

ANALISIS FOULING PADA PLATE AND FRAME, LEAN/RICH AMINE EXCHANGER DI SAKA INDONESIA-PANGKAH

M. Sochib, Agus Riyanta
Program Studi Teknik Mesin Universitas Gresik

ABSTRAK

Lean/ Rich Amine Exchanger 135-H-02 adalah, salah satu alat penukar panas tipe plate and frame yang dipakai sebagai alat penukar panas di Saka Indonesia-Pangkah Ltd. Alat penukar panas ini sangat penting sekali perannya untuk menjaga kualitas produk, sehingga perlu sekali dilakukan penelitian/ analisa luas permukaan panas untuk mengetahui adanya kebuntuan didalam alat penukar panas tersebut.

Data temperatur yang diambil, kemudian dihitung luas permukaan panasnya, terjadi penurunan luas permukaan panas sebesar 2,3 m², dan efisiensi heat exchanger saat ini adalah 88,3 %. Standart minimum efisiensi heat exchanger tersebut adalah 75 %. Sedangkan standar maksimum penurunan luas permukaan panasnya adalah 5 m². Dari perhitungan yang dibuat, alat penukar panas tersebut masih bisa beroperasi selama 5.8 tahun.

Kondisi alat penukar panas tersebut perlu dikontrol salah satu caranya adalah dengan memonitor adanya perubahan temperatur Lean dan Rich Amine, sehingga umur alat penukar panas tersebut bisa bertahan selama 5.8 tahun lagi.

Kata kunci : Lean/ Rich Amine Heat Exchanger, luas permukaan panas, efisiensi

PENDAHULUAN

Saka Indonesia-Pangkah Ltd adalah sebuah perusahaan yang bergerak dibidang minyak dan gas. Di Saka Indonesia-Pangkah Ltd (SIPL), untuk mengolah minyak mentah menjadi

hasil produksi yaitu: *Crude Oil, Ethane, Propane* dan *Butane* membutuhkan bermacam-macam peralatan diantaranya adalah kompresor, pompa, turbin generator, alat penukar panas atau (*heat exchanger*). Alat penukar panas di SPIL mempunyai fungsi yang berbeda-

beda, yaitu: sebagai pemanas (*heater*), pendingin (*cooler*), *re-boiler*, kondenser (*condenser*), sedangkan tipe alat penukar panas yang ada di SPIL diantaranya adalah: *double pipe exchanger, tube and bundle, plate and frame exchanger*.

Dari ketiga macam tipe alat penukar panas tersebut, alat penukar panas tipe *plate and frame* adalah tipe yang paling rawan terhadap buntu (*fouling*), karena fluida yang dialirkannya mengandung H₂S dan Hidrokarbon fraksi berat yang ikut terkondensasi.

Proses didalam alat penukar panas tersebut adalah *Rich Amine* yang akan dipanaskan adalah yang keluar dari *Amine Contactor* yang akan dikirim ke *Amine Regenerator* untuk di regenerasi ulang. *Rich Amine* tersebut mengandung H₂S dan tidak tertutup kemungkinan mengandung Hidrokarbon fraksi berat. Sedangkan media pemanasnya adalah *Lean Amine* yang keluar dari *Amine Regenerator* yang akan dikirim lagi ke *Amine Contactor*, dipakai untuk menyerap H₂S. Proses tersebut merupakan suatu proses tertutup (*closed circulation*) dan berlangsung berulang-ulang. Dengan kata lain *Rich amine* membutuhkan panas yang akan dibutuhkan untuk meregenerasi *Amine di Amine Regenerator*, sedangkan *Lean Amine* akan melepaskan panasnya sehingga temperaturnya menjadi dingin supaya penyerapan H₂S nya didalam *Amine Contactor* lebih optimal. Dikarenakan *Rich amine* mengandung H₂S dan hidrokarbon fraksi berat yang ikut terkondensasi, maka alat penukar panas tersebut rawan terhadap kebuntuan (*fouling*) pada sisi dingin (*cold side*). Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah mengetahui adanya kebuntuan (*fouling*) pada *Lean/ Rich Amine Exchanger* dan mengetahui pengaruh kebuntuan (*fouling*) pada *Lean/ Rich*

Amine Exchanger terhadap *effisiensi heat exchanger*.

