau antar dinding *tube*. Kemudian dengan persamaan dalam buku kern ditentukan *fouling factor* pada dinding *tube*. Kemudian ditentukan panas desain menggunakan *fouling factor* asumsi. Setelah didapat nilai transfer panas desain dan aktual maka selanjutnya ialah penentuan jadwal *cleaning*.

**Tabel 1.** Desain *Condenser* 5-1 Unit CD IV

	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
passes	1	1
ID (mm)	890	15.419
OD(mm)	900	15.875
L(mm)	3836	4000
nt	-	812

**Skema Alat**



**Gambar 1.** Skema *Condenser*

**Analisa Data**

Data transfer panas aktual dibandingkan dengan data transfer panas desain. Penurunan transfer panas aktual akan diamati dalam fungsi waktu. Penurunan transfer panas aktual didasarkan atas *fouling factor* yang telah dihitung sebelumnya. Dengan membuat grafik transfer panas aktual vs desain dalam fungsi waktu akan didapat kondisi dimana terdapat

meet point antara panas desain dan aktual. Titik inilah yang merupakan prediksi mengenai beberapa lama lagi waktu maksimal seharusnya dilakukan perawatan *condenser* 5-1 unit CD IV.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang diambil mulai tanggal 19 Desember 2017- 30 Desember 2017. Dari data tersebut akan diolah menggunakan persamaan yang terdapat didalam buku *heat transfer* karangan Kern ataupun *Coulson's and Richardson* karangan Sinnott. Dari data tersebut akan diamati penurunan performa alat dalam waktu hingga mencapai kondisi desain minimal.

**Data Pengamatan**

**Tabel 2.** Data Pengamatan Temperatur *Condenser* 5-1 unit CD-IV

<i>Tube</i> (°C)		<i>shell</i> (°C)		P (Atm)
in	out	in	out	
30.2	33.9	80.8	63.6	1.4
30.1	39.2	83.1	63.7	
29.9	33.4	85.7	66.3	
31.3	37.9	96.8	68.1	
30.375	36.1	86.6	65.425	

**Tabel 3.** Data Pengamatan *Flowrate* Produksi SR tops 5-1 Unit CD IV

tanggal	<i>flowrateshell</i> (ton/d)	tangga l	<i>Flowrateshell</i> (ton/day)
19	114.9	25	137.3
20	117.2	26	190.8
21	169.6	27	196.8
22	218.2	28	234.9
23	216.2	29	239.1
24	159.8	30	175.7

- Rata-rata *flowrate shell* = 7536.46 kg/jam
- *Flowrateshell/condenser* = 1507.291667 kg/jam
- Data *flowrate* diambil berdasarkan jumlah produksi Sr tops perhari. Terdapat 5 *condenser*. Sehingga jumlah *flowrate* keluaran *accumulator* dibagi dengan 5.
- Jenis *condenser* adalah *vertical* dengan kondensasi pada bagian *shell*.
- Komposisi SR Tops: C<sub>3</sub> 0.2%, iC<sub>4</sub> 2.2%, nC<sub>4</sub> 4.7%, iC<sub>5</sub> 9.6%, C<sub>5</sub> 11.1%, dan C<sub>6</sub> + 72.2%.
- Untuk pembulatan C<sub>7</sub>+ diasumsikan komposisi gas menjadi C<sub>5</sub> 10% dan C<sub>6</sub> 90%
- Densitas SR Tops 0.73

**Hasil Perhitungan**

## Hasil Perhitungan

**Tabel 4.** Data Hasil Perhitungan Aktual

Data	Hasil
$h_c, w/m^2 \text{ } ^\circ C$	1261.325262
$h_i, w/m^2 \text{ } ^\circ C$	5631.140578
$R_d, m^2 \text{ } ^\circ C/w$ (kalkulasi)	0.000288102
$R_d, m^2 \text{ } ^\circ C/w$ (asumsi)	0.00027
$U_d, w/m^2 \text{ } ^\circ C$	802.7919958
$Q_a \times 10^{10} \text{ j/hr}$	1.575998051
$Q_d \times 10^{10} \text{ j/hr}$	1.558257291
Waktu Cleaning, bulan	39

