



Pengaruh *Pressure Drop* terhadap Efektivitas *Heat Exchanger* Dengan Menggunakan Simulator Aspen Hysys V. 7.3

Widya Rahma Iswara¹, dan Ari Susandy Sanjaya^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Mulawarman, Samarinda, 75119

*E-mail: widyaiswara32@gmail.com

Abstract

Heat Exchanger is a device that used to exchange the heat between the fluids that had higher temperature to the fluid with lower temperatures. One type of heat exchanger that often used is the heat exchanger Shell and Tube. In the simulation analyzed the influence of heat duty and enthalpy to temperature, fluid temperature variation being used for the shell side range 87-92°C, for the tube side 25-50°C, and analyzed the effect of pressure drop on the fouling factor with simulator Aspen Hysys v.7.3. According to the results, it is found that the pressure drop on the shell side has passed the permissible value from base design, it means that the shell side already requires to be cleaned, while the tube side pressure drop values exist under the conditions allowed by the base design, it means that the tube side is in good condition, and for the effect of heat flow to the temperature is when the value of the difference temperature higher, the heat flow generated value will be higher, and the value of the enthalpy is also proportional to the temperature value.

Keywords: Effectiveness, Fouling Factors, Pressure Drop, Shell & Tube, Heat Exchanger

Pendahuluan

Heat Exchanger merupakan salah satu alat pendukung utama dalam pabrik kimia. Alat ini dapat digunakan untuk melakukan perpindahan energi thermal dari suatu fluida ke fluida lainnya. *Heat exchanger* jika digunakan secara terus menerus dalam jangka waktu yang panjang akan timbul kerak. Kerak-kerak ini muncul akibat adanya zat-zat yang terakumulasi dalam arus yang melewati *heat exchanger* mengendap di dalam *heat exchanger* tersebut. Kerak-kerak ini dapat menurunkan efektifitas dari proses pertukaran panas dari *heat exchanger* tersebut.

Tujuan simulasi ini adalah mempelajari dan mengevaluasi efektifitas pada *heat exchanger* ditinjau dari *heat duty*, *pressure drop* pada *heat exchanger* dengan metode simulasi.

Metodologi

Data yang dicantumkan terdiri dari dua referensi yang berbeda, yaitu data pada *datasheet (base design)* dan data literatur (data performa *heat exchanger* dalam kondisi normal).

Dalam simulasi ini dilakukan beberapa studi kasus, antara lain: simulasi mengenai pengaruh *heat duty*, simulasi mengenai pengaruh *pressure drop* terhadap nilai *fouling* dari *heat exchanger*, dan membandingkan antara *heat flow* dari data operasi dengan temperatur, serta membandingkan antara entalpi dengan temperatur.

Dalam simulasi ini temperatur divariasikan (pada perbandingan antara entalpi dengan temperatur), kisaran temperatur untuk ammonia (fluida *tube side*) adalah, 25, 30, 35, 40, 45, 50 °C sedangkan untuk temperatur *water* (fluida *shell side*) pada 87, 88, 89, 90, 91, 92 °C

Prosedur Simulasi

Simulasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Pada menu *Simulation Basis Manager* di input fluida yang digunakan, yaitu fluida Ammonia (NH₃) dan Water (H₂O)
2. Pada menu *property package* di input Peng-Robinsons sebagai *fluid package* yang digunakan. Dalam pemilihan *fluid package* harus sesuai dengan pendekatan perhitungan dan karakteristik fluida.
3. Setelah memilih *property package*, masuk ke *Enter Simulation Environment*, selanjutnya dipilih alat yang akan disimulasikan, yaitu *Heat Exchanger*. Klik dua kali pada *heat exchanger*, kemudian menginput data analisis perencanaan thermal pada menu spesifikasi perencanaan *heat exchanger*. Pada halaman *design*, pada sub menu *connections* dimasukkan *tube side inlet* dengan nama Ammonia, *tube side outlet* dengan nama fluida Ammonia out, *shell side inlet* dengan nama fluida Water dan *shell side outlet* dengan nama fluida Water out. Masih pada halaman *design*, masuk ke sub menu *parameters*. Pada *Heat Exchanger Models* diganti menjadi *Steady State*



Rating, hal ini dimaksudkan bahwa *heat exchanger* dalam kondisi *steady state*, mengabaikan isian *pressure drop* karena nantinya nilai *pressure drop* akan dihitung secara otomatis, nilai *pressure drop* ini yang nantinya akan dibandingkan dengan data desain.

