

PENENTUAN PERSAMAAN KOEFISIEN PERPINDAHAN PANAS PADA CONDENSING VAPOR DENGAN CARA ANALISA DIMENSI

Sintha Soraya Santi, Guruh Wahyu D. dan NoviYudianti
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri UPN"Veteran" Jatim
Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya 60294
Telp. (031) 8706369 E-mail : sintha @ftiupnjatim.net

Abstrak

adalah sebuah alat perpindahan panas yang berfungsi untuk mengubah fase uap menjadi fase cair. Vapor didinginkan Condensing vapor dengan sebuah pipa berpenampang yang dialiri air pendingin, sehingga vapor berubah menjadi liquida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien perpindahan panas pada condensing vapor bila dikaitkan dengan laju air pendingin. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui laju air pendingin yang optimal untuk meminimalkan terjadinya scale (kerak) yang berguna untuk perancangan alat condensing vapor. Dengan mengatur kran pada pipa yang dilalui air pendingin yang keluar, maka dapat diketahui seberapa banyak air pendingin yang dibutuhkan. Dan pada setiap laju kondensasi akan diketahui perbedaan temperatur air pendingin yang mengalir pada pipa dalam dan temperatur uap yang mengalir pada annulus dapat dipakai untuk mengetahui λ , Δt_f , ρ_f , μ_f , k_f . Sedangkan rate air pendingin dapat dipakai untuk mengetahui G_f dan V . Dalam Penelitian Ini Dapat Mengetahui Perbedaan Koefisien Perpindahan Panas Yang Terjadi Pada Laju Air Pendingin Yang Berbeda, Serta Temperatur Steam Keluar, Air Pendingin Keluar Berdasarkan H_v , H_{in} , Dan H_o Yang Telah Terhitung. Dari Hasil Penelitian Diperoleh Diperoleh Model Matematis Yang Dapat Menunjukkan Hubungan Antara Besarnya Koefisien Perpindahan Panas Dengan Variable - Variable Yang Yang Berpengaruh Pada Condensing Vapor, Adalah Sebagai Berikut :

A. Untuk Pipa Vertikal :

$$\frac{h * l}{k_f} = 4196,474 * \left(\frac{\mu_f * \lambda}{k_f * \Delta t_f} \right)^{0,1733} * \left(\frac{\rho_f^2 * g * l^3}{\mu_f^2} \right)^{-0,03656}$$

B. Untuk Pipa Horisontal :

$$\frac{h * D_o}{k_f} = 911,5988 * \left(\frac{\mu_f * \lambda}{k_f * \Delta t_f} \right)^{1,3912} * \left(\frac{\rho_f^2 * g * D_o^3}{\mu_f^2} \right)^{-0,911}$$

Dengan batasan kondisi operasi $P = 6$ dan 12 Psia, $D_0 = 5$ dan $5,25$ Cm, Laju air pendingin = 130, 140, 150, 160, 170, dan 180 ml/dt

Kata kunci : koefisien perpindahan panas; condensing vapor; analisa dimensi

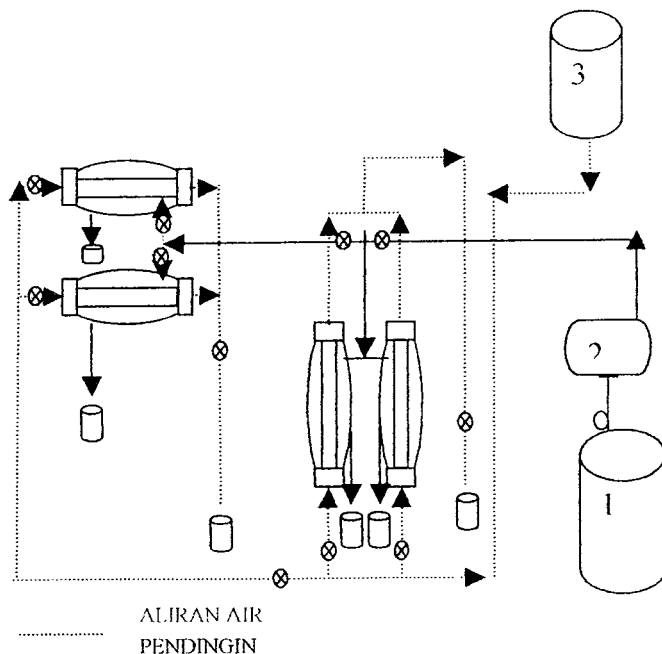
Pendahuluan

Perpindahan Panas dari satu fluida ke fluida lain melalui suatu dinding padat merupakan masalah yang sering ditemui dalam industri kimia. Panas yang dipindahkan itu mungkin berupa panas laten yang menyertai proses perubahan fase seperti kondensasi (pengembunan) dan vaporisasi (penguapan), atau mungkin pula panas yang dapat diindera (panas sensible) yang berkaitan dengan kenaikan atau penurunan suhu, tanpa suatu perubahan fase. Salah satu alat penukar panas adalah condensing vapor, pada condensing vapor terjadi perubahan fase uap menjadi fase liquid. Karena itu condensing vapor tersusun dari beberapa kondensor yang berfungsi untuk mengembunkan uap yang terjadi sehingga terbentuk kondensat. Laju pembentukan kondensat dipengaruhi antara lain oleh laju perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas yang terjadi pada condensing vapor. Besar

