

Evaluasi Alat Penukar Kalor (Cooler) di High Vacuum Unit (HVU) III (studi kasus di kilang XYZ)

Sarah Dampang¹

¹Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang
sarah.dampang@ft.unsika.ac.id

ABSTRAK. HVU III didesain untuk dapat memproses reduced crude oil dari CDU V atau reduced crude dari tank export fuel oil existing. HVU III merupakan salah satu unit yang bertujuan untuk mengangkat fraksi-fraksi ringan yang mungkin masih terkandung dalam reduced crude. Kondisi vacuum yang didesain tersebut untuk menarik fraksi-fraksi ringan pada temperature yang relative rendah. Dengan adanya upaya pengambilan produk slop wax sebagai HVGO tentunya kondisi operasi mengalami perubahan dan terjadi penambahan peralatan (Pompa dan HE) serta modifikasi perpipaan. Oleh karena itu dalam penelitian ini membahas tentang desain HE (Cooler) dengan produk slop wax sebagai HVGO yang akan didinginkan dari temperature 298°C menjadi 70°C dengan flow rate 40 m³/hr. Dan sebagai media pendingin digunakan Sea Water (air laut) dari temperatur 30°C menjadi 38°C. Pressure slop wax 20 kg/cm² dan sea water 4 kg/cm². Hasil perhitungan untuk mendinginkan slop wax memerlukan Cooler sebanyak 6 (enam) unit dengan kebutuhan air laut sekitar 709187,39 lb/hr, dan panas yang dipindahkan dalam keadaan kotor (fouled) sebesar 0,0029 hr ft² F/btu. Pressure drop untuk slop wax sebesar 7,08 psi sedangkan sea water sebesar 39,33 psi. Dengan kondisi demikian diharapkan penambahan peralatan dalam hal ini Cooler dapat dilakukan sebagai upaya untuk pengambilan produk slop wax sebagai HVGO.

Kata kunci: HVGO, Slop Wax, Sea Water, Crude, Cooler

ABSTRACT. HVU III is designed to process reduced crude oil from CDU V or reduced crude from export oil existing tanks. HVU III is one unit that aims to lift light fractions that may still be contained in reduced crude. The vacuum condition is designed to attract mild fractions at relatively low temperatures. With the effort to take the product slop wax as HVGO, indeed the operating condition is changing and there is addition of equipment (Pump and HE) and modification of piping. Therefore in this study about design HE (Cooler) with slop wax product as HVGO which will be cooled from temperature 298°C to 70°C with flow rate 40 m³ / hr. And as a cooling medium used Sea Water (sea water) from temperature 30°C to 38°C. Pressure slop wax 20 kg / cm² and sea water 4 kg / cm². The calculation results for cooling the wax slop requires a Cooler of 6 (six) units with a seawater requirement of about 709187.39 lb / hr, and heat transferred in a fouled state of 0.0029 hr ft² F / btu. Pressure drop for slop wax equal to 7.08 psi while sea water equal to 39.33 psi. Under these conditions it is expected that the addition of equipment in this case Cooler can be done as an effort to take the product of slop wax as HVGO.

Keywords: HVGO, Slop Wax, Sea Water, Crude, Cooler

PENDAHULUAN

Latar Belakang

HVU III (High Vacuum Unit) merupakan salah satu proyek upgrading yang ada di kilang XYZ dengan kapasitas maksimal 25 MBSD. HVU III didesain untuk dapat memproses reduced crude dari CDU V atau reduced crude dari tank export fuel oil existing. HVU III merupakan salah satu unit yang bertujuan untuk mengangkat fraksi-fraksi ringan yang mungkin masih terkandung dalam *reduced crude*. Kondisi vacuum yang didesain tersebut untuk menarik fraksi-fraksi ringan pada temperature yang relative rendah. Sebenarnya tanpa kondisi vacuum pun dapat mengangkat fraksi ringan, tetapi diperlukan temperature yang tinggi. Jika digunakan temperature yang tinggi dapat terjadi cracking pada rantai hidrokarbon yang tentu saja tidak diinginkan produk utama dari HVU III.

Pola pengoperasian HVU III terdiri dari 2 (dua) macam yaitu :

1. Mode Wax Plant Feed Stock (POD), dimana produk tengahnya adalah POD digunakan sebagai umpan untuk wax plant.
2. Mode HCU Feed Stock (HVGO), dimana produk tengahnya adalah HVGO digunakan sebagai umpan HCU.