**Tabel 5.** Data Hasil Perhitungan Penggantian Air Pendingin menjadi *cooling water* yang Lebih Bersih

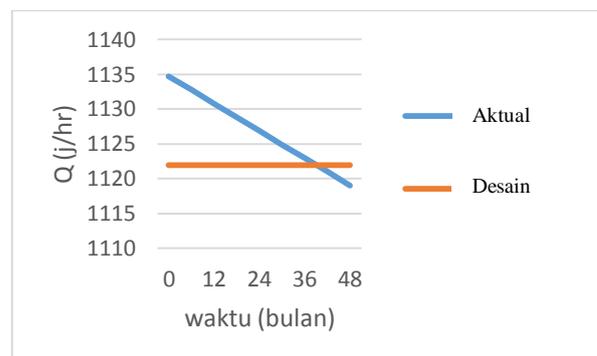
Data	Hasil
$h_c, w/m^2 \text{ } ^\circ C$	1261.325262
$h_i, w/m^2 \text{ } ^\circ C$	5309.565692
$R_d, m^2 \text{ } ^\circ C/w$ (kalkulasi)	0.0003739
$R_d, m^2 \text{ } ^\circ C/w$ (asumsi)	0.0003
$U_d, w/m^2 \text{ } ^\circ C$	795.7182954
$Q_a \times 10^{10} \text{ j/hr}$	1.562111343
$Q_d \times 10^{10} \text{ j/hr}$	1.447820318
Waktu Cleaning, bulan	137

### Pengaruh *Fouling* terhadap *Performance Condenser 5-1*

*Dirt Factor* yang didapat lebih besar dibanding *dirt factor design*. Hal ini sesuai dimana pengasumsian *dirt facor design* memberikan efek yang besar dalam memprediksi kapan *cleaning* selanjutnya. Dengan kondisi aktual yang lebih besar menunjukkan kondisi *overall coefficient heat transfer* yang besar. Oleh karena itu dibutuhkan perbandingan akumulasi mengenai pengurangan kinerja *condenser* per bulannya akibat *fouling* yang terus terakumulasi.

Peningkatkan *fouling factor* mempengaruhi nilai *transfer* panas dalam satuan waktu. Dimana *fouling* menyebabkan resistansi *transfer* panas. Sehingga panas yang ditransfer dalam luas area mengalami penurunan akibat *fouling* pada alat. Selain itu, *fouling* berpengaruh terhadap perkiraan waktu *maintenance*. Dengan tingginya nilai dari *fouling factor* menyebabkan kinerja alat menurun sehingga waktu *maintenance* lebih sering. *Maintenance* yang terlalu sering mengakibatkan peningkatan biaya perawatan dan operasi di pabrik kurang optimal. Olehkarena itu perlu penggantian air pendingin yang semula air sungai dengan sistem *once through* menjadi *cooling water* yang lebih bersih dengan sistem *cycle* untuk minimalisasi biaya operasi.

### Prediksi Kapan *Cleaning Condenser 5-1* Selanjutnya



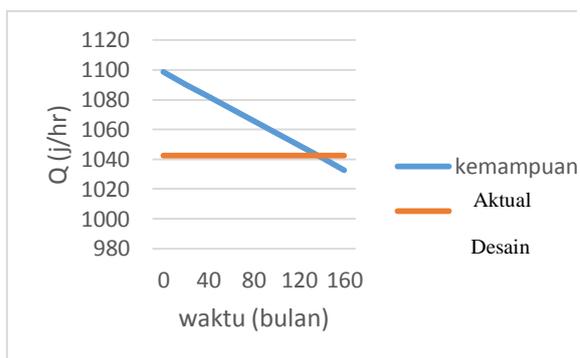
**Gambar 2.** Prediksi Waktu *Cleaning Condenser*

*Condenser 5-1* digunakan sebagai alat pengkondensasi senyawa-senyawa SR tops. Dimana SR tops terdiri dari senyawa  $C_3, C_5$  serta  $C_6+$ . Outlet dari kolom 1-3 pada CDU IV dikondensasikan untuk kemudian disimpan sebentar didalam *accumulator* untuk kemudian dialirkan ke *secondary process*. Proses kondensasi diasumsikan berjalan 100% sehingga output dalam kondisi liquid 100%.

