

Evaluasi Kinerja *Heat Exchanger* 05 (HE-05) Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu (PPSDM MIGAS Cepu)

Paliya Nurhasanah¹, Dwita Cahaya Pratiwi¹

¹Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

INFORMASI NASKAH

Diterima : 31 Maret 2022
Direvisi : 16 Oktober 2022
Disetujui : 16 Oktober 2022
Terbit : 19 Oktober 2022

Email korespondensi:
aliyanurhsn15@gmail.com

Laman daring:
[https://doi.org/10.37525/
sp/2022-01/340](https://doi.org/10.37525/sp/2022-01/340)

ABSTRAK

Heat exchanger merupakan salah satu unit penting diproses pengolahan minyak bumi yang berperan sebagai alat penukar panas antar fluida melalui media padat. Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu (PPSDM Migas Cepu) sendiri memiliki lima *heat exchanger* dengan detail tiga (HE-01 dan HE-02) yang tersusun secara horizontal dan dua secara vertikal (HE-03, HE-04, dan HE-05). Kelima HE tersebut memiliki jenis *shell and tube* dan fungsi yang sama, yaitu sebagai *preheater* dengan memanfaatkan panas dari unit distilasi sebelum *crude oil* memasuki *furnance*. Selain pemanfaatan tersebut, *preheater* pada HE juga dapat mengurangi biaya utilitas berupa pemakaian *heater* dalam proses produksinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati kinerja HE-05 di PPSDM Migas Cepu dan mengetahui kondisi apakah HE-05 masih tergolong optimal untuk beroperasi. Pengamatan dilakukan menggunakan metode pendekatan kuantitatif melalui perhitungan efisiensi transfer panas. Hasil perhitungan efisiensi HE-05 dari kapasitas panas fluida residu 85.753 liter/hari dan fluida *crude oil* 319.853 liter/hari ialah sebesar 82,52%. Efisiensi tersebut menandakan bahwa transfer panas pada *heat exchanger* 05 masih optimal untuk beroperasi karena masih di atas 80%.

Kata Kunci: *Efisiensi, heat exchanger, PPSDM Migas Cepu*



PENDAHULUAN

Konsumsi masyarakat Indonesia atas bahan bakar minyak (BBM) kian meningkat dengan kembalinya *New Normal* dimasa pandemi Covid-19. Data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menunjukkan bahwa pada September 2021 konsumsi BBM mencapai hingga 48,56 juta kiloliter. Kebutuhan yang meningkat harus seimbang dengan banyaknya produksi agar kebutuhan tetap terpenuhi. PPSDM Migas Cepu merupakan salah satu unit yang bertanggung jawab atas pemenuhan kebutuhan tersebut melalui pengolahan minyak bumi dari PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu dengan kapasitas terpasang sebesar 3800 barrel per hari. *Crude oil* diproses melalui unit Distilasi Atmosferik atau *Crude Distillation Atmospheric* (CDU) dengan produk berupa pertasol CA, pertasol CB, pertasol CC, solar, dan residu. Sarana pada unit kilang tersebut satu di antaranya ialah *heat exchanger*. Kegunaan *heat exchanger* pada unit proses ditilasi ini sebagai unit transfer panas antar fluida yang mengalami kontak melalui media padat. Terdapat 5 unit HE pada kilang yang memanfaatkan kembali panas dari unit CDU untuk menaikkan suhu dari minyak bumi dengan tujuan mengurangi kebutuhan akan pemanas sehingga biaya produksi lebih murah. Jenis dari *heat exchanger* yang digunakan pada kilang PPSDM Migas Cepu adalah jenis *shell and tube*.

