



# Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal

e-ISSN: 2621-5586

Volume 4, Nomor 1, Maret 2022

Doi: <http://dx.doi.org/10.36441/seoi.v4i0.xxx>

## EVALUASI FOULING FACTOR PADA HEAT EXCHANGER DALAM PROSES PENGOLAHAN MINYAK GAS DAN BUMI

### *EVALUATION OF FOULING FACTOR ON HEAT EXCHANGER IN OIL GAS AND NATURAL OIL PROCESSING*

Abdul Halim<sup>1\*</sup>, Alif Gita Arumsari<sup>1</sup>, Endang Ayu Sulistianingrum<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Progam Studi Teknik Kimia Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal, Jakarta Barat

\*E-mail Korespondensi: [halim.abe@gmail.com](mailto:halim.abe@gmail.com)

Diterima: 20 Maret 2022

Disetujui: 29 Maret 2022

#### **ABSTRACT**

*Advances in science and technology of human civilization have encouraged industry in Indonesia to develop more and more advanced from simple technology to advanced technology. Chemical industrial technology is the use of engineering science that studies the processing of raw goods into more useful and economical goods which involve chemical reactions in the process. One of them is the technology to evaluate the Heat Exchanger in the Chemical Industry, especially in the Oil and Gas Industry, Evaluation of the Heat Exchanger-05 to determine the fouling factor in the oil processing process so that if you know the fouling factor, the Heat Exchanger will be able to know what maintenance needs to be applied. equipment or not. Observing the process of making crude oil into products, diesel, residue and pertasol. From the calculation results, it is stated that the ratio of actual  $R_d$  and theoretical  $R_d$  is greater than the actual  $R_d$  than the theoretical  $R_d$ . The actual  $R_d$  is 0.02318648 The actual  $R_d$  value that can be obtained indicates that there is a buildup of fouling (crust) on the HE-05. The buildup of fouling can inhibit the rate of heat transfer between the residue and crude oil. In addition, this buildup of fouling can produce a hot spot area which can result in leaks in the heat exchanger. the heat given to the residue is 1919948,193 Btu/hour while the heat received by crude oil is 1682707,817 so it can be interpreted that not all the heat given by the residue is received by the crude oil. There is heat wasted by 14%. because it is necessary to add an insulator so that the HE performance is more efficient.*

**Keywords:** Heat Exchanger, Fouling Factor, Oil, Gas, Chemical Industry

#### **ABSTRAK**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi peradaban manusia telah mendorong industri di Indonesia untuk berkembang semakin maju dari teknologi yang sederhana sampai teknologi canggih. Teknologi industri kimia adalah penggunaan ilmu teknik yang mempelajari tentang pemrosesan barang mentah menjadi barang yang lebih berguna dan bernilai ekonomis yang mana dalam proses tersebut melibatkan reaksi kimia. Salah satunya adalah teknologi untuk mengevaluasi alat Heat Exchanger dalam Industri Kimia, khususnya dalam Industri Minyak dan Gas, Evaluasi Heat Exchanger-05 untuk mengetahui factor fouling pada proses pengolahan minyak sehingga jika mengetahui factor fouling-nya, Heat Exchanger akan dapat diketahui apa perlu diberlakukan

*How to cite this article:*

Halim,A, Arumsari, AG, Sulistianingrum,EA. (2022). Evaluasi Fouling Factor Pada Heat Exchanger Dalam Proses Pengolahan Minyak Gas Dan Bumi. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 4(1), 100-109. Doi: <https://doi.org/10.36441/seoi.v4i1.1095>

perawatan peralatan atau tidak. Mengamati proses pembuatan minyak mentah (crude oil) menjadi produk, solar, residu dan pertasol. Dari hasil perhitungan menyatakan bahwa perbandingan  $R_d$  actual dan  $R_d$  teoritis lebih besar  $R_d$  actualnya dari pada  $R_d$  teoritis.  $R_d$  actual sebesar 0,02318648 Nilai  $R_d$  actual yang di dapat menandakan bahwa terdapat penumpukan fouling (kerak) pada HE-05. Penumpukan fouling dapat menghambat laju perpindahan panas antara residu dengan crude oil. Selain itu penumpukan fouling ini dapat menghasilkan hot spot area yang dapat mengakibatkan kebocoran pada Heat exchanger. panas yang di berikan residu sebesar 1919948,193 Btu/jam sedangkan panas yang diterima crude oil sebesar 1682707,817 sehingga dapat diartikan bahwa tidak semua panas yang diberikan residu diterima oleh crude oil. Terdapat panas yang terbangun sebesar 14% . oleh karena di perlukan penambahan isolator agar kinerja HE lebih efisien.