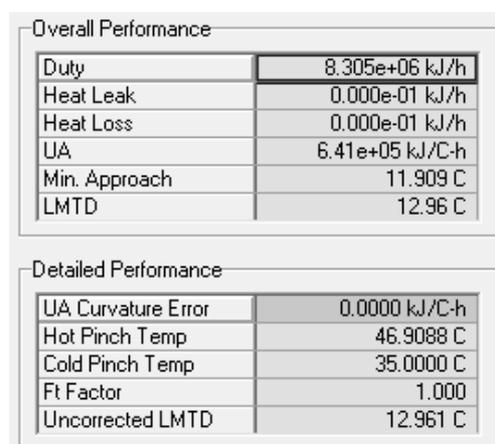
4. Pada halaman *worksheet*, sub menu *conditions*, di input nilai-nilai yang diketahui. Seperti temperatur *Ammonia*, *Ammonia out*, *Water*, dan *Water out*, *pressure Ammonia in*, pada kolom *vapour water* diisi dengan 0 (nol) karena *water* dalam kondisi cair, bukan uap, nilai *mass flow* dari *ammonia in*, dan *water in*. selebihnya akan dihitung secara otomatis.
5. Komposisi dari fluida *Ammonia* maupun *Water* akan dimasukkan didalam menu *worksheet sub menu composition*. Dalam simulasi ini di asumsikan bahwa komposisi antara *ammonia* dan *water* adalah murni tanpa adanya zat pengotor, maka diisi dengan angka 1 (satu) sebagai indikasi apabila zat murni.
6. Pada halaman *rating*, masuk ke dalam sub menu *sizing*, di input data analisis perencanaan termal pada *sizing data overall*, *shell*, dan *tube*. Selanjutnya masuk ke dalam sub menu *heat loss*, dipilih sub menu *simple* pada *heat loss model*. Kemudian diisi dengan data analisis perencanaan termal yang ada.
7. Ketika semua data yang ada sudah dimasukkan, dan sudah ada keterangan "OK" berwarna hijau di bagian bawah halaman, maka dapat dilihat hasil perhitungan yang ada dengan memilih menu *performance*. Dalam menu *performance* dapat dipilih sub menu *details*, dan *plots* (untuk melihat dalam bentuk grafik). Setelah muncul layar *performance-details*, kembali ke menu *design* dan sub menu *parameters* untuk dilakukan pengecekan nilai delta P, *heat exchanger* dalam keadaan baik apabila nilai delta P yang ada dibawah dari nilai delta P pada data analisis perencanaan termal, begitu juga sebaliknya, *heat exchanger* dalam keadaan buruk atau kotor apabila nilai delta P pada sub menu *parameters* lebih tinggi dari data analisis yang ada.

Hasil dan Pembahasan

Heat Duty

Hasil simulasi dapat dilihat pada tampilan dari *heat exchanger* yang disajikan pada Gambar 1. Panas dari hasil perhitungan adalah $8,305 \times 10^6$ kJ/h sedangkan jika dibandingkan dengan data dari *base design*, nilai *heat duty*-nya adalah 1,791,000 kcal/ hr (7,493,544 kJ/h). Perbedaan nilai ini dapat disebabkan oleh beberapa kondisi, antara lain komposisi dari masing-masing fluida, simulasi diasumsikan bahwa *ammonia* dan *water* murni tanpa zat pengotor, sedangkan kondisi aktual, *ammonia* berupa *bulk* atau curah yang kemungkinan memiliki kandungan zat lain, dan *water* yang dipakai untuk memanaskan *ammonia* berasal dari *Waste Water Treatment (WWT)* yang masih dapat digunakan.

Perbedaan nilai ΔT_{LMTD} juga berpengaruh pada perbedaan nilai *heat duty* antara hasil perhitungan dan data *base design*. Nilai ΔT_{LMTD} pada data *base design* adalah 14,5°C sedangkan dari perhitungan diperoleh hasil 12,96 °C. Perbedaan ini disebabkan pada saat menghitung diasumsikan dalam kondisi *steady state rating* (temperatur keluaran *ammonia* dan *water* terhitung), hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan nilai yang menjadi salah satu alasan penurunan efektivitas dari alat penukar kalor.