Waktu *cleaning* yang didapat menunjukkan perkiraan waktu maksimal pengoperasian *condenser* untuk selanjutnya dilakukan proses *maintenance*. Perkiraan ini didasarkan atas asumsi *fouling factor* perancangan *condenser*. Dimana diamati kinerja *transfer* panas dalam masa ke masa hingga didapat poin pertemuan antara aktual dan desain. Proses *maintenance* umumnya dilakukan jika terjadi *problem* pada alat, dimana masalah umum yang biasa terjadi adalah kebocoran *tube*. Indikasi yang kebocoran diamati berdasarkan kandungan *cooling water* output alat. Jika kandungan minyak terlampaui tinggi maka dilakukan *maintenance* penutupan *tube*, serta *cleaning* untuk mengurangi *fouling* yang terdapat di *condenser*.

Prediksi perkiraan *cleaning* selanjutnya adalah 39 bulan dari Januari 2018 yang artinya pada tahun 2021 selambatnya perlu dilakukan *maintenance condenser 5-1*. Waktu normal dilakukannya *maintenance* pada *condenser* adalah 3 tahunan. Hal ini menunjukkan kesesuaian data yang didapat. Proses *maintenance* dilakukan dengan cara *hydrojecting* selama beberapa jam untuk menghilangkan *fouling-fouling* yang menempel pada sisi *tube*. Selain itu berdasarkan teori yang ada bisa digunakan *agent* kimia sebagai pelarut *fouling* yang mengendap.

### Pengaruh Proses *Pre-treatment* Air Pendingin sebelum Digunakan



**Gambar 3.** Prediksi Waktu *Cleaning Condenser* dengan Air Pendingin yang lebih bersih

Terdapat tiga pertimbangan utama dalam penentuan fluida yang mengalir melalui *tube*. Pertama, Fluida yang kotor. Kedua, Fluida yang cepat memberikan kotoran, tekanan tinggi. Ketiga, fluida dalam bentuk campuran *non condensable* gas melalui *tube* agar *non condensable* gas tidak terjebak. Dari dasar inilah dapat dipahami fakta bahwa air yang mengalir merupakan faktor penting dalam mempengaruhi penurunan kinerja *condenser*.

Air yang digunakan sebagai media pendingin pada *condenser* 5-1 adalah berupa air sungai dengan sistem *once through*. Berdasarkan buku *Coulson* karangan *Sinnott* tahun 2005, *fouling coefficient* untuk air sungai berkisar antara 3000-12000 m<sup>2</sup> °C/w sementara *cooling water* 3000-6000 m<sup>2</sup> °C/w. Penggantian jenis air pendingin perlu dilakukan untuk memperpanjang masa aktif *condenser*.

Dilakukan asumsi penggantian air pendingin menggunakan *cooling water* yang dilakukan *pre-treatment* didapat hasil *cleaning condenser* selanjutnya adalah 137 bulan. Hal ini menunjukkan penggantian air dapat meningkatkan performa dari *condenser*. Hal ini disebabkan rendahnya *resistance* akibat *fouling*. Oleh karena itu *transfer* panas dapat berjalan lebih baik karena sedikitnya *fouling* yang terakumulasi tiap waktunya. Hal ini disebabkan karena *cooling water* telah mengalami proses *treatment* seperti koagulasi, flokulasi, filtrasi, serta penambahan klorin. Dengan proses tersebut maka kandungan seperti tds, tss, mikroba dan hal-hal lain yang dapat menyebabkan *fouling* atau *scaling* dapat dikurangi.