**Kata kunci:** Heat Exchanger, Fouling Factor, Minyak, Gas, Industri Kimia

## PENDAHULUAN

Alat penukar panas (Heat Exchanger) adalah suatu alat yang di gunakan untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Dimana fluida panas yang akan di dinginkan dengan fluida dingin yang akan di panaskan. Alat penukar panas bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya medium pemanas yang dipakai adalah uap panas lanjut (superheated steam) dan air sebagai air pendingin (cooling water). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Alat penukar panas cangkang dan buluh terdiri atas suatu bundle pipa yang di hubungkan secara parallel dan ditempatkan dalam sebuah pipa mantel (cangkang). Fluida yang satu mengalir di dalam bundle pipa, sedangkan fluida yang lain mengalir di luar pipa pada arah yang sama, berlawanan, atau bersilangan. Kedua ujung pipa tersebut dilas pada penunjang pipa yang menempel pada mantel. Untuk meningkatkan efesiensi pertukaran panas, biasanya pada alat penukar panas cangkang dan buluh di pasang sekat (baffle). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal (residence time), namun pemasangan sekat akan memperbesar pressure drop operasi dan menambah beban kerja pompa, sehingga laju alir fluida yang dipertukarkan panasnya diatur.



**Gambar 1. Heat Exchanger**

Komponen Utama Heat Exchanger Shell and Tube Exchanger yaitu alat penukar panas yang terdiri dari sejumlah shell yang berbentuk silinder. Pada ujung tube terpasang tube sheet yang berguna untuk memisahkan aliran fluida dalam shell and tube. Baffle di pasang di dalam shell untuk mengatur aliran fluida dalam shell dan untuk memasang tube. Tujuan pengaturan fluida dalam shell dan tube adalah untuk memperoleh efesiensi yang

tinggi dan kemudahan bahan pemeliharaan. Kemampuan transfernya dapat lebih besar dan dapat digunakan untuk bermacam jenis fluida.

Beberapa pertimbangan untuk menentukan jenis fluida yang dilewatkan dalam tube and shell antara lain: a. Tube seperti Jenis zat alir yang kotor di lewatkan tube karena mudah dibersihkan, Zat alir bertekanan tinggi, suhu tinggi, korosif dan air di lewatkan tube karena ketahanan korosi dan kekuatan dari diameter tube yang kecil melebihi shell. , bila mengalami kerusakan lebih mudah dan murah dari pada shell. b. Shell seperti Zat alir yang membawa cake atau reruntuhan yang akan terkumpul di shell yang dapat dihilangkan melalui pembuangan pada shell, Zat alir yang mempunyai volume kecil juga dapat dilewatkan shell karena dapat di pasang baffle, Bila di inginkan pressure drop yang rendah

Shell and tube Heat Exchanger terdiri dari beberapa bagian dan dengan fungsinya masing –masing diantaranya: 1. Shell and Shell Cover Shell berfungsi untuk mendapatkan ruangan shell side dan menahan tekanan kerja fluida yang mengalir di dalamnya. 2. Channel dan Channel cover Biasanya pembuatannya menggunakan plat yang di roll ujung-ujungnya dilas dengan pengelasan tembusan penuh, di dalam channel terdapat pass partition yang berfungsi untuk membagi aliran. Sedangkan channel cover adalah penutup dari channel. 3. Tube sheet Tube sheet merupakan tempat disatukannya tube-tube pada bagian ujungnya. Tube sheet dibuat tabel dan harus terpasang tanpa bocor pada tube sheet ini. Terdapat dua jenis tube sheet yaitu: fixed tube sheet dan floating tube sheet. Tube berfungsi untuk pembatas sekaligus penghantar panas dalam Heat Exchanger.