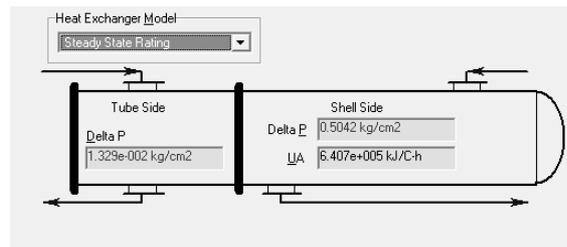
Overall Performance	
Duty	8.305e+06 kJ/h
Heat Leak	0.000e-01 kJ/h
Heat Loss	0.000e-01 kJ/h
UA	6.41e+05 kJ/C-h
Min. Approach	11.909 C
LMTD	12.96 C

Detailed Performance	
UA Curvature Error	0.0000 kJ/C-h
Hot Pinch Temp	46.9088 C
Cold Pinch Temp	35.0000 C
Ft Factor	1.000
Uncorrected LMTD	12.961 C

Gambar 1. Layar Performance

Pressure Drop

Penilaian efektivitas dari alat penukar kalor dalam simulasi ini dilihat dari nilai delta P atau *pressure drop* hasil perhitungan yang akan dibandingkan dengan data *pressure drop* yang diijinkan oleh *base design*.



Gambar 2. Layar Design-Parameters

Dari Gambar 2 diketahui bahwa nilai ΔP pada *Tube Side* adalah $1.329 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2$ dan pada *Shell Side* adalah 0.5042 kg/cm^2 . Sedangkan nilai *pressure drop* yang diperbolehkan *base design* adalah 0.46 kg/cm^2 untuk *shell* dan 0.21 kg/cm^2 untuk *tube*. Dapat disimpulkan bahwa *heat exchanger* masih dalam keadaan baik, karena nilai *pressure drop* hasil perhitungan masih jauh dibawah nilai *pressure drop* yang diperbolehkan, bahkan masih jauh dari hasil *pressure drop* yang dihitung oleh *base design*, yaitu 0.45 kg/cm^2 untuk *shell* dan 0.09 kg/cm^2 untuk *tube*.

Dari hasil perhitungan *pressure drop* diperoleh bahwa *heat exchanger* masih dalam keadaan baik, sehingga belum memerlukan *chemical cleaning* maupun *mechanical cleaning*. Nilai *pressure drop* bergantung pada nilai kecepatan aliran fluida, dan aliran massanya.

$$\Delta P_s = \frac{f_s \times (G_s)^2 \times ID_s \times (N+1)}{(5,22 \times 10^{10}) \times De \times SG_s \times \phi_s} \quad (1)$$

$$\Delta P_t = \frac{f_t \times (G_t)^2 \times L \times n}{(5,22 \times 10^{10}) \times ID_t \times SG_t \times \phi_t} \quad (2)$$

Nilai *pressure drop* yang didapat dari perhitungan berdasarkan laju alir massa yang didapatkan dari *base design* yaitu $45,446 \text{ kg/h}$ untuk *Water* dan $40,073 \text{ kg/h}$ untuk *Ammonia* dengan skala 100%, sedangkan di pemakaian aktualnya menggunakan skala 115% yaitu sekitar $49,266 \text{ kg/h}$ untuk *Water*, dan $48,300 \text{ kg/h}$ untuk *Ammonia*. Ketika pemakaian dengan skala 115% nilai *pressure drop* akan melebihi nilai yang diperbolehkan, maka dilakukan *percobaan trial and error* untuk mengetahui pada batas berapa maksimal aliran massa fluida dapat melakukan penukaran panas pada alat tanpa melebihi nilai *pressure drop* yang diperbolehkan *base design*. Data *trial dan error* disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Trial and Error Nilai Maksimal Massa Fluida

ΔP Shell (kg/cm^2)	ΔP Tube (kg/cm^2)	Massa Water (kg/h)	Massa Ammonia (kg/h)
0,5042	1.32×10^{-2}	45,446	40,073
0,5800	$1,85 \times 10^{-2}$	49,266	48,300
0,4000	1.90×10^{-2}	40,073	50,000
0,4010	3.00×10^{-2}	40,073	65,000
0,5800	1.85×10^{-2}	49,266	48,300
0,4490	8.90×10^{-2}	42,500	116,000
0,4500	8.99×10^{-2}	42,545	116,380

Dari Tabel 1, diketahui bahwa dalam kondisi aktual, ketika massa *water* $49,266 \text{ kg/h}$ dan *ammonia* $48,300 \text{ kg/h}$, nilai ΔP pada *shell*, sudah melebihi nilai *pressure drop* yang diperbolehkan oleh *base design*, artinya alat *heat exchanger* ini perlu dibersihkan karena tingginya nilai *pressure drop* merupakan salah satu indikator dan penyebab terjadinya *fouling*.