Sebagaimana yang diketahui pada suatu industri proses, alat merupakan hal terpenting yang harus diperhatikan agar produk yang dihasilkan tetap sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi dari *heat exchanger 05* yang ada di PPSDM Migas Cepu pada bulan Maret 2022 melalui evaluasi kinerja yang dapat terukur melalui besarnya efisiensi transfer panas. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif melalui perhitungan data lapangan yang telah didapatkan.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Prinsip Kerja Heat Exchanger Tipe *Shell and Tube*

Perpindahan panas dengan menggunakan *heat exchanger* memiliki prinsip dasar perpindahan mekanisme umum yaitu: konduksi dan konveksi, dimana prinsip kerja pada *heat exchanger shell and tube* yaitu fluida panas dalam *feed tank* dan fluida yang akan dipanaskan dialirkan secara bersamaan dengan arah fluida panas masuk kedalam tube sedang kan fluida yang akan dipanaskan masuk edalam shell sehingga panas dari fluida dengan tempratur yang tinggi dapat berpindah ke fluida dengan tempratur yang lebih rendah. *Heat exchanger* ini dapat berfungsi sesuai kebutuhan yaitu sebagai pendingin atau pemanas (Bichkar et al., 2018).

B. Faktor faktor yang Menentukan Efisiensi Kinerja Heat Exchanger

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efisiesi kinerja dari *heat exchanger* yang dapat terlihat dari hasil evaluasi di antara sekian banyak pengaruh dikelompokkan lagi menjadi empat 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 dapat 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 (Bichkar et al, 2018; Abd et al, 2018)

2. *Logaritmic Mean Temperature Design* (LMTD)

Logaritmic 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 (Azwinur, 2019). 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 Rd perhitungan lebih besar dari Rd minimum (0,005 hr.ft³/btu) dapat dikatakan tahanan heat exchanger terhadap pengotor adalah baik. Nilai Rd yang dibawah batas minimum dapat menyebabkan resistensi tambahan terhadap transfer energi (Abd et al, 2018). Nilai Rd dapat ditingkatkan dengan membersihkannya heat exchanger dari pengotor atau pengeraknya secara rutin.

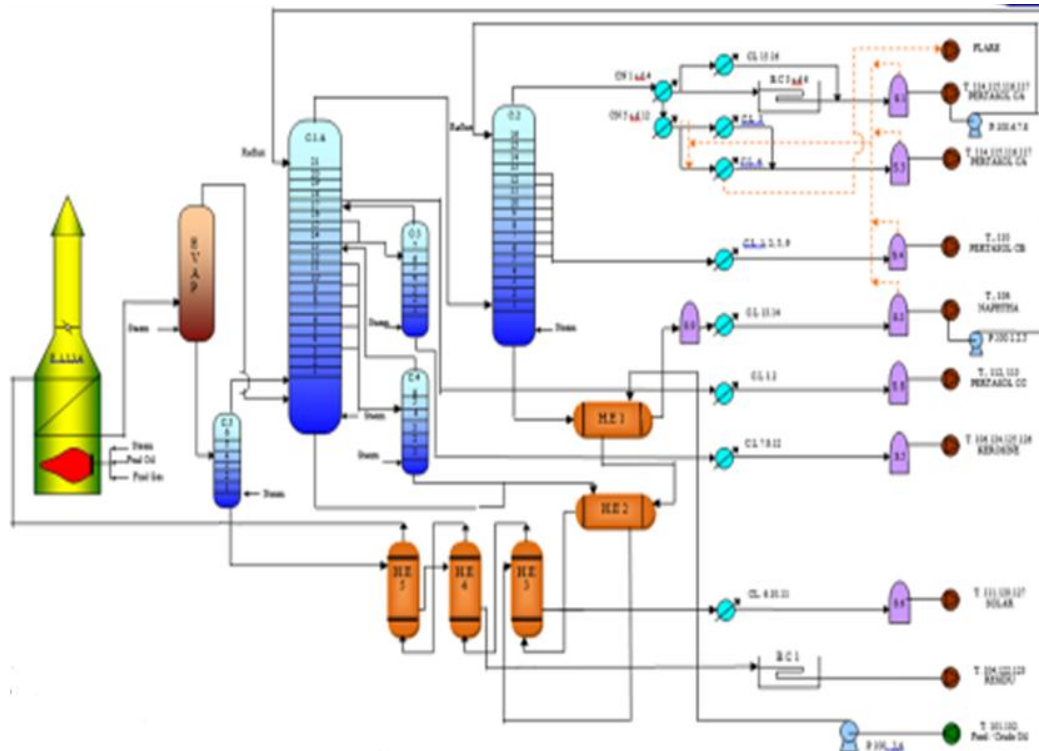
4. Persentase Efisiensi *Heat Exchanger* di Lapangan