Perbedaan paling utama dari 2 (dua) pola tersebut adalah terletak pada Spesifikasi End Point destilasi antara produk POD dan HVGO, dimana POD 490°C dan HVGO 560°C. Pada kondisi operasi aktualnya HVU III dioperasikan untuk memenuhi kebutuhan POD sebagai umpan Wax Plant (mode wax plant feed stock).

Dengan pola operasi menghasilkan POD mengakibatkan adanya komponen HVGO (cutting antara 490-560°C) yang menjadi terikut produk short residu. Oleh karena itu dicari upaya kemungkinan untuk mengambil komponen HVGO melalui fasilitas slop wax. Slop merupakan produk short residu yang ditarik dari seksi slop wax, dimana seksi slop wax terletak diantara flash zone dan HVGO draw tray. Fungsi dari seksi slop wax untuk menghilangkan dari vapour yang naik

dari flash zone semua hidrokarbon berat yang memiliki boiling point yang lebih tinggi dari pada komponen terberat dari HVGO. Hidrokarbon tersebut adalah Over Flash material yang terbawa di dalam vapour yang naik yang harus dihilangkan untuk memastikan bahwa carbonaceous material (high carbon residu) tidak ikut terbawa di dalam produk HVGO. Slop wax yang ditarik diresirkulasikan ke inlet vacuum heater untuk membantu mengontrol temperature outlet vacuum heater dan untuk menaikkan laju internal refluks pada seksi slop wax, sedangkan sebagian lagi dikembalikan ke bottom vacuum column. Dengan adanya upaya pengambilan produk slop wax sebagai HVGO tentunya kondisi operasi mengalami perubahan dan terjadi penambahan peralatan (Pompa dan HE) serta modifikasi perpipaan.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang hendak dicapai adalah :

- a. Mengevaluasi dan mengenal proses-proses di kilang XYZ pada umumnya, dan HVU III pada khususnya
- b. Mengevaluasi performance dari alat HE (Cooler) yang akan didesain

Heat Exchanger (HE)

Salah satu peralatan yang paling utama dalam industri kimia adalah alat penukar panas, sebab alat tersebut sangat berguna untuk mengkondisikan suatu bahan yang ingin dinaikkan maupun diturunkan suhunya. Alat penukar panas atau yang biasa disebut *HE (Heat Exchanger)* dapat berupa Vapourization, Heater, Cooler, Condenser dan Reboiler. Prinsip yang digunakan adalah transfer panas dari fluida yang suhunya lebih tinggi (*Hot Fluid*) ke fluida yang suhunya rendah (*Cold Fluid*) melalui sebuah bidang transfer panas. Pada saat mendesain sebuah alat penukar panas perlu diketahui betul tentang tujuan alat tersebut sehingga pemilihan alat dan bahan yang digunakan lebih tepat.

Ada enam tipe alat penukar panas yaitu; shell dan tube HE, Double pipe HE, Extended surface HE, Coil HE, plate HE dan Air cooled HE. Shell dan tube terdiri dari dua bagian besar yaitu shell dan tube. Shell adalah bagian yang berada pada sisi

luar HE dan biasanya dilewati oleh fluida yang suhunya lebih tinggi dan bersifat korosif, sedangkan tube atau yang dikenal sebagai pipa-pipa tersusun dalam jumlah yang cukup besar.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sebuah HE adalah: Physical dan thermodynamic properties (C_p , H , k , μ , ρ) dari suatu fluida, luas bidang transfer panas, perbedaan temperature kedua fluida, kecepatan aliran massa dari fluida yang mengalir dan hal-hal lain yang menyebabkan terganggunya aliran fluida misalnya korosi dan scaling.

Faktor Koreksi

Dalam perhitungan HE, aliran selalu diasumsikan counter current sehingga dalam perhitungan LMTD digunakan metode countercurrent. Seringkali aliran fluida dalam HE melalui beberapa tube pass atau baffles sehingga dalam HE terjadi aliran concurrent atau countercurrent. Untuk memperoleh nilai LMTD yang benar, perlu dilakukan koreksi dengan menggunakan factor koreksi, F_t tergantung desain HE tersebut. Untuk memperoleh harga faktor koreksi dapat dilihat dalam grafik, dimana nilainya tergantung dari jumlah shell pass dan hanya valid jika Q adalah fungsi linier dari temperature.

