

# Efisiensi *Heat Exchanger* (HE-002) Pada *Crude Distillation Unit* di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas)

Haidar Luthfi Amrullah , Cassanova Istiqomah Walhawanadana

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 30 Maret 2022  
Direvisi : -  
Disetujui : 25 Juli 2022  
Terbit : 28 Juli 2022

Email korespondensi:  
[novaaaaa02@gmail.com](mailto:novaaaaa02@gmail.com)

Laman daring:  
<https://doi.org/10.37525/mz/2022-1/343>

## ABSTRAK

PPSDM Migas Cepu mengolah minyak mentah atau *crude oil* yang berasal dari PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu menjadi Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC, Solar dan Residu, melalui proses *Crude Distillation Unit* (CDU) di unit Kilang. Pada tahap awal proses, bahan baku berupa minyak mentah dipanaskan dalam rangkain *heat exchanger* kemudian dipanaskan kembali dalam *furnace* hingga mencapai suhu tertentu untuk dialirkan ke tahap-tahap selanjutnya. *Heat exchanger* merupakan alat transfer panas antara fluida panas dan fluida dingin, tanpa perlu mencampurkan kedua fluida tersebut. HE-002 jenis *shell and tube* merupakan satu dari lima unit *heat exchanger* yang dimiliki unit Kilang PPSDM Migas. HE-002 berperan dalam memanaskan fluida dingin berupa *crude oil* yang ditempatkan di dalam *tube* dan mengalirkan fluida panas berupa solar melalui *shell*. Perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan suhu antar fluida. Namun, pada kondisi sebenarnya, besar panas yang dilepaskan solar dan panas yang diterima *crude oil* tidak bernilai sama. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besar efisiensi perpindahan panas pada HE-002 dengan membandingkan perubahan kalor pada fluida panas dan fluida dingin. Setelah dilakukan pengumpulan data dan perhitungan, didapatkan besar efisiensi HE-002 unit Kilang PPSDM Migas adalah 94,463% dengan persentase *heat loss* sebesar 4,753% .

**Kata kunci:** *heat exchanger, shell and tube* , perpindahan panas, efisiensi

## ABSTRACT

PPSDM Migas Cepu processes crude oil from PT. Pertamina EP Asset 4 Cepu Field becomes Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC, Solar and Residue, through the Crude Distillation Unit (CDU) process in the refinery unit. In the early stages of the process, the raw material in the form of crude oil is heated in a heat exchanger and then reheated in the furnace until it reaches a certain temperature to flow to the next stages. A heat exchanger is a heat transfer device between a hot fluid and a cold fluid, without the need to mix the two fluids. HE-002 shell and tube type is one of five heat exchanger units owned by the PPSDM Migas Refinery unit. HE-002 plays a role in heating the cold fluid in the form of crude oil which is placed in the tube and flows the hot fluid in the form of diesel fuel through the shell. Heat transfer can occur due to temperature differences between fluids. However, in actual conditions, the amount of heat released by diesel and the heat received by crude oil is not of the same value. This study aims to determine the heat transfer efficiency on the HE-002 by comparing the heat changes in the hot fluid and cold fluid. After data collection and calculations, the efficiency of the HE-002 PPSDM Migas Refinery unit was 94.463% with a heat loss percentage of 4.753%.

**Keywords:** heat exchanger, shell and tube, heat transfer, efficiency

## PENDAHULUAN

Kilang PPSDM Migas merupakan kilang tertua di Indonesia yang lebih dari satu abad telah ikut serta dalam perkembangan sejarah minyak dan gas bumi di Indonesia. Kilang PPSDM Migas merupakan unit pengolahan *crude oil* HPPO (*High Pour Point Oil*) dan LPPO (*Light Pour Point Oil*) dari PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu (Priandoko, 2021). Produk yang dihasilkan berupa Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC, Solar dan Residu.