Macam- macam tube yang banyak di gunakan dalam industry pengolahan minyak dan gas adalah tube polos dan tube bership. Tube yang dipasang pada tube sheet mempunyai susunan tertentu, antara lain: a. Triangular pitch b. Rotated triangular pitch c. Square pitch d. Rotated square pitch (diamond rotated pitch) Pola staggered dan pola rotated square memberikan tingkat perpindahan panas yang lebih tinggi, tetapi dengan penurunan tekanan yang lebih tinggi dari pada square pattern (pola persegi). Pola persegi (square) atau pola persegi putar (rotated square), digunakan untuk cairan fluida yang berat , dimana perlu mekanisme pembersihan di bagian luar pipa. Jarak antar pipa (pitch) yang di sarankan bervariasi mulai dari 1,25 kali diameter luar pipa hingga 3 kali diameter luar pipa. Pemilihan jarak pipa biasanya memperhitungkan penggunaan penukar panas dan penurunan tekanan maksimum yang di ijinakan. 4. Baffle plate Berfungsi untuk menjaga tube , menjaga jarak antara masing-masing tube, menahan getaran yang di timbulkan oleh aliran fluida. Disamping itu untuk mengatur arah aliran fluida pada shell side. Ada beberapa macam baffle yang digunakan, diantaranya: seg mental buffle, disc and doughnut buffle, orifice dan longitudinal buffle. 5. Tie and roar spancer Tie and roar spancer di pergunakan untuk mengikat system baffle menjadi satu dan tetap pada posisinya.

Fungsi tie and roar spancer pada umumnya adalah : a. Mempertahankan jarak antara kedua tube sheet b. Mempertahankan jarak antara baffle plate c. Menjaga dan mempertahankan sambungan tube, agar tidak mengalami perubahan bentuk sewaktu diadakan pengangkatan atau pengeluaran tube bundle untuk perbaikan. 6. Nozzle Berfungsi sebagai koneksi aliran masuk dan aliran keluar pada shell dan tube, nozzle pada shell disebut shell nozzle dan nozzle pada channel di sebut channel nozzle 7. Gasket Berfungsi untuk merapatkan antara dua sambungan, agar tidak terjadi kebocoran. 8. Baut dan Mur Berfungsi sebagai alat pengikat sambungan-sambungan atau sebagai alat penyambung penukar panas dengan system lainnya.

Penentuan Fluida dalam Shell atau tube: 1. Fluida bertekanan tinggi dialirkan didalam tube karena tube standard cukup kuat menahan tekanan tinggi 2. Fluida berpotensi fouling

dialirkan di dalam tube 3. Fluida korosif dialirkan di dalam tube karena pengaliran di dalam shell membutuhkan bahan konstruksi yang mahal yang lebih banyak. 4. Fluida bertemperatur tinggi dan diinginkan untuk memanfaatkan panasnya dialirkan di dalam tube karena dengan ini kehilangan panas dapat dihindarkan 5. Fluida dengan viscositas yang lebih rendah dialirkan di dalam tube karena pengaliran fluida dengan viscositas tinggi di dalam penampang alir yang kecil membutuhkan energy yang lebih besar 6. Fluida dengan viscositas tinggi ditempatkan di shell karena dapat di gunakan baffle untuk menambak laju perpindahan 7. Fluida dengan laju alir rendah di alirkan di dalam tube. Diameter tube yang kecil menyebabkan kecepatan linear fluida (velocity) masih cukup tinggi, sehingga menghambat fouling dan mempercepat perpindahan panas. 8. Fluida yang mempunyai volume besar di lewatkan melalui tube, karena adanya cukup ruangan.

Keuntungan shell & Tube Heat Exchanger 1. Memiliki permukaan perpindahan panas persatuan volume yang lebih besar 2. Mempunyai susunan mekanik yang baik dengan bentuk yang cukup baik untuk operasi bertekanan 3. Tersedia dalam berbagai bahan konstruksi 4. Prosedur pengoperasian lebih mudah 5. Metode perancangan yang lebih baik telah tersedia Heat Exchanger Adalah alat untuk memanaskan crude oil dengan memanfaatkan panas produk yang dihasilkan kilang. HE ini berfungsi sebagai pemanas awal (preheater) crude oil untuk tujuan efisiensi panas.

