

EVALUASI KINERJA *HEAT EXCHANGER* PADA *GAS COOLER* UNIT *CO₂ LIQUID PLANT*

Rafdi Ramadhan Amrozi¹, Sigit Udjiana¹, Yuliman²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

²PT. Petro Oxo Nusantara, Jl. Gubernur Suryo No.134, Lumpur, Tlogopojok, Kec. Gresik,
Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61118

Rafdiramadhan98@gmail.com, [sigit.udjiana@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Heat exchanger adalah suatu alat yang dimana terjadi aliran perpindahan panas diantara dua fluida atau lebih pada temperatur yang berbeda, dimana fluida tersebut keduanya mengalir didalam sistem. Di dalam *heat exchanger* tersebut, kedua fluida yang mengalir terpisah satu sama lain, biasanya oleh pipa silindris. Fluida dengan temperatur yang lebih tinggi akan mengalirkan panas ke fluida yang bertemperatur lebih rendah. Salah satu tipe alat *heat exchanger* yang dipakai pada unit *CO₂ liquid plant* adalah *plate heat exchanger*. Sebuah alat penukar kalor (*Heat exchanger*) dituntut untuk memiliki kinerja yang baik dengan mempertimbangkan nilai over desain dan *pressure drop* agar dapat diperoleh hasil yang maksimal serta dapat menunjang penuh terhadap suatu unit yang sedang beroperasi.

Kata kunci: *heat exchanger, pressure drop, CO₂ liquid*

ABSTRACT

Heat exchanger is a device where there is a flow of heat transfer between two or more fluids at different temperatures, where both fluids flow in the system. In the *heat exchanger*, the two flowing fluids are separated from each other, usually by a cylindrical tube. A fluid with a higher temperature will transfer heat to a fluid with a lower temperature. One type of *heat exchanger* used in *CO₂ liquid plant* units is a *plate heat exchanger*. A *heat exchanger* is required to have good performance by considering the over design value and *pressure drop* so that maximum results can be obtained and can fully support an operating unit.

Keywords: *heat exchanger, pressure drop, CO₂ liquid*

1. PENDAHULUAN

Alat penukar kalor banyak digunakan pada berbagai instalasi industri, antara lain pada: boiler, kondensor, *cooler*, *cooling tower*. Sedangkan pada kendaraan adalah radiator yang pada dasarnya berfungsi sebagai alat penukar kalor. Tujuan perpindahan kalor di dalam proses industri diantaranya adalah untuk memanaskan atau mendinginkan fluida hingga mencapai kalor tertentu yang dapat memenuhi persyaratan untuk proses selanjutnya dan untuk mengubah keadaan (fase) fluida: destilasi, evaporasi, kondensasi, dan lain-lain. [1]

Unit penukar panas adalah suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai adalah tipe *plate*.

Plate heat exchanger adalah suatu alat perpindahan panas yang berbentuk frame yang diberi plat sebagai sekat-sekat [2]

Plate heat exchanger adalah suatu alat penukar kalor yang terdiri dari pelat (*plate*) dan rangka (*frame*). Fluida cair yang digunakan sebagai medium bisa dari jenis yang sama atau lain, misalnya air-air, air-minyak. [3]

Gasketed plate heat exchanger terdiri dari serangkaian *plat* tipis dengan permukaan bergelombang yang memisahkan cairan. *Plate* disusun dengan bagian-bagian sudut yang diatur sedemikian rupa sehingga dua media di antara panas yang akan ditransfer mengalir melalui ruang-ruang antar *plate* secara bergantian. [4]

Pressure drop merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh heat sink terhadap aliran udara yang melewatinya. [5]

Unit kerja DCS merupakan unit kerja yang berada di PT. PON yang memiliki tugas khusus yaitu mengontrol semua alat kerja pabrik melalui teknologi. Salah satunya unit yang di control oleh DCS yaitu kinerja *heat exchanger* pada unit CO₂ liquid menggunakan analisa dengan aplikasi HTRI.