Proses pengolahan *crude oil* terjadi pada *Crude Distillation Unit* (CDU) dengan prinsip dasar pemisahan berdasarkan titik didih komponen penyusunnya (Risdiyanta, 2015). Peralatan yang menunjang proses pengolahan *crude oil* pada *Crude Distillation Unit* (CDU) adalah tangki minyak mentah dan produk, *heat exchanger*, *stabilizer*, *furnace*, *evaporator*, kolom fraksinasi, kolom stripper, *cooler*, kondensor dan pompa. Peran *heat exchanger* pada CDU sangatlah penting yaitu sebagai *preheater* sebelum *crude oil* dipanaskan dalam *furnace* untuk meningkatkan efisiensi pemanasan.

*Heat exchanger* adalah alat yang dapat memungkinkan terjadinya pertukaran panas antara dua fluida yang memiliki perbedaan suhu tanpa mencampurkan kedua fluida tersebut, dimana keduanya dipisahkan dalam ruang yang berbeda. Terdapat beberapa jenis *heat exchanger* berdasarkan proses yang diinginkan. *Double pipe heat exchanger* adalah tipe paling sederhana, dimana suatu fluida mengalir di dalam sebuah pipa

dan fluida lainnya mengalir di antara pipa terluar dan pipa yang lebih kecil. Dengan arah aliran kedua fluida searah (*parallel flow*) atau berlawanan arah (*counter flow*). Jenis lainnya dengan desain untuk area transfer yang lebih luas dalam satuan volume adalah *compact heat exchanger* yang digunakan dalam radiator mobil, dengan *area density* > 700 m<sup>2</sup>/m. Pada *compact heat exchanger*, biasanya kedua fluida bergerak secara tegak lurus terhadap satu sama lain (*cross-flow*). Sedangkan, untuk *heat exchanger* yang sering digunakan dalam industri adalah *shell and tube*. *Heat exchanger* jenis ini memiliki beberapa *tube*/pipa yang disusun secara paralel dan seluruhnya berada dalam ruang besar yang disebut *shell*. Selain pipa, *baffle* juga ditempatkan dalam *shell* sehingga fluida dapat mengalir melintasi *shell* dengan baik. Pada unit Kilang PPSDM Migas Cepu, terdapat proses *Crude Distillation Unit* (CDU) yang diawali dengan pemanasan bahan (*preheater*). Minyak mentah diproses dalam rangkaian *heat exchanger* sebelum dimasukkan ke dalam *furnace*. HE-002 merupakan salah satu unit pemanas berjenis *shell and tube*, dimana *shell* dilalui oleh fluida panas (solar) sedangkan *tube* dilalui fluida dingin (*crude oil*) (Setyoko, 2008). HE-002 memiliki lebih dari 2 *tube* didalamnya untuk menunjang proses transfer panas.

Perpindahan panas pada *heat exchanger* dapat terjadi akibat adanya *driving force* berupa perbedaan suhu antar fluida. Terdapat dua cara dalam proses transfer panas, yaitu secara konveksi yang terjadi dari permukaan dinding pemisah ke

fluida, dan konduksi yang terjadi ketika panas melewati dinding pemisah. Laju transfer panas ditentukan oleh besarnya perbedaan temperatur kedua fluida yang harganya bervariasi di sepanjang *heat exchanger*. Perpindahan panas akan mencapai nilai maksimum ketika fluida dingin dipanaskan hingga suhunya sama dengan suhu inlet fluida panas atau fluida panas didinginkan hingga suhunya sama dengan suhu inlet fluida dingin (Cengel, 2002).



Gambar 1. Pengendapan partikel abu pada *superheater tubes* (Cengel, 2002)

Pada *shell and tube*, fluida panas menyebar dalam *shell* dan fluida dingin mengalir dalam *tube*, sehingga kedua fluida tersebut dipisahkan oleh dinding tube. Pada saat panas berpindah menembus dinding *tube*/pipa, terdapat hambatan yang besarnya dipengaruhi oleh jenis bahan. Selain itu, panas yang diterima oleh fluida dingin juga dapat berkurang karena adanya *fouling factor*, yaitu ukuran hambatan termal yang disebabkan oleh penumpukan endapan pada dinding pipa. Penumpukan endapan dapat menurunkan efisiensi dari *heat exchanger* sehingga proses perpindahan panas tidak maksimal. Pengendapan di dalam *heat exchanger* dapat terjadi karena fluida yang mengalir masih membawa padatan. Selain itu, *fouling factor* juga dipengaruhi oleh proses kimia yang bersifat korosif. Endapan yang menjadi kerak dapat dibersihkan dengan menggunakan bahan kimia dan pelapisan kaca pada pipa besi untuk menghindari korosi. *Fouling factor* akan bernilai nol untuk *heat exchanger* baru dan akan meningkat seiring dengan bertambahnya *solid* yang menumpuk pada permukaan *heat exchanger*. *Fouling factor* juga akan meningkat bersamaan dengan meningkatnya suhu dan menurunnya

kecepatan alir (Cengel, 2002).