## METODE

HE yang digunakan adalah dari jenis Shell dan Tube Heat Exchanger. Tujuan pemanasan adalah : • Meringankan beban furnace pada proses pengolahan. • Menghindari pemanasan yang berlebihan ( agar pemanasan tetap stabil ). • Menghemat bahan bakar dengan memanfaatkan panas residu dan solar.

Heat Exchanger yang digunakan pada kilang PPSDM Migas Cepu berjumlah 5 . Type Heat Exchanger merupakan Shell and Tube Heat Exchanger dengan jenis aliran Counter Current Flow yang berfungsi: 1. Mendinginkan produk dari kilang (solar dan residu) 2. Memberikan pemanasan awal pada minyak mentah (crude oil) 3. Mengurangi beban pemanasan pada furnace 4. Menghemat Energi Di PPSDM Migas Heat Exchanger tersebut solar pada HE-02 dan HE-03, residu untuk HE-04 dan HE-05, sedangkan untuk disusun secara seri dimana shell di lalui fluida panas naptha pada HE-01, tube Heat Exchanger di lalui fluida crude oil. Di dalam Heat Exchanger terjadi transfer panas antara fluida panas dengan fluida dingin. Fungsi dari Heat Exchanger itu sendiri adalah untuk menurunkan temperatur dari fluida panas berupa (naptha, solar dan residu) sebelum di masukkan ke dalam cooler.

Dalam kurun waktu tertentu Heat Exchanger akan mengalami penurunan efisiensi ,scale, korosif, bahkan kebocoran, maupun aliran fluida yang menyebabkan friksi terhadap dinding alat. Penurunan efisiensi ini bisa dilihat dari parameter – parameter seperti pressure drop tinggi, serta dirt factor (Rd) melebihi harga yang di ijinakan. Untuk mengetahui seberapa besar penurunan kemampuan heat exchanger tersebut, dilakukan analisa perhitungan yang akan dibahas lebih lanjut.

Pengumpulan Data Pengumpulan data dalam mengevaluasi kinerja HE-05 di unit kilang PPSDM Migas Cepu ini diperoleh dari:

1. Data lapangan • Data temperature inlet dan temperature outlet shell • Data temperature inlet dan temperature outlet tube
2. Control Room • Data kapasitas Crude oil dan bahan bakar residu yang di butuhkan • Data spesifikasi Heat Exchanger
3. Laboratorium PHP • Data densitas Crude Oil dan Residu

Pengolahan Data Untuk mengevaluasi kerja dari kinerja heat exchanger, maka langkah – langkah yang digunakan Parameter-parameter yang digunakan untuk menyelesaikan masalah ini adalah : Heat Balance, Bila panas yang diterima fluida kecil dari panas yang dilepaskan fluida panas berarti panas yang hilang besar dan ini mengurangi performance suatu Heat Exchanger.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan

<b>Q Residu (Btu/jam)</b>	1919948,193
<b>Q Crude Oil (Btu/jam)</b>	1682707,817
<b>Uc (Btu/jam ft<sup>2</sup>°F)</b>	1,929735904
<b>Ud (Btu/jam ft<sup>2</sup>°F)</b>	1,847090104
<b>Rd</b>	0,02318648
<b>ΔPs (Psi)</b>	0,016310075
<b>ΔPT (Psi)</b>	0,01309221

Umpan berupa crude oil dari T.101 atau 102 dengan menggunakan pompa Sentrifugal P.100/3 atau P.100/4 di pompakan menuju alat penukar panas (Heat Exchanger). Di unit kilang terdapat lima buah Heat Exchanger yaitu HE01 dan HE-02 (horizontal), HE-03, HE-04 dan HE-05 (vertical). Untuk pemanasan awal, crude oil mengalir pada tube dengan suhu kamar 32 oC dari HE-01 dengan fluida panasnya naphta masuk pada suhu 250 oC dan keluar 110 oC, selanjutnya crude oil keluar dengan suhu 80 oC dan menuju HE-02 dan HE03 menggunakan fluida panas solar dengan suhu 265 oC dan keluar suhu 98 oC yang di produksi dari bottom C4 (solar stripper) dan suhu keluar crude oil, sebesar 96 oC. Sedangkan fluida panas residu di produksi dari bottom C5 masuk ke HE-05 dengan suhu masuk crude oil 96 oC dan keluar 129 oC. Untuk suhu residu yang masuk sebesar 270 oC dan keluar dengan suhu 126 oC. Semua fluida panas mengalir dari HE dibagian shellnya.