Penelitian yang dilakukan yaitu Analisa *pressure drop* terhadap kinerja *plate heat exchanger* sebagai salah satu syarat mengetahui kinerja *heat exchanger* menggunakan aplikasi HTRI. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh nilai *pressure drop* terhadap kinerja heat exchanger

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini adalah metode perhitungan dengan menggunakan aplikasi HTRI nanti hasilnya akan menggambarkan perbandingan kinerja alat *heat exchanger* dengan hasil trial di penelitian ini. Terdapat beberapa perhitungan yang harus dilakukan untuk mencari nilai *pressure drop*, perhitungan dilakukan dengan menggunakan data dari DCS di PT.PON, langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

- Mencari Q, beban HE dicari dengan data paling lengkap dari kedua aliran fluida (pemanas dan pendingin)
- Menentukan $\Delta LMTD$
- Kebutuhan steam / air pendingin

2.1 Perhitungan Data Desain

Tabel 1. Data desain milik PT.PON

| Parameters | Inlet | Outlet | Units |
|-----------------------|---------|---------|-------|
| Hot fluid flow, W | 6327 | 6327 | kg/h |
| Cold fluid flow, w | 65143,4 | 65143,4 | kg/h |
| hot fluid Temp, T | 105 | 40,41 | °C |
| cold fluid Temp,t | 35 | 55 | °C |
| Hot fluid pressure, P | 1,8 | 0,86 | bar g |
| cold fluid pressure,p | 3 | 2,75 | bar g |

Perhitungan data desain pada pabrik apabila area (A) = 39,5594 m²

1. Menghitung heat duty desain apabila ada perubahan fase

Sensible

$$\text{Water : } m \times cp \times \Delta T \quad (1)$$

$$1998,6 \times 4,22 \times (105-40) = 548215,9$$

$$\text{CO}_2 : m \times cp \times \Delta T \quad (2)$$

$$4328,5 \times 1,309 \times (105-40) = 368290,42$$

$$\text{Sensible} = \frac{\text{Sensible water} + \text{Sensible CO}_2}{3600} \quad (3)$$

$$\frac{548215,9 + 368290,42}{3600} = 254,58 \text{ KW}$$

$$\text{Latent} = \frac{m \times \lambda}{3600} \quad (4)$$

$$\frac{1828,9 \times 2260,9}{3600} = 1148 \text{ KW}$$

$$\text{Heat duty} = \text{sensible} + \text{latent}$$

$$= 254,58 + 1148 = 1402,58$$

2. Pressure drop

Hot

$$P_i - P_o = 1,8 - 0,86 \quad (5)$$

$$= 0,94 \text{ bar}$$

Cold

$$P_i - P_o = 3 - 2,75 \quad (6)$$

$$= 0,25 \text{ bar}$$

3. Temperature range

T_{hot}

$$\Delta T = T_i - T_o \quad (7)$$

$$= 105 - 40,41 = 64,59 \text{ }^\circ\text{C}$$

T_{cold}

$$\Delta T = t_o - t_i \quad (8)$$

$$= 55 - 3 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

4. Capacity Ratio (R)

$$R_{\text{hot}} = \frac{(T_i - T_o)}{(t_o - t_i)} \quad (9)$$

$$= \frac{64,59 \text{ }^\circ\text{C}}{20 \text{ }^\circ\text{C}} = 3,2295$$

5. Effectiveness (S)

$$S = \frac{(t_o - t_i)}{(t_i - T_i)} \quad (10)$$

$$= \frac{20}{70} = 0,285$$

6. LMTD (Counter Flow)

$$= \frac{(50 - 5,41)}{\ln 50 - 5,41} \quad (11)$$

$$= 11,765$$

7. a. LMTD

$$F = \frac{(R+1)^{0,5} \times \ln \left(\frac{1-S \times R}{1-S} \right)}{(1-R) \times \ln \left\{ \frac{2-S(R+1)-(R+1)^{0,5}}{2-S(R+1)+(R+1)^{0,5}} \right\}} \quad (12)$$

$$= \frac{(3,2295+1)^{0,5} \times \ln\left(\frac{1-0,285 \times 3,2295}{1-0,285}\right)}{(1-3,2295) \times \ln\left\{\frac{2-0,285(3,2295+1-(3,2295+1)^{0,5})}{2-0,285(3,2295+1+(3,2295+1)^{0,5})}\right\}}$$

$$= 1,07329$$

b. Corrected LMTD

$$= F \times LMTD \quad (13)$$

$$= 1,07329 \times 11,765$$

$$= 12,623$$

8. Overall Heat

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T} \quad (14)$$

$$= \frac{1402,58}{(39,554 \times 12,623)}$$

$$= 2,8098 \text{ kW/m}^2.\text{K}$$

2.2 Perhitungan data test

Tabel 2. Perhitungan data test

| Parameters | Inlet | Outlet | Units |
|------------------------|---------|---------|-------|
| Hot fluid flow, W | 6324,28 | 6324,28 | kg/h |
| Cold fluid flow, w | 65143,4 | 65143,4 | kg/h |
| Hot fluid Temp, T | 108 | 49 | °C |
| Cold fluid Temp, t | 32 | 43 | °C |
| Hot fluid pressure, P | 1,8 | 1,5 | bar g |
| cold fluid pressure, p | 3 | 2 | bar g |