Evaluasi performa *heat exchanger* dapat dikaji melalui efisiensi yang dihasilkan, dengan membandingkan antara panas yang dilepaskan oleh fluida panas dengan panas yang diterima oleh fluida dingin. Laju panas tersebut dapat dihitung dari perhitungan antara laju aliran massa dan panas spesifik fluida, serta perubahan suhu antara fluida masuk dan keluar. Mengingat adanya hambatan, *fouling factor* dan *heat loss*, jumlah panas yang dilepas dan diterima oleh fluida nilainya tidak akan sama. Penulisan artikel ini bertujuan untuk menentukan efisiensi dari *heat exchanger* (HE-002) unit Kilang PPSDM Migas Cepu.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan dan mengolah hasil pengamatan *heat exchanger* (HE-002) pada *Crude Distillation Unit* (CDU) di PPSDM Migas. Tahapan metode penelitian adalah sebagai berikut :

**A. Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan berupa data lapangan dan data literatur. Data lapangan diperoleh dari pengamatan *heat exchanger* (HE-002) pada tahun 2020, tepatnya pada tanggal 3-7 Desember 2020. Data lapangan meliputi *flow rate* fluida, suhu inlet, suhu outlet dan sifat fisis minyak. Sedangkan data literatur diperoleh dari studi berbagai literatur. Data literatur meliputi sifat fisis minyak, sifat kimia minyak dan dimensi alat.

Tabel 1. Dimensi Shell HE-002

Shell			
Uraian	Notasi	Notasi	
Diameter luar	ODs	inchi	31,614
Diameter dalam	ID	inchi	30,748
Jumlah baffle	N	buah	4
Jarak antar baffle	B	inchi	23,623
Jumlah passes	N		1
Jenis fluida			Solar

Tabel 2. Dimensi Tube HE-002

Tube			
Uraian	Notasi	Notasi	
Diameter luar	ODs	inchi	1
Panjang tube	L	Ft	10
Jumlah tube	Nt	buah	400
BWG			14
Pitch	Pt	inchi	1,25
Jarak antar tube	C'	inchi	0,25
Jumlah passes	N		1
Jenis Pitch			Triangular
Jenis fluida			Crude oil

Tabel 3. Data Lapangan Shell HE-002

Shell (Solar)		
Tanggal	Kapasitas/ Hari (L/D)	Suhu Masuk (T1) C
03/12/2020	183836	168
04/12/2020	178139	171
05/12/2020	154177	160
06/12/2020	149477	145
07/12/2020	159234	154
<b>Rata-rata</b>	<b>164972,6</b>	<b>159,6</b>
Tanggal	Suhu Keluar (T2) C	Densitas ( $\rho$ ) kg/ m <sup>3</sup>
03/12/2020	112.5	844.7
04/12/2020	112	846.8
05/12/2020	100	846
06/12/2020	98	845.2
07/12/2020	87	845.7
<b>Rata-rata</b>	<b>101,9</b>	<b>845,68</b>

Tabel 4. Data Lapangan Tube HE-002

Tube (Crude Oil)		
Tanggal	Kapasitas/ Hari (L/D)	Suhu Masuk (T1) C
03/12/2020	348856	32
04/12/2020	320404	32
05/12/2020	282606	32
06/12/2020	281253	32
07/12/2020	332084	32
<b>Rata-rata</b>	<b>313040,6</b>	<b>32</b>
Tanggal	Suhu Keluar (T2) C	Densitas ( $\rho$ ) kg/ m <sup>3</sup>
03/12/2020	73.5	837.5
04/12/2020	72	838.9
05/12/2020	65	838.9
06/12/2020	69	838.2
07/12/2020	68	836.8
<b>Rata-rata</b>	<b>69,5</b>	<b>838,06</b>