Alat penukar panas Heat Exchanger akan mampu di nilai berfungsi jika memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

Mampu memindahkan panas sesuai dengan kebutuhan proses operasi dalam keadaan kotor (fouling factor =Rd). Rd adalah gabungan maksimum terhadap perpindahan panas yang di perlukan oleh kotoran yang menempel pada bagian permukaan dinding shell dan tube (yang apabila tidak dibersihkan setelah maksimum tercapai, panas yang di alih kan menjadi lebih kecil dari yang di perlukan proses/operasi), pada teori Rd yang di izinkan sebesar 0,003 Penurunan tekanan yang terjadi pada masing-masing aliran berbeda dalam batas-batas yang di izinkan ditentukan yaitu:

Untuk aliran uap dan gas : ΔP 0,5 Psi

Untuk aliran fluida : ΔP 10 Psi

Dari hasil perhitungan yang di lakukan, perhitungan perbandingan Rd actual dan Rd teori ternyata Rd actual lebih besar dari pada Rd teori. Dimana untuk Rd actual di dapat sebesar 0,02318648. Nilai Rd actual yang di dapat menandakan bahwa terdapat penumpukan fouling (kerak) pada HE-05 . penumpukan fouling dapat menghambat laju perpindahan panas

antara residu dengan crude oil. Selain itu penumpukan fouling ini dapat menghasilkan hot slot area yang dapat mengakibatkan kebocoran pada Heat exchanger. Nilai Rd aktual HE-05 di sebabkan karena usia HE mungkin sudah lama sehingga dirt factor mengalami akumulasi atau deposit. Untuk itu HE harus dibersihkan dan dilakukan perawatan agar tidak terjadi kebocoran dan produk produk antara residu dan crude oil tidak tercampur.

Dari hasil perhitungan bahwa panas yang di berikan residu sebesar 1919948,193 Btu/jam sedangkan panas yang diterima crude oil sebesar 1682707,817 sehingga dapat diartikan bahwa tidak semua panas yang diberikan residu diterima oleh crude oil. Terdapat panas yang terbuang sebesar 14% . oleh karena di perlukan penambahan isolator agar kinerja HE lebih efisien.

Penurunan tekanan yang besar akan menyebabkan menurunnya driving force masing- masing fluida, hal ini dapat mengakibatkan menurunnya performance HE. Jika pressure drop lebih besar dari yang di izinkan maka akan menyebabkan laju alir massa inlet fluida shell dan tube jauh berbeda dengan laju alir massa outlet masing masing fluida. Dari hasil perhitungan di ketahui bahwa pressure drop pada shell masih di bawah pressure drop yang di izinkan.

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan menyatakan bahwa perbandingan Rd actual dan Rd teoritis lebih besar Rd actualnya dari pada Rd teori nya. Rd actual sebesar 0,02318648 Nilai Rd actual yang di dapat menandakan bahwa terdapat penumpukan fouling (kerak) pada HE-05. Penumpukan fouling dapat menghambat laju perpindahan panas antara residu dengan crude oil. Selain itu penumpukan fouling ini dapat menghasilkan hot slot area yang dapat mengakibatkan kebocoran pada Heat exchanger.

Panas yang di berikan residu sebesar 1919948,193 Btu/jam sedangkan panas yang diterima crude oil sebesar 1682707,817 sehingga dapat diartikan bahwa tidak semua panas yang diberikan residu diterima oleh crude oil. Terdapat panas yang terbuang sebesar 14% . oleh karena di perlukan penambahan isolator agar kinerja HE lebih efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kern. Process Heat Transfer
- [2] Mc Graw Hill Book Company, Inc. New York: Princeton. 1950
- [3] Nelson, W.L., Petroleum Refinery Engineering, 4 th ed., Mc. Graw Hill., Kogakusha Ltd., Tokyo, 1958.
- [4] ProfIL ppsdm Migas Cepu, Jawa Tengah, 2018
- [5] Setiyono, Kilang PPSDM Migas Cepu, Jawa Tengah, 2017
- [6] Wibawa Indra, 24 Desember 2018, Heat Exchanger