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di *Operation Department* Saka Indonesia-Pangkajene Ltd Jln. Raya Manyar Km 25 Gresik, dan waktu penelitiannya dilakukan selama bulan Januari 2016 sampai bulan Mei 2016. Penelitian ini akan mengambil data temperatur, tekanan dan besarnya aliran *Lean and Reach Amine* yang masuk dan keluar *exchanger* tersebut. Dari data-data yang didapat kemudian akan dihitung berapa luas area perpindahan panas saat ini dan berapa efisiensi *heat exchanger* tersebut.

Teknik Analisis Data

Untuk menganalisa apakah terjadi *fouling* pada *Lean/ Reach Amine Exchanger* 135-H-02, maka perlu dilakukan studi lapangan untuk mengetahui apakah ada perubahan parameter pada *exchanger* tersebut. Parameter tersebut adalah: aliran (*flow*) yang masuk, temperatur *inlet* dan *outlet*, tekanan *inlet* dan *outlet*. Kemudian mengadakan studi pustaka, studi pustaka ini meliputi: mencari rumus-rumus yang akan dipakai sebagai dasar acuan dalam perhitungan untuk menganalisa *heat exchanger* tersebut dari buku-buku tentang *heat exchanger* yang ada, dan juga melihat, mengecek material data *sheet Lean/ Rich Exchanger* yang dikeluarkan oleh *Vendor* dan membandingkan dengan hasil perhitungan saat ini. Dari hasil perhitungan dan membandingkannya dengan data *sheet* yang dikeluarkan *Vendor* tersebut, maka akan diketahui dan didapat suatu kesimpulan akhir, yaitu apakah *heat exchanger* tersebut sudah terjadi *fouling*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data

Kegiatan yang paling penting untuk mengetahui adanya kebuntuan pada *exchanger* tersebut adalah mengumpulkan data-data yang ada sehingga dapat diketahui adanya tanda-tanda kebuntuan lebih awal. Alat-alat instrumen ukur yang dipakai untuk melakukan analisa perhitungan tersebut adalah:

1. Alat pengukur temperatur (*temperature gauge*).
2. Alat pengukur perbedaan tekanan (*pressure differential gauge*).
3. Alat pengukuran aliran (*Flow meter*).
4. Alat pengukur tekanan (*pressure gauge*).

Sebelum melakukan pengumpulan data, terlebih dahulu dilakukan pekerjaan kalibrasi pada alat-alat instrument ukur yang dipakai untuk melakukan pengukuran. Tujuannya dilakukannya kalibrasi adalah:

1. Menentukan penyimpangan (*deviation*) kebenaran nilai konvensional penunjukan suatu instrument ukur.
2. Menjamin hasil-hasil pengukuran sesuai dengan standar Nasional maupun Internasional.

Manfaat kalibrasi yang diperoleh adalah:

1. Menjaga instrument ukur dan bahan ukur agar tetap sesuai dengan spesifikasinya.
2. Menjaga instrument ukur tersebut agar tetap normal pemabacaannya.
3. Alat yang dikalibrasi dalam keadaan berfungsi dengan baik atau tidak rusak.

Dampak yang diperoleh dari kalibrasi adalah:

1. Meningkatkan mutu atau kualitas produk, mengoptimalkan sumber daya, menjamin konsistensi dan memastikan pengukuran sesuai dengan yang dibuat/ sebenarnya dimanapun.