Efisiensi 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 mendapatkan efisiensi maksimum (Coniwanti dkk, 2019).

$$\eta = \frac{qtube}{qshell} \cdot 100\%$$

C. Gambaran Alur Heat Exchanger 05 pada Kilang PPSDM MiGas Cepu

Letak HE-05 dalam proses pengolahan minyak mentah di kilang PPSDM Migas Cepu berada pada proses distilasi atmosferik di dalam langkah pemanasan awal dimana umpan berupa *crude oil* dari T.101 atau T.102 dengan menggunakan Pompa Sentrifugal P.100/3 atau P.100/4 dipompakan menuju alat penukar panas (*Heat Exchanger*) yang terdapat lima buah *exchanger* yaitu HE-1, HE-2 (horisontal), HE-03 HE-04 dan HE-05 (vertikal). Untuk mendapatkan pemanasan awal, minyak mentah mengalir pada *shell* dari HE-01 dengan media pemanas *naptha*, pada HE-02 atau HE-03 minyak mentah mengalir melalui *tube* yang mendapat pemanasan dari media pemanas produk solar yang diproduksi dari *bottom* C4 (*solar stripper*). Sedangkan pemanasan pada HE-04 dan HE-05 menggunakan media pemanas produk residu yang diproduksi dari *bottom* C5. Semua media pemanas mengalir pada *shell* HE tersebut. (Modul PPSDM Migas Cepu)



Gambar 1. Rangkaian Heat Exchanger di PPSDM Migas Cepu

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data di lapangan dan mengolah data melalui perhitungan. Langkah penelitian diawali dengan studi tinjauan pustaka mengenai *heat exchanger* dari berbagai sumber di buku, jurnal, dan lain-lain. Langkah selanjutnya yaitu pengambilan data yang dibutuhkan untuk perhitungan evaluasi *heat exchanger* pada kilang di PPSDM berupa suhu masuk dan keluar pada *tube* dan *shell*, kapasitas produksi, massa jenis, *specific gravitiy*, dan ukuran dari pipa yang digunakan. Data berupa suhu masuk dan keluar pada *tube* dan *shell*, kapasitas produksi, *specific gravitiy* diambil selama lima hari dari tanggal 1-5 Maret 2022, sehingga perhitungan menggunakan data rata-ratanya. Berikut merupakan data yang didapatkan dari lapangan:

Table 1. Data HE-05 PPSDM Cepu

No	Tanggal	Kapasitas produksi (L/d)	Residu (L/d)	HE 5 (°C)			
				In Crude	Out Crude	In Residu	Out Residu
1	3/1/2022	329,924	84,717	108	135	278	185
2	3/2/2022	320,316	100,378	115	143	285	192
3	3/3/2022	301,370	82,791	107	130	272	185
4	3/4/2022	346,173	84,637	121	146	279	172
5	3/5/2022	301,484	76,154	103	125	265	178
Average		319,853	85,735	110.8	135.8	275.8	182.4
		319.853	85.735	231.44	276.44	528.44	360.32



Table 2. Data *Specific Gravity* dan Massa Jenis *Crude Oil* dan Residu pada HE-05 PPSDM Cepu