1. Menghitung heat duty data test apa bila ada perubahan fase

Sensible

$$\text{Water : } m \times c_p \times \Delta T \quad (15)$$

$$1996,9 \times 4,22 \times (108-49) = 497188,162$$

$$\text{Co}_2 : m \times c_p \times \Delta T \quad (16)$$

$$4324,8 \times 1,31 \times (108-49) = 334263,792$$

$$\text{Sensible} = \frac{\text{Sensible water} + \text{Sensible CO}_2}{3600} \quad (17)$$

$$= \frac{497188,162 + 334263,792}{3600} = 230,95 \text{ KW}$$

Latent

$$\text{Water} = \frac{m \times \lambda}{3600} \quad (18)$$

$$= \frac{1814,4 \times 2260,9}{3600} = 1139,49 \text{ KW}$$

Heat duty = sensible + latent

$$= 230,95 + 1139,49$$

$$= 1370,4$$

2. Pressure drop

Hot

$$P_i - P_o = 1.8 - 1.5 \quad (19)$$

$$= 0.3 \text{ bar g}$$

Cold

$$P_i - P_o = 3 - 2 \quad (20)$$

$$= 1 \text{ bar g}$$

3. Temperature range T_{hot}

$$\Delta T = T_i - T_o \quad (21)$$

$$= 108 - 49$$

$$= 59 \text{ }^\circ\text{C}$$

 T_{cold}

$$\Delta T = t_o - t_i \quad (22)$$

$$= 43 - 32$$

$$= 11 \text{ }^\circ\text{C}$$

4. Capacity Ratio (R)

$$R_{\text{hot}} = \frac{(T_i - T_o)}{(t_o - t_i)} \quad (23)$$

$$= \frac{59^\circ\text{C}}{11^\circ\text{C}}$$

$$= 5.36$$

5. Effectiveness (S)

$$S = \frac{(t_o - t_i)}{(T_i - t_i)} \quad (24)$$

$$= \frac{11^\circ\text{C}}{76^\circ\text{C}}$$

$$= 0.144$$

6. LMTD (Counter Flow)

$$= \frac{(65 - 17)}{\ln 65 - 17} \quad (25)$$

$$= 12.39 \text{ }^\circ\text{C}$$

7. a. LMTD

$$F = \frac{(R+1)^{0.5} \times \ln \left(\frac{1-S \times R}{1-S} \right)}{(1-R) \times \ln \left\{ \frac{2-S(R+1)-(R+1)^{0.5}}{2-S(R+1)+(R+1)^{0.5}} \right\}} \quad (26)$$

$$= \frac{(5.363+1)^{0.5} \times \ln \left(\frac{1-0.144 \times 5.363}{1-0.144} \right)}{(1-5.363) \times \ln \left\{ \frac{2-0.144(5.363+1)-(5.363+1)^{0.5}}{2-0.144(5.363+1)+(5.363+1)^{0.5}} \right\}}$$

$$= 1.100435$$

a. Corrected LMTD

$$= F \times LMTD \quad (27)$$

$$= 1.100435 \times 12.39$$

$$= 13.63 \text{ }^\circ\text{C}$$

8. Overall Heat

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T} \quad (28)$$

$$= \frac{1370,44}{39,554 \times 13,63}$$

$$= 2,5419 \text{ kW/m}^2.\text{K}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Tabel hasil *pressure drop* sisi air menggunakan HTRI

| Variable (factor fouling) | Jumlah plate | Area (m ²) | Overdesign (%) | Pressure drop (kPa) | Duty (MW) |
|---------------------------|--------------|------------------------|----------------|---------------------|-----------|
| 0,0003 | 67 | 39,554 | 19,63 | 17,979 | 1,488 |
| 0,0004 | 67 | 39,554 | 3,32 | 17,989 | 1,448 |
| 0,0005 | 67 | 39,554 | -9,67 | 17,996 | 1,448 |
| 0,0007 | 67 | 39,554 | -26,65 | 18,006 | 1,448 |

Tabel 4. Tabel hasil *pressure drop* sisi air menggunakan HTRI (Redesain)

| Variable (factor fouling) | Jumlah plate | Area (m ²) | Overdesign (%) | Pressure drop (kPa) | Duty (W) |
|---------------------------|--------------|------------------------|----------------|---------------------|----------|
| 0,0003 | 67 | 39,554 | 19,63 | 17,979 | 1,488 |
| 0,0004 | 39 | 46,856 | 19,51 | 13,558 | 1,490 |
| 0,0005 | 91 | 52,158 | 19,59 | 10,712 | 1,491 |
| 0,0007 | 115 | 68,763 | 20,04 | 7,353 | 1,492 |