Fouling Faktor

Fouling resistance pada heat transfer disebabkan oleh kotoran, sludge, polimer atau deposit lain pada inner/auterwall dari tube dalam HE. Nilai yang digunakan menunjukkan resistensi yang diharapkan selama operasi normal dengan jangka waktu penggunaan antara waktu pembersihan. Tabulated fouling menunjukkan perlindungan HE dari pengurangan transfer panas untuk periode 1 tahun sampai 1,5 tahun. Fouling biasanya tidak banyak terjadi bila berada dibawah temperature 250°F. Pemanasan hidrocarbon lebih banyak menyebabkan fouling dari pada mendinginkannya. Aliran fluida yang tinggi atau dengan menggunakan blanket gas inert mengurangi banyak terjadi fouling. Khusus untuk long residue dari CDU yang merupakan fraksi berat dan panas sedikit menyebabkan fouling. (.....)

Penempatan Fluida

Pertimbangan dalam penempatan lokasi apakah fluida dengan apakah melewati shell atau tube adalah fouling, korosi dari fluida, pressure drop, desain temperatur, material cost, karakteristik dari fluida, kecepatan alir fluida dan viskositas dari fluida. Jika suatu fluida korosif, maka fluida tersebut ditempatkan didalam tube untuk mengurangi korosi pada bagian luar dan bagian dalam shell atau dengan melapis tube dengan bahan yang tahan korosi, karena lebih mudah membersihkan bagian dalam tube dari pada bagian luarnya. Pertimbangan lainnya adalah pressure. Jika salah satu fluida tekanannya tinggi maka ditempatkan pada tube untuk mengurangi biaya konstruksi shell pada tekanan tinggi. Jika salah satu memiliki viskositas tinggi sebaiknya dilewatkan pada tube sebab pressure drop pada daerah tersebut biasa lebih tinggi dibanding jika ditempatkan pada shell. Pressure drop di daerah tube relative lebih kecil karena hanya dipengaruhi friksi dengan dinding tube, kontraksi mendadak dan ekspansi mendadak, besarnya pun bisa dihitung. Sedangkan pada shell ada pengaruh dari tumbukan dengan tube baffle dan sampai saat ini belum ada persamaan secara eksplisit untuk menghitung pressure dropnya. Desain temperatur juga perlu diperhatikan, dimana temperature fluida yang mengalir dalam tube maupun shell tidak boleh melebihi temperatur desain dari HE tersebut.

METODOLOGI

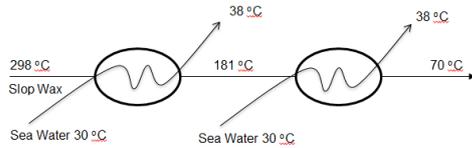
Metodologi yang digunakan adalah perhitungan dan pengumpulan dari data lapangan dan data pustaka

Perencanaan Desain

Pada penelitian ini direncanakan untuk mendesain HE (Cooler) dimana produk slop wax sebagai HVGO yang akan didinginkan dari temperature 298°C menjadi 70°C dengan flow rate 40 m³/hr. Dan sebagai media pendingin digunakan Sea Water (air laut) dari temperature 30°C menjadi 38°C. Pressure slop wax 20 kg/cm² dan sea water 4 kg/cm².

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan



Menggunakan 3 shell (1- 2 HE)

$$LMTD = \frac{(T1-t2)-(T2-t1)}{\left[\frac{T1-t2}{T2-t1} \right]} = \frac{(585 - 126) - (384,4 - 111,6)}{\left[\frac{585-126}{384,4-111,6} \right]} = 357,8$$

$$R = \frac{T1 - T2}{T2 - t2} = \frac{585 - 384,4}{126 - 111,6} = 13,9$$

$$S = \frac{T2 - t1}{T1 - t1} = \frac{126 - 111,6}{585 - 384,4}$$

Fig 10.30a Ft = 0,99

$$\Delta tm = Ft \times LMTD = 0,99 \times 357,8 = 345,2 F$$

$$\frac{\Delta tc}{\Delta th} = \frac{384,4 - 111,6}{585 - 126} = 0,6$$

Fig. 10.34, F = 0,43

$$T_c = T2 + F(T1 - T2) = 384,4 + 0,43(585 - 384,4) = 470,66 F$$

$$t_c = t1 + F(t2 - t1) = 111,6 + 0,43(126 - 111,6) = 117,79 F$$

Slop wax

- $\rho = 54 \text{ lb/ft}^3$
- $\mu = 836,769 \text{ cP}$
- $k = 0,049 \text{ btu/Ft hr.F}$
- $C = 1,2 \text{ btu/lb.F}$
- Sea water
- $\rho = 62 \text{ lb/ft}^3$
- $\mu = 1,72 \text{ cP}$
- $k = 0,35 \text{ btu/Ft hr.F}$
- $C = 1,8 \text{ btu/lb.F}$