Persyaratan kalibrasi adalah:

1. Standar acuan yang mampu telusur ke standar Nasional atau Internasional.
2. Metode kalibrasi yang diakui secara Nasional atau Internasional.
3. Personal kalibrasi yang terlatih, yang dibuktikan dengan sertifikasi dari laboratorium yang terakreditasi.
4. Ruang kalibrasi yang terkondisi seperti: suhu udara, kelembaban, tekanan udara, aliran udara dan kedapa halaman.
5. Alat yang dikalibrasi dalam keadaan berfungsi dengan baik/ tidak rusak.

Pada saat melakukan kalibrasi, harus dilakukan sesuai dengan prosedur standar yang telah diakui. Kesalahan pemahaman prosedur akan membuahkan hasil yang kurang benar dan tidak dapat dipercaya. Pengesetan system harus teliti sesuai dengan aturan pemakaian alat agar kesalahan dapat dihindari.

Tahapan-tahapan dalam sebelum melakukan kalibrasi adalah:

1. Memeriksa Kalibrator.
Kalibrator harus mampu telusur ke standar Nasional atau Internasional. Tanpa memiliki ketelusuran, hasil kalibrasi tidak akan diakui oleh pihak lain. Demikian pula ketelitian, kecermatan dan kestabilan kalibrator harus setingkat lebih baik dari alat yang dikalibrasi.
2. Memeriksa Lingkungan.
Lingkungan dapat menyebabkan pengaruh yang sangat besar terhadap kalibrasi terutama untuk

mengkalibrasi kalibrator, misalnya kondisi suhu ruangan, kelembaban, getaran mekanik medan listrik, medan magnetik, medan elektromagnetik, tingkat penerangan dan sebagainya.

3. Alat yang akan dikalibrasi.
Alat yang akan dikalibrasi harus dalam keadaan maksimal, artinya dalam kondisi jalan dengan baik, stabil dan tidak terdapat kerusakan yang mengganggu.

Dalam melakukan pengukuran dan kalibrasi terdapat istilah-istilah yang harus perlu diketahui, yaitu:

1. Kecermatan (*Accuracy*)
Adalah kemampuan dari instrument ukur untuk memberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya dari obyek yang diukur.
2. Ketepatan (*Precision*)
Adalah kedekatan nilai-nilai pengukuran individual yang didistribusikan sekitar nilai rata-ratanya atau penyebaran nilai pengukuran individual dari nilai rata-ratanya.
3. Koreksi (*Correction*)
Adalah suatu harga yang ditambahkan secara aljabar pada hasil dari alat ukur untuk mengkompensasi/mengimbangi penambahan kesalahan sistematis.
4. Kepekaan (*Sensitivity*)
Adalah perubahan pada reaksi alat ukur yang dibagi oleh hubungan perubahan aksinya.
5. Daya baca (*Resolution*)
Adalah besar pernyataan dari kemampuan peralatan untuk membedakan arti dari dua tanda harga/ skala yang paling berdekatan dari besaran yang ditunjukkan.
6. Rentang ukur (*Range*)
Adalah besar daerah ukur antara batas ukur bawah dan batas ukur atas.

Pada saat melakukan pengukuran sering terjadi kesalahan (*error*), yang dimaksud dengan kesalahan (*error*) adalah:

1. Perbedaan antara suatu hasil individual dan nilai benar dari suatu kuantitas yang diukur.
2. Nilai benar tidak diketahui, jadi kesalahan juga tidak diketahui secara pasti.
3. Ketidakpastian dan kesalahan adalah dua hal yang punya konsep yang berbeda.