Hal ini disebabkan kadar oli yang bersirkulasi pada proses pembuatan urea cukup tinggi. Oli ini berasal dari pompa, yang nantinya akan terbawa masuk ke dalam alat penukar panas bersamaan dengan WWT. Oli yang menumpuk ini akan mengendap pada alat penukar panas.

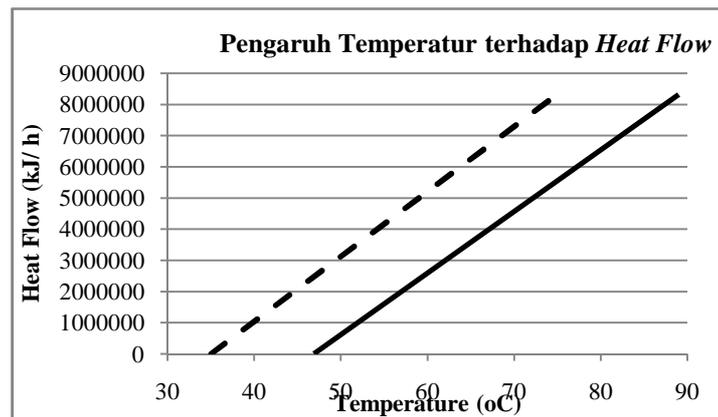
Hasil urea yang jumlahnya di atas batasan desain merupakan alasan lain *fouling factor*. Hal ini disebabkan oleh jumlah oli yang terbawa, selain itu, kalor yang dibutuhkan oleh alat-alat penukar panas pun juga lebih besar dari desain. Jika hasil urea yang didapatkan sesuai desain, maka nilai *fouling factor* yang didapatkan akan lebih dekat dengan nilai desainnya, bahkan mungkin saja bisa kurang dari nilai *fouling factor* pada alat.

Heat exchanger jika ditinjau dari nilai *pressure drop*-nya, mampu menampung massa aliran *water* sekitar 42,545 kg/h dan massa *ammonia* sekitar 116,380 kg/h untuk dapat menjalankan kerja maksimalnya.

Perbandingan antara *Heat Flow* terhadap Temperatur dan Entalpi terhadap Temperatur

Pada Gambar 3. Diterangkan bahwa garis putus-putus menunjukkan keadaan dari sisi *tube*, pada sisi *tube* temperatur masukan adalah 35 °C, temperatur keluaran adalah 75 °C, jika dilihat pada temperatur 35 °C nilai *heat flow* dalam rentang 0-100.000 kJ/h, sedangkan ketika temperatur 75°C nilai *heat flow* adalah dalam rentang 800,000 kJ/h – 900,000 kJ/h.

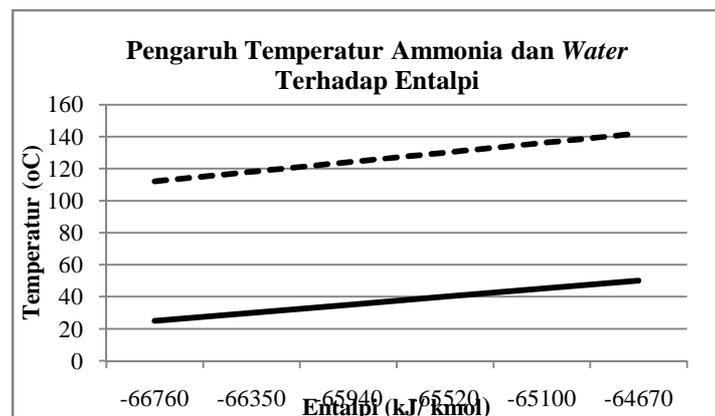
Garis tebal menunjukkan keadaan dari sisi *shell*, pada sisi *shell* temperatur masukan adalah 46,92°C, sedangkan temperatur keluaran adalah 89 °C, jika dilihat pada temperature 46,92 °C nilai *heat flow* adalah dalam rentang 0-100,000 kJ/h, sedangkan ketika temperatur 89 °C nilai *heat flow* dalam rentang 800,000 kJ/h – 900,000 kJ/h.



Gambar 3. Heat Flow-Temperatur

Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa *heat flow* dan temperatur berbanding lurus, artinya semakin besar temperatur maka akan semakin besar pula nilai dari *heat flow*, begitu juga sebaliknya, apabila temperaturnya rendah maka perpindahan panas atau *heat flow*-nya akan rendah pula. Jadi dalam penggunaan *heat exchanger*, pengaruh massa fluida, jenis fluida, dan temperatur signifikan untuk menjaga nilai *heat flow* agar performa *heat exchanger* tetap dalam keadaan baik.