No	Tanggal	Crude		Residu			
		SG/Temp	Hasil	SG/Temp	Hasil	FP	PP
1	3/1/2022	827/31	0.8385	867/75	0.9037	46	15
2	3/2/2022	827/31	0.8385	873/63	0.9056	65	45
3	3/3/2022	827/31	0.8385	873/63	0.9056	63	42
4	3/4/2022	828/30	0.8387	867/73	0.9064	60	42
5	3/5/2022	832/32	0.8441	880/61	0.9112	64	42
Average		828.2	0.83966	870.8	0.9065	59.6	37.2
		0.8282	839.66	0.8708	906.5		

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Fungsi HE yang dianalisis dalam penelitian ini adalah HE yang digunakan untuk memanaskan minyak mentah sebelum dipanaskan dalam *furnace*, pemanas yang digunakan dalam HE-04 dan HE-05 berasal dari residu panas. *Heat Exchanger -05* yang termasuk jenis *Shell and Tube* yang disusun secara seri dimana *shell* dilalui oleh fluida panas yaitu residu sedangkan *tube* dilalui oleh fluida dingin yaitu *crude oil*. Dalam *heat exchanger-05* ini terjadi transfer panas dari fluida panas yaitu residu ke fluida dingin yaitu *crude oil* sebagai umpan. *Heat Exchanger-05* digunakan sebagai pemanas pendahuluan sebelum *crude oil* masuk kedalam *furnace*. *Heat Exchanger-05* ini juga berfungsi untuk menurunkan temperatur dari residu sebelum masuki *cooler*. Untuk mengetahui seberapa besar penurunan kemampuan dari *heat exchanger-05* tersebut, maka perlu dilakukan analisa dengan perhitungan yang akan dibahas dalam bab ini. Berdasarkan pada pertimbangan di atas, maka diperlukan proses perawatan terhadap HE-05 untuk meningkatkan efisiensinya dan mengevaluasi unjuk kerja alat penukar panas ini secara periodik. Dengan parameter nilai presentase perhitungan efisiensi HE yang membandingkan hasil panas yang dapat terserap oleh *tube* dengan panas keseluruhan yang ditransfer dari *shell* didapatkan hasil perhitungan sebagaimana berikut:

1. Menghitung Kecepatan Aliran (Ws)	1. Menghitung Kecepatan Aliran (Wt)
$Ws = V_{residu} \cdot \rho_s$ $Ws = \left[\frac{85,753 \text{ m}^3}{\text{hari}} \right] \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right] \left[\frac{2,20462 \text{ lb}}{\text{kg}} \right] \left[\frac{906,5 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right]$ $Ws = 7140,68 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$	$Wt = V_{crude \text{ oil}} \cdot \rho_t$ $Wt = \left[\frac{319,853 \text{ m}^3}{\text{hari}} \right] \left[\frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \right] \left[\frac{2,20462 \text{ lb}}{\text{kg}} \right] \left[\frac{839,66 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right]$ $Wt = 24670,41 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$
2. Menghitung SG Residu	2. Menghitung SG Crude Oil
$SG \text{ Residu} = \frac{\rho_s}{\rho_{air}} = \left[\frac{906,5 \text{ kg/m}^3}{999,079 \text{ kg/m}^3} \right] = 0.90734$	$SG \text{ Crude Oil} = \frac{\rho_t}{\rho_{air}} = \left[\frac{839,66 \text{ kg/m}^3}{999,079 \text{ kg/m}^3} \right] = 0.84043$
3. Menghitung Suhu Rata-Rata (Tav)	3. Menghitung Suhu Rata-Rata (tav)
$T_{av} = \frac{T_1 + T_2}{2}$ $T_{av} = \frac{528,44^\circ\text{F} + 360,32^\circ\text{F}}{2} = 444,38^\circ\text{F}$	$t_{av} = \frac{t_1 + t_2}{2}$ $T_{av} = \frac{213,44^\circ\text{F} + 276,44^\circ\text{F}}{2} = 253,94^\circ\text{F}$
$^\circ API = \frac{141,5}{SG_{residu}} - 131,5 = 24,45$ <p>Berdasarkan fig.4 buku Kern, diperoleh Cp = 0.650 btu/lb°F</p>	$^\circ API = \frac{141,5}{SG_{crude}} - 131,5 = 36,86$ <p>Berdasarkan fig.4 buku Kern, diperoleh Cp = 0.580 btu/lb°F</p>
4. Menghitung Panas yang Dibutuhkan (qs)	4. Menghitung Panas yang Diserap (qt)
$q_s = W_s \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)$ $q_s = \frac{7140,68 \text{ lb}}{\text{jam}} \cdot \frac{0,650 \text{ btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \cdot (528,44 - 360,32)^\circ\text{F}$ $q_s = 780319,3385 \text{ btu/jam}$	$q_t = W_t \cdot C_p \cdot (t_2 - t_1)$ $q_s = 24670,41 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} \cdot \frac{0,580 \text{ btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \cdot (276,44 - 213,44)^\circ\text{F}$ $q_s = 643897,7413 \text{ btu/jam}$
5. Menghitung Efisiensi HE-05	
$\eta = \frac{q_t}{q_s} \cdot 100\% = \frac{643897,7413 \text{ btu/jam}}{780319,3385 \text{ btu/jam}} \cdot 100\% = 82,52\%$	