Berdasarkan perhitungan yang telah kami lakukan pada tabel 3.2 dengan nilai *fouling factor* 0,0005 mendapatkan hasil hitungan *overdesign* sebesar -9,67% dan *pressure drop* sebesar 17,996 kPa, hasil ini tentunya tidak cukup baik karena kurang dari batas ketetapan penentuan *overdesign*. Jika hasil yang didapatkan minus maka kemungkinan ketidakakuratan data proses serta kemungkinan penyumbatan *heat exchanger* sangat tipis bahkan tidak disarankan untuk digunakan. Untuk nilai *fouling factor* 0,0004 mendapatkan hasil hitungan *overdesign* sebesar 3,32% dan *pressure drop* sebesar 17,989 kPa, nilai ini tidak cukup baik karena kurang dari batas ketetapan penentuan *overdesign*. Untuk nilai *fouling factor* 0,0007 mendapatkan hasil hitungan *overdesign* sebesar -26,65% dan *pressure drop* sebesar 18,006 kPa, tentunya nilai ini sangat jauh dari ketetapan nilai *fouling factor* yang bagus. Untuk nilai *fouling factor* 0,0003 mendapatkan hasil hitungan *overdesign* sebesar 19,63% dan *pressure drop* 17,979 kPa, setelah dianalisis dari beberapa perbandingan data lalu mencoba untuk meredesign (Tabel 3.3) agar nilai *fouling factor* berada dalam nilai ketetapan. Namun untuk nilai *fouling factor* 0,0003 tidak dilakukan redesign karena angka yang didapat sudah cukup baik dan memenuhi kriteria nilai *fouling factor*. Untuk nilai *fouling factor* 0,0005 mendapat

hasil hitungan *overdesign* sebesar 19,59 % dan *pressure drop* 10,712 kPa sehingga nilai ini sudah berada dalam rentang *fouling factor* yang didapat juga cukup baik. Untuk nilai *fouling factor* 0,0004 mendapat hasil hitungan *overdesign* sebesar 19,51 %, dan *pressure drop* 13,558 kPa nilai ini masih berada dalam rentang *fouling factor*. Untuk nilai *fouling factor* 0,0007 mendapat hasil hitungan *overdesign* sebesar 20,04 % dan *pressure drop* 7,353 kPa bahkan masuk dalam ketetapan nilai fouling faktor yaitu sebesar 15-20%, Sehingga hasil evaluasi nilai *fouling factor heat exchanger* sesuai dengan standar design. Untuk mencari *overdesign* yang baik pada redesain kali ini untuk menggunakan nilai fouling faktor 0,0007 namun dengan kelemahan *pressure drop* kecil maka performa kinerja *heat exchanger* akan turun. Pada umumnya lebih baik mempertahankan nilai fouling faktor sebesar 0,0003 karena dari ekonomis dan kinerja, *heat exchanger* tersebut sudah dapat dikatakan mumpuni. Hasil dari redesain *heat exchanger* ini yaitu masih dalam rentang fouling faktor aman, maka dari itu perusahaan tetap mempertahankan nilai fouling faktor 0,0003 karena dianggap lebih ekonomis.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan di bab-bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut yaitu semakin besar Δp atau meningkatnya *pressure drop* tersebut dapat menyebabkan energi yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida juga meningkat. Penurunan tekanan yang terlalu besar dapat menyebabkan terjadinya kavitasi dan getaran pada instalasi pipa dan tetap mempertahankan fouling faktor 0,0003 dengan *pressure drop* sebesar 17,979 kPa.

4.2 SARAN

Sebaiknya dalam penelitian perlu lebih diteliti lagi sehingga tidak menimbulkan kesalahan dalam analisa.

REFERENSI

- [1] Kakac, 2002, *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*, Edisi 2, CRC Press, New York.
- [2] Halimah, N., 2013, *Pabrik CO2 Cair Dari Batu Bara Dengan Proses Gasifikasi Lurgi*, Pra Rencana Pabrik, UPN Veteran, Surabaya, 1–27.
- [3] Holman, J., 1994, *Perpindahan kalor*, Edisi 6, Erlangga, Jakarta .
- [4] Kakac, 2012, *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*, Edisi 3, CRC Press, New York.
- [5] Muchammad, M., 2012, *Analisa Pressure Drop Pada Heat-Sink Jenis Large Extrude Dengan Variasi Kecepatan Udara Dan Lebar Saluran Impingment Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic)*, Rotasi, Vol.9, No.2, 31-36.