Kesalahan pengukuran dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Kesalahan acak (*Random*)
 - a. Adalah kesalahan yang bersumber dari variasi yang bersifat acak dan berbeda diluar kendali personil yang melakukan pengukuran.
 - b. Kesalahan acak ini dapat dikurangi dengan melakukan lebih banyak pengulangan pengukuran.
2. Kesalahan sistematis (*Bias*)
 - a. Adalah konstan atau bervariasi dalam cara yang dapat diramalkan pada suatu seri pengukuran.
 - b. Kesalahan ini tidak dapat dikurangi dengan cara melakukan banyak pengukuran.
 - c. Kesalahan ini dapat dikoreksi tapi tidak bias tepat, tidak bisa dielakkan adanya ketidakpastian nilai tepat dari kesalahan sistematis ini.
 - d. Kesalahan ini disebabkan oleh gangguan selama pengukuran yang disebabkan oleh lingkungan yang berubah, jarum ukur yang bengkok, instrument ukur yang tidak dikalibrasi, dan perkabelan yang tidak praktis.

Setelah instrument ukur tersebut dikalibrasi oleh team dari instrument

departemen yang sudah memiliki uji kompetensi, maka selanjutnya dilakukan pengukuran. Pengukuran tersebut dilakukan selama 15 hari untuk mendapatkan data yang akurat supaya hasil perhitungannya benar-benar akurat juga. Berikut hasil pencatatan data-data parameter yang ada pada *Heat Exchanger* tersebut:

kegagalan dalam pengoperasiannya, akan mengakibatkan *offspect product* yang ditandai dengan Kandungan H₂S yang tinggi pada *Sales Gas product*. Kegagalan tersebut biasanya terjadi karena adanya kebuntuan didalam *Amine Exchanger*. Tanda-tanda kebuntuan yang terjadi pada *Exchanger* tersebut dapat diketahui lebih awal, misalnya dengan

Tanggal	Lean Amine Temperature		Rich Amine Temperature		Amine Flow Rate (M ³ /H)
	In	Out	In	Out	
11-3-2016	35	93,5	118	63	47
12-3-2016	35	93,5	118	63	47
13-3-2016	35	93,5	118	63	47
14-3-2016	35	93,5	118	63	47
15-3-2016	35	93,5	118	63	47
16-3-2016	35	93,5	118	63	47
17-3-2016	35	93,5	118	63	47
18-3-2016	35	93,5	118	63	47
19-3-2016	35	93,5	118	63	47
20-3-2016	35	93,5	118	63	47
21-3-2016	35	93,5	118	63	47
22-3-2016	35	93,5	118	63	47
23-3-2016	35	93,5	118	63	47
24-3-2016	35	93,5	118	63	47
25-3-2016	35	93,5	118	63	47
26-3-2016	35	93,5	118	63	47
27-3-2016	35	93,5	118	63	47
28-3-2016	35	93,5	118	63	47
29-3-2016	35	93,5	118	63	47
30-3-2016	35	93,5	118	63	47
31-3-2016	35	93,5	118	63	47
Rata-rata	35	93,5	118	63	47

Lean and Reach Amine Exchanger sangat penting sekali fungsinya sehingga sudah semestinya dapat diandalkan operasionalnya. Apabila terjadi

adanya kenaikan perbedaan *pressure inlet* dan *outlet* dari *exchanger* tersebut atau dengan melakukan perhitungan ulang dan membandingkannya dengan

data *sheet* awal yang dibuat oleh *Vendor* sehingga kita dapat memutuskan untuk melakukan tindakan lebih lanjut lagi untuk mencegah terjadinya *offspecproduct*, misalnya dengan melakukan pembersihan (*cleaning*) pada *exchanger* tersebut baik dengan menggunakan cairan kimia (*chemical*) atau tidak menggunakan *chemical* tergantung seberapa besar kebuntuan yang telah terjadi.

Tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menganalisa terjadinya *fouling* adalah:

Perhitungan Luas Area Permukaan Panas Heat Exchanger.

Dari data-data diatas yang diambil selama 15 hari berturut-turut, diketahui adanya perubahan temperature, sehingga didapatkan nilai baru yang akan dipakai untuk menghitung ulang luas permukaan panas. Data-data tersebut adalah:

M : *Mass Flow rate* = 47,000 kg/h sama dengan 13,055 kg/s.

Temperatur *inlet hot side* = 118°C.