$$Q = MC\Delta T$$

$$M_s = 40 \text{ m}^3/\text{hr} \times 54 \text{ lb/ft}^3 \times \text{ft}^3 / 0,0283 \text{ M}^3 = 76325,1 \text{ lb/hr}$$

$$Q = 76325,1 \text{ lb/hr} \times 1,2 \text{ btu/lbf} \times (585 - 384,3)F = 18382137,1 \text{ btu/hr}$$

$$M_w = \frac{Q}{C\Delta t} = \frac{18382137,1 \text{ btu/hr}}{1,8 \text{ btu/lbF} \times (126 - 111,6)F} =$$

$$709187,39 \text{ lb/hr}$$

Asumsi $U_d = 32 \text{ btu/hr Ft}^2$

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta tm} = \frac{18382137,1 \text{ btu/hr}}{32 \text{ btu/hrFt}^2 \times 354,2F} =$$

$$1621,8 \text{ Ft}^2$$

$$\text{Nomer tube/shell} = \frac{1621,8 \text{ Ft}^2}{3 \times 20 \text{ Ft} \times 0,1963 \text{ Ft}} = 138$$

Trial pada tabel 10-8

10 shell 17 1/4 in, tube 172, 3/4 in OD, 14 BWG, panjang 20 Ft pada 1 in square pitch 2 tube pitch.

Koefisien film masing-masing

Tube side tabel 10.3

$$a_t = N_t a_t / 144n = 172 \times 0,2679 / 144 \times 2 = 0,1599 \text{ Ft}^2$$

$$G_t = M_w / a_t = 709187,39 \text{ lb/hr} / 0,1599 \text{ Ft}^2 = 4435193,18 \text{ lb/hr Ft}^2$$

$$Re_t = DG_t / \mu = \frac{0,049 \text{ Ft} \times 4435193,18 \text{ lb/hr Ft}^2}{4,235 \text{ lb/Fthr}} = 51316,28$$

$$Jh = 150 \text{ fig. 10.38}$$

$$Pr = \frac{1,8 \text{ btu/lbF} \times 4,235 \text{ lb/Fthr}}{0,35 \text{ btu/FthrF}} = 21,78$$

$$= 21,78$$

Shell Side

Asumsi B = 7 inch

$$a_s = 10 C^1 \beta / 144 P_t = 17,25 \times 0,25 \times 7 / 144 \times 1 = 0,2096 \text{ Ft}^2$$

$$G_s = M_s / a_s = 76325,1 \text{ lb/hr} / 0,2096 \text{ Ft}^2 = 364146,47 \text{ lb/hr Ft}^2$$

$$De = 0,95 / 12 = 0,079 \text{ Ft Fig 10-47}$$

$$Res = De g_s / \mu = \frac{0,079 \text{ Ft} \times 36446,4716 \text{ lb/hr Ft}^2}{2023,77 \text{ lb/Fthr}} = 14,2$$

$$Jh = 2 \text{ Fig 10-47}$$

$$Pr = C \mu / k = \frac{1,2 \text{ btu/lbF} \times 2023,77 \text{ lb/Fthr}}{0,049 \text{ btu/FthrF}} = 49561,71$$

$$h_i = jH - \frac{K}{D} Pr^{1/3} \left(\frac{\pi}{\pi_w} \right)^{0,14} = 150 \frac{0,35 \text{ btu/FthrF}}{0,049 \text{ Ft}} \times (21,78)^{1/3} \times 1 = 2961,57 \text{ btu/Ft}^2 \text{ hr F}$$

$$h_o = jH - \frac{K}{D} Pr^{1/3} \left(\frac{\pi}{\pi_w} \right)^{0,14} = \frac{35,5 - 32,1}{35,5 \times 32,1}$$

$$= 2x \frac{0,049 \text{ btu} / \text{FthrF}}{0,079 \text{ Ft}} \times (49561,71)^{1/3} \times 1 = 0,0029 \text{ hr Ft}^2 \text{ F/btu}$$

$$= 43,5 \text{ btu/Ft}^2 \text{ hr F}$$

$$h_{io} = h_i \times \frac{ID}{OD}$$

$$= 2961,57 \text{ btu/Ft}^2 \text{ hr F} \times \frac{0,049 \text{ Ft}}{0,75 \text{ Ft}}$$