**B. Perhitungan**

Untuk mengetahui efisiensi *heat exchanger* (HE-002) diperlukan beberapa perhitungan sebagai berikut :

1) Menghitung *Mass Flow (W)*

**Shell (Solar)**

$$\text{Flow rate} = 164972,6 \frac{L}{\text{hari}}$$

$$\text{Massa jenis} = 845,68 \frac{kg}{m^3}$$

$$= 0,84568 \frac{kg}{L}$$

$$\text{Mass flow} = 164972,6 \frac{L}{\text{hari}} \times$$

$$0,84568 \frac{kg}{L} \times 2,205 \frac{lb}{kg}$$

$$\times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$\text{Mass flow} = \frac{lb}{\text{jam}}$$

**Tube (Crude Oil)**

$$\text{Flow rate} = 313040,6 \frac{L}{\text{hari}}$$

$$\text{Massa jenis} = 838,06 \frac{kg}{m^3}$$

$$= 0,83806 \frac{kg}{L}$$

$$\text{Mass flow} = 313040,6 \frac{L}{\text{hari}} \times$$

$$0,83806 \frac{kg}{L} \times 2,205 \frac{lb}{kg}$$

$$\times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$\text{Mass flow} = 24103,113 \frac{lb}{\text{jam}}$$

2) Menghitung *Sg*

**Shell (Solar)**

$$\frac{\rho_{\text{solar}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\text{Sg solar} = \frac{\rho_{\text{solar}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\frac{845,68 \frac{kg}{m^3}}{997 \frac{kg}{m^3}}$$

$$= 0,848$$

**Tube (Crude Oil)**

$$\frac{\rho_{\text{crude oil}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\text{Sg crude oil} = \frac{\rho_{\text{crude oil}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\frac{838,06 \frac{kg}{m^3}}{997 \frac{kg}{m^3}}$$

$$= 0,840$$

3) Menghitung *API*

**Shell (Solar)**

$$\text{API} = \frac{141,5}{Sg_{60/60^\circ F}} - 131,5$$

$$= \frac{141,5}{0,848} - 131,5$$

$$= 35,319$$

**Tube (Crude Oil)**

$$\text{API} = \frac{141,5}{Sg_{60/60^\circ F}} - 131,5$$

$$= \frac{141,5}{0,840} - 131,5$$

$$= 36,835$$

4) Menghitung Heat Transfer

**Shell (Solar)**

$$T1 = 159,6 \text{ } ^\circ\text{C} = 319,28 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T2 = 101,9 \text{ } ^\circ\text{C} = 215,42 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_{avg} = \frac{T1+T2}{2} = \frac{319,28+215,42}{2} = 267,35 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Cp = 0,56 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \dots\dots\dots(\text{Kern, Fig 14})$$

$$\Delta T = T1 - T2 = 319,28 - 215,42$$

$$\Delta T = 103,86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Qs = W \times Cp \times \Delta T$$

$$Qs = 12817,851 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times 0,56 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\times 103,86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= 745506,743 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$$

**Tube (Crude Oil)**

$$T1 = 32 \text{ } ^\circ\text{C} = 89,6 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T2 = 69,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 157,1 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_{avg} = \frac{T1+T2}{2} = \frac{89,6+157,1}{2} = 123,35 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Cp = 0,48 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \dots\dots\dots(\text{Kern, Fig 14})$$

$$\Delta T = T2 - T1 = 157,1 - 89,6$$

$$\Delta T = 67,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Qt = W \times Cp \times \Delta T$$

$$Qt = 24103,113 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \times 0,48 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$\times 67,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$= 780940,852 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$$