Temperatur *outlet cold side* = 93.5°C.

Temperatur *outlet hot side* = 63°C.

Temperatur *inlet cold side* = 35°C.

Cp : *Specific Heat of Hot Lean Amine* = 3,8147 kJ/kg K.

dT diperoleh *inlet temperature hot side* (118 °C) minus *outlet temperature* (63 °C) sama dengan 55 °C.

LMTD (*Log Mean Temperatures Difference*)

$$\begin{aligned} \Delta T1 &= \text{Temperature inlet hot side} - \\ &\quad \text{temperature outlet cold side.} \\ &= 118 - 93,5 \\ &= 24,5^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T2 &= \text{Temperature outlet hot side} - \\ &\quad \text{temperature inlet cold side.} \\ &= 63 - 35 \\ &= 28^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LMTD} &= \frac{\Delta T1 - \Delta T2}{\ln \frac{\Delta T1}{\Delta T2}} \\ &= \frac{24,5 - 28}{\ln \frac{24,5}{28}} \\ &= \frac{-3,5}{0,1543} \\ &= 22,7^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (heat load)} &= M \cdot Cp \cdot dT \\ &= 13,055 \times 3,8147 \times 55 \\ &= 2.739 \text{ kW.} \end{aligned}$$

$$\text{Heat Transfer Area needed (A)} = \frac{P \text{ (in watt)}}{k \cdot \text{LMTD}}$$

k = *clean value calculated* 2.760 watt/ m² K

k *service* = 2.510 watt/ m²K

$$\begin{aligned} \text{Excess margin calculation} &= 2.760 / 2.510 \\ &= 1.10 \text{ (margin 10\%)} \end{aligned}$$

$$A = \frac{2.739.000}{2.510 \times 22,7}$$

$$A = 48,1\text{m}^2$$

Perhitungan Luas Area Permukaan Panas Heat Exchanger Desain Awal

Berdasarkan perhitungan diatas, untuk menentukan apakah terjadi *fouling* didalam *heat exchanger* tersebut maka perlu diadakan perbandingan dengan perhitungan yang ada pada material data *sheet*. Data-data tersebut yang diperoleh dari data *sheet* adalah :

M : *Mass Flow rate* = 47,370 kg/h sama dengan 13,1583 kg/s.

Temperatur *inlet hot side* = 118,6°C.

Temperatur *outlet cold side* = 95,4°C.

Temperatur *outlet hot side* = 56,8°C.

Temperatur *inlet cold side* = 30,9°C.

Cp : *Specific Heat of Hot Lean Amine* = 3,8147 kJ/kg K.

dT : *inlet temperature hot side* (118,6°C) minus *outlet temperature* (56,8°C) sama dengan 61,8°C.

LMTD (Log Mean Temperatures Difference)

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_1 &= \text{Temperatur inlet hot side} - \\ &\quad \text{temperatur outlet cold side.} \\ &= 118,6 - 95,4 \\ &= 23,2^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_2 &= \text{Temperatur outlet hot side} - \\ &\quad \text{temperatur inlet cold side.} \\ &= 56,8 - 30,9 \\ &= 25,9^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LMTD &= \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \\ &= \frac{23,2 - 25,9}{\ln \frac{23,2}{25,9}} \\ &= \frac{-2,7}{0,11} \\ &= 24,5^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \text{ (heat load)} &= M \cdot C_p \cdot dT \\ &= 13,1583 \times 3,8147 \times 61,8 \\ &= 3.102 \text{ kW.} \end{aligned}$$

$$\text{Heat Transfer Area needed (A)} = \frac{P \text{ (in watt)}}{k \cdot LMTD}$$

$$\begin{aligned} k &= \text{clean value calculated } 2.760 \text{ watt/m}^2 \text{ K} \\ k_{\text{service}} &= 2.510 \text{ watt/m}^2 \text{ K} \\ \text{Excess margin calculation} &= 2.760 / 2.510 \\ &= 1.10 \text{ (margin 10\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{3.102.000}{2.510 \times 24,5} \\ A &= 50,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa terjadi perubahan luas area permukaan panas bila dibandingkan dengan luas area permukaan panas desain awal yang dibuat oleh vendor. Perbedaannya adalah:

Luas area permukaan panas desain awal – Luas area permukaan panas sekarang.

$$50,4 \text{ m}^2 - 48,1 \text{ m}^2 = 2,3 \text{ m}^2 = 4,6\%.$$

Standar untuk melakukan pembersihan (*cleaning*) *heat exchanger* tersebut adalah 10% dari penurunan luas permukaan panas. Pada saat ini *heat exchanger* tersebut telah beroperasi selama 5 tahun sehingga selama 5 tahun penurunan luas areanya adalah:

$$\frac{2,3}{5} = 0,46 \text{ m}^2/\text{tahun.}$$

Untuk itu perkiraan umur *heat exchanger* sehingga luas permukaan panasnya turun 10% , adalah: $\frac{2,3}{5} = 10,8$ tahun. Sehingga diperkirakan *heat exchanger* tersebut pada usia 10,8 tahun luas area permukaan panasnya akan turun sebesar 5 m², untuk itu *Lean/ Rich Amine Exchanger* 135-H-02 masih bisa beroperasi selama 10,8 – 5 = 5,8 tahun.

Perhitungan efisiensi *heat exchanger*

Dari perhitungan diatas didapatkan P actual dan P desain, sebesar:

$$\begin{aligned} P \text{ actual} &= 2.739 \text{ kw} \\ P \text{ desain} &= 3.102 \text{ kw} \end{aligned}$$

Sehingga, efisiensi efektif *heat exchanger* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi efektif} &= \frac{P \text{ actual}}{P \text{ desain}} \\ &= \frac{2.739}{3.102} = 0,883 \times 100\% \\ &= 88,3\%. \end{aligned}$$

Jadi efisiensi efektif *heat exchanger* tersebut adalah: 88,3%.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan tersebut adalah:

1. Didalam *Heat Exchanger* tersebut telah terjadi adanya kebuntuan (*fouling*) yang ditandai dengan adanya penurunan luas area permukaan. Sekitar 2m^2 (4,56% dari total luas permukaan) sudah terjadi *fouling* yang menyebabkan efisiensi heat exchanger tersebut berubah, turun menjadi 88,3%.
2. Diperkirakan *heat exchanger* tersebut pada usia 10,8 tahun luas area permukaan panasnya akan turun sebesar 5 m^2 , untuk itu *Lean/ Rich Amine Exchanger* 135-H-02 masih bisa beroperasi selama $10,8 - 5 = 5,8$ tahun.

T.R Bott (1995) *Fouling Heat Exchanger: Elsevier Science & Technology book.*

UPD-ALS-PI-MS-DS-135-H02AB-001. Equipment data sheet.

UPD-JI-MS-DS-135-H-02-1. Equipment data sheet for Lean/ Rich Amine Exchanger

Saran

Saran yang diberikan pada perusahaan adalah:

1. Selalu memonitor adanya setiap perubahan temperatur pada *Lean/ Rich Amine Exchanger* tersebut, karena kalau sudah terjadi indikasi kebuntuan maka akan terjadi peningkatan kebuntuan yang lebih cepat. Dan segera memberitahukan *Supervisor* apabila menemukan peningkatan perbedaan temperatur pada *heat exchanger* tersebut sehingga bisa diambil langkah-langkah yang lebih optimal untuk mencegah terjadinya *offspect product*.
2. Pada umur pakai *heat exchanger* 10,8 tahun, supaya diadakan pembersihan (*cleaning*), untuk mengoptimalkan kembali kerja *heat exchanger* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Coulson & Richardson's (2005) *Chemical Engineering* Volume 6: UK.

Donald Q. Kern (1993) *Process Heat Transfer*: Japan.