Perpindahan panas yang terjadi dalam *heat exchanger* adalah kombinasi dari proses konduksi dan konveksi, dimana konduksi terjadi ketika panas dari fluida (*residu shell*) mentransfer panas ke dinding luar *tube*, dari dinding luar ke dinding dalam *tube*, dan dari dinding dalam *tube* ke *crude oil*. Sedangkan konveksi terjadi saat panas dari fluida yang terserap panas *tube* tersebar ke fluida daerah lainnya. Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa panas yang terserap oleh *tube* sebesar 643897,7413 btu/jam dari jumlah panas yang dapat ditransfer oleh *shell* sebanyak 780319,3385 btu/jam. Selisih panas sebesar 136421,5972 btu/jam menunjukkan bahwa transfer panas tidak akan mencapai 100% dikarenakan akan selalu ada panas yang terlepas ke lingkungan. Dengan demikian, besarnya persentase panas yang dapat diserap oleh HE-05 pada PPSDM Migas Cepu pada tanggal 1-5 Maret 2022 adalah 82,52%. Nilai tersebut menunjukkan efisiensi kerja pada HE-05 masih tergolong baik sebagaimana Coniwati dkk. (2019) mengatakan bahwa suatu alat masih optimal untuk bekerja jika memiliki efisiensi mencapai 80%. Efisiensi pada HE-05 di PPSDM Migas Cepu jika dilihat dari data di atas dapat ditingkatkan dengan memanipulasi kecepatan alir fluida yang akan dimasukkan. Selain itu, pembersihan alat *heat exchanger* secara berkala juga dapat menjaga kinerja alat agar tetap optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan hasil perhitungan efisiensi dari *Heat Exchanger-05* HE-05 dari kapasitas panas fluida residu 85.753 liter/hari dan fluida crude oil 319.853 liter/hari adalah sebesar 82,52%. Persentase efisiensi tersebut menandakan bahwa transfer panas pada *heat exchanger* 05 masih optimal untuk beroperasi karena masih di atas 80%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ammar Ali Abd, Mohammed Qasim Kareem, Samah Zaki Naji. (2018). Performance analysis of shell and tube heat exchanger: Parametric Study. *Elsevier*, 563-568.
- Azwinur dan Zulkifli. (2019). KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH BAFFLE PADA ALAT PENUKAR PANAS ALIRAN SEARAH DALAM UPAYA OPTIMASI SISTEM PENDINGIN. *SINTEK: JURNAL MESIN TEKNOLOGI*, 8-14.
- 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.
- PPSDM MiGas Cepu. (2022, April). *Profil Kilang*. Retrieved March 22, 2022, from ppsdmmigas.esdm.go.id: <https://ppsdmmigas.esdm.go.id/pkl/Index/profilekilang>
- 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.