Variasilain dilakukan simulasi untuk melihat pengaruh temperature terhadap nilai entalpi. Dilakukan variasi temperatur ammonia dengan temperatur antara lain: 25, 30, 35, 40, 45, 50 °C. Kemudian dilakukan variasi temperatur *water* yaitu dengan temperatur antara lain: 87, 88, 89, 90, 91, 92 °C. Hasil simulasi ditampilkan dalam Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Pengaruh Temperatur terhadap Entalpi

Dari Gambar 4 diperoleh hasil bahwa semakin tinggi temperatur, sebanding dengan kenaikan entalpinya. Dalam hal ini sifat entalpi menyatakan laju pemindahan kalor untuk proses yang pada umumnya terjadi saat penguapan atau pengembunan



Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Dalam keadaan aktual, nilai *pressure drop* dari *Heat Exchanger* pada sisi *shell* sudah melewati batas *pressure drop* yang diperbolehkan yaitu $0,58 \text{ kg/cm}^2$
2. Nilai *pressure drop* dari *Heat Exchanger* pada sisi *tube* masih dibawah nilai yang diperbolehkan yaitu $0,0185 \text{ kg/cm}^2$
3. Nilai *Heat Duty* yang dihasilkan dari simulasi adalah $8,305 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$

Saran

Cara untuk mengurangi *fouling* salah satunya ialah dengan menggunakan *mechanical cleaning*, yaitu dengan menembakkan *water jet* ke dalam alat penukar panas tersebut. Cara yang lain adalah dengan *chemical cleaning*, yaitu mensirkulasikan bahan kimia. Bahan kimia yang disirkulasi tergantung dari zat-zat yang terakumulasi dalam terjadinya *fouling*. Pada kasus ini zat-zat yang terakumulasi ialah hasil dari korosi dan mungkin juga karbamat, tetapi kemungkinan terbentuk karbamat sangat kecil. Dan kedua hal tersebut merupakan bahan anorganik. Selain bahan anorganik tersebut, ada zat organik yaitu oli yang dibawa oleh ammonia.

Daftar Notasi

ΔP	= <i>Pressure Drop</i> [psi]
f	= <i>Friction Factor (dimensionless)</i>
G	= Laju aliran massa fluida yang melewati sisi shell maupun tube [kg/hr.m^2]
ID	= <i>Inside Diameter</i> [m]
n	= Jumlah <i>passes tube</i>
N	= <i>Number of Shell Side Baffles</i>
\emptyset	= <i>Viscosity Ratio</i> (μ/μ_w) ^{0.14}
L	= Panjang <i>Tube</i> (m)
De	= <i>Diameter Ekuivalen Shell Side</i> (m)
SG	= <i>Spesific Gravity</i>

Daftar Pustaka

- Fraas, Arthur P., 1989. *Heat Exchanger Design Second Edition*. Wiley Interscience Publication: New York.
- Holman, J.P. 1997. *Heat Transfer: Sixth Edition*; McGraw-Hill Companies Inc: New York.
- Incropera, F.P. and D.P. DeWitt., 1981. *Fundamentals of Heat Transfer*. John Wiley & Sons: New York.
- Kern, D.Q, 1965, *Process Heat Transfer*. International Student Edition, Mc. Graw Hill Co, Inc: Tokyo.
- M. White, Frank. 2001. *Fluid Mechanics: Fourth Edition*. McGraw-Hill Companies Inc: New York.
- Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA), 1999. *Standard of Tubular Exchanger Manufacturers Association*, 8th Ed., TEMA, Inc: New York.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Rudy Agustriyanto (Universitas Surabaya)

Notulen : Wibiana W. N. (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Rudi Agustriyanto (Universitas Surabaya)
Pertanyaan : Mengapa melakukan simulasi dengan ASPEN?
Jawaban : Untuk merancang., untuk mengetahui efektivitas HE, alat sudah kotor atau belum dan apakah bisa digunakan untuk bahan tertentu.
2. Penanya : Sri Hastutiningrum (AKPRIND, Yogyakarta)
Pertanyaan : Bagaimana aplikasinya?
Jawaban : Misalnya untuk menghangatkan amonia. Bisa juga untuk industri lain. Data aktual dibandingkan dengan data desain. Jika melewati dari data tersebut, maka alat sudah kotor.