Penggantian air pendingin menjadi *cooling water* yang lebih bersih berdampak dalam *transfer* panas yang dibutuhkan. Dimana jika dalam kondisi air sungai 1.558257291 J/hr. sementara *transfer* panas jika menggunakan *cooling water* yang bersih adalah 1.447820318

J/hr. hal ini menunjukkan efisiensi perpindahan panas yang lebih baik. Selain itu dalam pendesaian rancangan *fouling factor* sendiri penggunaan *cooling water* yang bersih mampu didesain untuk kondisi maksimal yaitu 0.0003 m<sup>2</sup> °C/w. Sementara untuk penggunaan desain alat tersebut tidak mencapai kondisi maksimal hanya mencapai 0.00027 m<sup>2</sup> °C/w. Hal ini menunjukkan pergantian *cooling water* dapat mengurangi biaya *maintenance* dari alat. Akan tetapi biaya operasional akan meningkatkan karena dibutuhkan pompa ekstra untuk mensirkulasikan *cooling water* yang baru.

### 4. KESIMPULAN

1. *Fouling factor* aktual lebih besar 0.000288102 m<sup>2</sup> °C/w dibanding desain 0.00027 m<sup>2</sup> °C/w;
2. *Fouling* mempengaruhi kinerja permukaan transfer panas dimana penambahan *fouling* dalam rentang waktu menurunkan *overall coefficient heat transfer*;
3. Maret tahun 2021 diperkirakan paling lama dilakukan *maintenance* selanjutnya pada *condenser* 5-1;
4. *Pretreatment* air pendingin mampu meningkatkan waktu operasional alat;
5. *Fouling* merupakan faktor terbesar dalam penurunan kinerja alat.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Bagian unit CD&GP PT. PERTAMINA RU III-Plaju bapak Antoni R Doloksaribu atas kesempatan melaksanakan kerja praktek pada tanggal 11 Desember 2017- 19 Januari 2018. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada bagian HR dan security atas bantuan dan pengarahan yang telah diberikan selama masa kerja praktek.

### DAFTAR PUSTAKA

- Admiralty Industries. (tt). *Aluminium Brass Tubes (C68700)*. (online): <http://www.admiraltyindustries.com/c68700/> (diakses pada tanggal 1 Januari 2018)
- Assael, M. J., dkk. 2013. Reference Correlation of the Thermal Conductivity of n-Hexane from the Triple Point to 600 K and up to 500 MPa. *Applied Chemicals and Materials Division*. National Institute of Standards and Technology: USA
- Engineering ToolBox. (tt). *Dynamic Viscosity of Common Liquid*. (online): [https://www.engineeringtoolbox.com/absolute-viscosity-liquids-d\\_](https://www.engineeringtoolbox.com/absolute-viscosity-liquids-d_)

- 1259.h tml. (diakses pada tanggal 1 Januari 2018)
- Kern, D. Q., dkk. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill:Singapura
- National Institutes of Health. (tt). *Hexane*. (online):  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/hexane#section=Top> (diakses pada tanggal 1 Januari 2018)
- National Institutes of Health. (tt). *Pentane*. (online):  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/pentane#section=Top> (diakses pada tanggal 1 Januari 2018)
- PERTAMINA. 2017. *Desain Condenser 5-1 Unit CD IV*. Plaju: PT PERTAMINA (Persero) RU III
- Polling, B. E., dkk. 2001. *The Properties of Gases and Liquids*. 5<sup>th</sup> Ed. McGraw-Hill:New York
- Sinnot, R. K. 2005. *Coulson Richardson's Chemical Engineering*. Vol.6. 4<sup>th</sup> Ed. Elsevier Butterworth-Heinemann:Jordan Hill
- Vasilous, C. M., dkk. 2015. Reference Correlations of the Thermal Conductivity of Cyclopentane, iso-Pentane, and n-Pentane. *Chemical Engineering Department*. Aristotle University:Greece