$$= 193,50 \text{ btu/Ft}^2 \text{ hr F}$$

Asumsi fouling
Shell side = 0,002
Tube side = 0,001
Overall Coefficient

$$U_d = \frac{1}{1/193,50 + 0,002 + 0,001 + 1/43,5}$$

$$= 32,1 \text{ btu/Ft}^2 \text{ hr F}$$

Clean overall coefficient

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$= \frac{193,50 \times 43,5}{193,50 + 43,5}$$

$$= 35,5 \text{ btu/ft}^2 \text{ hr F}$$

U_d mendekati U_c maka trial dapat diterima

Pressure Drop

Tube Side

$$Re = 51316,28$$

$$f = 0,00019 \text{ Fig 10-121}$$

$$Gt = 4435193,18$$

$$S = 0,99$$

$$D = 0,049$$

Shell Side

$$Re = 14,2$$

$$f = 0,095 \text{ fig 10-124}$$

$$Gs = 412568,04$$

$$S = 0,8689$$

$$N+1 = 12 \text{ I/B}$$

$$= 12 \times 20 \times 2/7$$

$$= 68,57$$

$$Ds = 15,25 / 12$$

$$= 1,271$$

$$De = 0,079$$

$$\Delta P_t = \frac{f G_t^2 L_n}{5,22 \times 10^{10} \cdot D \cdot S \cdot \theta}$$

$$= \frac{0,00019 \times (4435193,18)^2 \times 12 \times 2 \times 2}{5,22 \times 10^{10} \times 0,049 \times 0,99 \times 1}$$

$$= 7,08 \text{ Psi}$$

$$\Delta P_s = \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} D_e \cdot S \cdot \theta}$$

$$= \frac{0,095 \times (412568,04)^2 \times 1,271 \times 68,57}{5,22 \times 10^{10} \times 0,079 \times 0,8689 \times 1}$$

$$Rd = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d}$$

Pembahasan

Menurut hasil perhitungan untuk mendinginkan slop wax memerlukan Cooler sebanyak 6 unit dengan kebutuhan sea water sekitar 709187,39 lb/hr dan panas yang dipindahkan dalam keadaan kotor (fouled) sebesar 0,0029 hr ft²F/btu. Pressure drop untuk slop wax sebesar 7,08 psi sedangkan sea water sebesar 39,33 psi. Dengan kondisi demikian diharapkan penambahan peralatan dalam hal ini Cooler dapat dilakukan sebagai upaya untuk pengambilan produk slop wax sebagai HVGO

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- Cooler yang digunakan sebanyak 6 unit (1 paralel 6 seri)
- Spesifikasi cooler yang digunakan sebagai berikut :
 - bagian shell (ID = 17,25 inch, baffle space = 7 inch, 2 pass, $h_o = 43,5 \text{ btu/ft}^2 \text{ hrF}$, $\Delta P = 39,33 \text{ psi}$).
 - bagian tube (panjang = 20 ft, jumlah tube/shell = 172, OD = 0,75 inch, ID = 0,584 inch, square pitch = 1 inch, 2 pass, $h_{io} = 193,50 \text{ btu/ft}^2 \text{ hr F}$, $\Delta P = 7,08 \text{ psi}$).
 - Faktor pengotoran total (Rd) = 0,0029 hr ft² F/btu

Saran

- Kebutuhan alat untuk mengalihkan panas disesuaikan dengan kebutuhan proses/operasi dalam keadaan kotor.
- Penurunan tekanan (ΔP) yang terjadi pada masing-masing aliran berada dalam batas-batas yang diizinkan/ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bechtel Great Britain Ltd., *Balikpapan Expansion Engeneering Design Book Vol.3 Utilities*, London, 1983.
- Kern, DQ., *Process Heat Transfer*, Mc.Graw Hill, New York, 1950.
- Maxwell, J.B., *Data Book on Hydrocarbons*, 9th ed., D.Van Nonstrad Company Inc., New York, 1959.
- Perry R.H., *Chemical Engineers Hand Book*, 6th ed., se Mc. Graw Hill, New York, 1985.
- Processing directorate 1995, *Engineering Design Practice Heat Transfer*, Pertamina.
- Ernest E.Ludwig, *Applies Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, volume 3, second edition, Gulf Publising Company, Houston.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., *Chemical Engineering Vol.6, An Introduction to Chemical Engineering Design*, Pergamon Press Inc., New York, USA 1983.
- Backhurst and Harker, *Process Plant Design*, Heinemann Educational Books, London, 1973.
- American Petroleum Institute, *Technical data Book*.