5) Menghitung Heat Balance

$$Q = Qt - Qs$$

$$Q = 780940,852 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}} - 745506,743$$

$$\frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$$

$$Q = 35434,109 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$$

6) Menghitung Heat Loss

$$Q_{loss} = \left(1 - \frac{Q}{Qs}\right) \times 100\%$$

$$Q_{loss} = \left(1 - \frac{35434,109 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}}{745506,743 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}}\right) \times 100\%$$

$$Q_{loss} = 4,753\%$$

7) Menghitung Efisiensi

$$\eta = \frac{Qs}{Qt} = \frac{745506,743 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}}{780940,852 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}} \times 100\%$$

$$\eta = 94,463\%$$

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

HE-002 pada proses *Crude Distillation Unit* (CDU) unit Kilang di PPSDM Migas adalah alat penukar panas berjenis *shell and tube* dengan lebih dari 2 *tube pass*, dengan fluida dingin berupa *crude oil* dialirkan dalam *tube* dan fluida panas berupa solar dialirkan melalui *shell*. Unit HE-002 merupakan satu dari lima unit *heat exchanger* yang digunakan untuk pemanasan awal *crude oil* sebelum nantinya dipanaskan dalam *furnace* dan diproses lebih lanjut dalam *vaporizer* dan menara fraksinasi.

Suhu *crude oil* masuk dalam *tube* sebesar 32<sup>o</sup>C dan keluar pada suhu 69.5<sup>o</sup>C, sedangkan solar pada *shell* masuk dengan suhu 159.6<sup>o</sup>C dan keluar pada suhu 101.9<sup>o</sup>C, dari data lapangan didapatkan bahwa pada suhu yang lebih rendah maka densitas fluida juga rendah. Sehingga hubungan antara suhu dengan densitas di dalam *shell and tube* adalah berbanding lurus.

Berdasarkan hasil perhitungan panas yang diterima *crude oil* adalah 780940,852  $\frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$  dan panas yang dilepas solar adalah 745506,743  $\frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$ . Panas yang diterima *crude oil* lebih besar dibandingkan dengan panas yang dilepas solar. Hal tersebut dipengaruhi oleh laju alir *crude oil* yang lebih besar jika dibandingkan dengan laju alir solar, sehingga menyebabkan *heat transfer* pada *crude oil* lebih besar. Dapat disimpulkan jika semakin besar laju alir fluida maka *heat transfer* akan semakin besar dan sebaliknya. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh *heat balance* sebesar 35434,109  $\frac{\text{Btu}}{\text{jam}}$ .

*Crude oil* tidak dapat menerima semua panas yang dilepas oleh solar, hal ini disebabkan oleh panas yang dilepas ke lingkungan. Pada HE-002 persentase *heat loss* yang terjadi sebesar 4,753%.

Efisiensi *heat exchanger* dikatakan baik ketika *heat transfer* mendekati sempurna, dimana kalor yang dilepas dan diterima nilainya sama. Namun, *heat loss* tidak dapat dihindari dalam sebuah proses pemanasan, sehingga performa alat dapat dikatakan baik ketika panas yang hilang ke lingkungan masih mampu ditoleransi dan tidak membebani proses produksi. Efisiensi HE-002 didapatkan sebesar 94,463% nilai tersebut tergolong tinggi karena didukung dengan perawatan dan pengoprasian yang baik, sehingga faktor-faktor yang dapat menyebabkan penurunan performa *heat exchanger* dapat dihindari. Kemampuan perpindahan panas antara fluida pada *heat exchanger* semakin baik jika efisiensi besar dan persentase *heat loss* kecil.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi perpindahan panas HE-002 sebesar 94,463% dengan *heat loss* sebesar 4,753%. Efisiensi perpindahan panas antara fluida pada *heat exchanger* semakin baik jika besar panas yang dilepas solar mendekati dan atau sama dengan besar panas yang diterima *crude oil*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y.A. (2002). *Heat Transfer A Practical Approach* (2nd Edition). McGraw-Hill, New York.
- Kern, D.Q. (1983). *Process Heat Transfer*. McGraw Hill International Book Company, Japan.
- Priandoko, B. (2021). Strategi Penentuan Potensi Penghematan Energi Unit Heat Exchanger Kilang PPSDM Migas Menggunakan Analisis Metoda Pinch. *MigasZoom*, 3(1).
- Risdiyanta, R. (2015). Mengenal Kilang Pengolahan Minyak Bumi (Refinery) di Indonesia. *Swara Patra*, 5(4).
- Setyoko, B. (2008). Evaluasi Kinerja Heat Exchanger dengan Metode Fouling F. *Teknik*, 29(2), 148-153.