kecilnya laju perpindahan panas ditentukan oleh berbagai faktor, yang terutama adalah adanya *scale* (kerak) pada pipa condensing vapor. *Scale* ini terbentuk dari *inert* (pengotor) yang didapat pada air pendingin yang masuk dan menempel pada dinding pipa. Apabila *scale* semakin tebal maka laju perpindahan panas kecil sehingga suhu kondensat yang keluar tinggi. Untuk itu perlu dilakukan pembersihan *scale* pada pipa, yang berarti dilakukan pembongkaran peralatan, sedangkan pembongkaran peralatan tentunya mempengaruhi proses produksi. Untuk meminimalkan adanya pembongkaran peralatan maka pembentukan *scale* harus sekecil mungkin, dan hal itu berkaitan dengan air pendingin. Maka harus diketahui besarnya laju air pendingin yang meminimalkan pembentukan *scale*. Untuk mengetahui besarnya laju air pendingin yang tepat perlu diketahui juga koefisien perpindahan panas dinding pipa bagian dalam (h_i), dinding pipa bagian dalam terhadap bagian luar (h_{io}), dan dinding pipa bagian luar (h_o). Untuk itu perlu didapatkan bentuk persamaan perpindahan panas pada condensing vapor.

Metode Penelitian

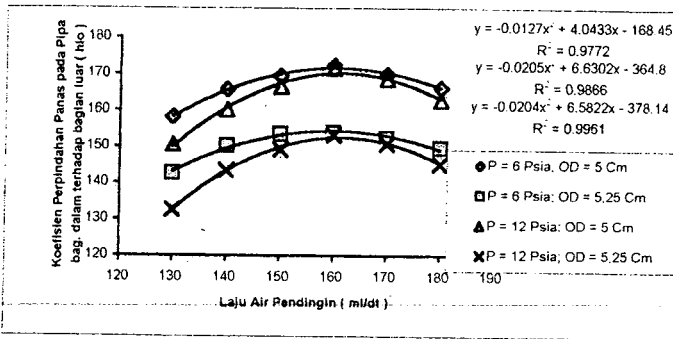
Rangkaian alat dapat dilihat pada gambar 1. Air didalam bejana dipanaskan dengan volume $\frac{3}{4}$ bagian dari tangki. Steam dengan tekanan 6 psia dialirkan kedalam condensor dengan OD/shell 5 cm, bersamaan itu dialirkan air pendingin dengan rate 130,140, 150,160,170 dan 180 ml/dt. Percobaan dilakukan juga untuk tekanan steam, OD/shell dan letak penampang yang berbeda.



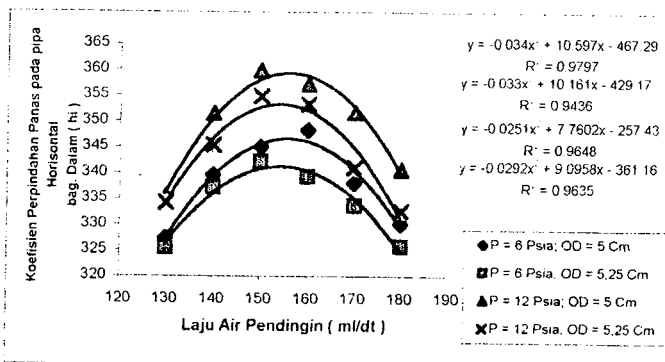
Keterangan :

1. Bejana Penguap
2. Penampung vapor
3. Penampung air pendingin
4. Condensor

Hasil Penelitian dan Pembahasan



Gambar 2. Grafik hubungan antara koefisien perpindahan panas dinding pipa vertikal bagian dalam terhadap bagian luar (h_{io}) terhadap laju air pendingin (pada tekanan berbeda, OD berbeda).



Gambar 3. Grafik hubungan antara koefisien perpindahan panas dinding pipa horisontal bagian dalam (h_i) terhadap laju air pendingin (pada tekanan berbeda, OD berbeda).

Dari gambar 2. dan gambar 3. terlihat bahwa semakin banyak laju air pendingin, maka koefisien perpindahan panas dinding pipa vertikal bagian dalam yang terjadi semakin tinggi. Akan tetapi pada laju alir pendingin tertentu akan terjadi penurunan yang disebabkan oleh terjadinya kenaikan perbedaan temperatur dinding yang semakin besar sehingga pengotor yang terdapat pada ir pendingin menempel pada permukaan dinding bagian dalam pipa membentuk scale (kerak). Dari hasil perhitungan untuk harga h_{io} , semakin banyak laju air pendingin akan menurunkan harga h_{io} , tetapi pada laju alir tertentu akan terjadi kenaikan karena adanya peningkatan laju kondensasi yang disebabkan meningkatnya nilai daya hantar panas/ koefisien panas konduksi film, densitas dan selisih entalpi vapor dan liquid.

Variabel-variabel yang berpengaruh dalam koefisien perpindahan panas adalah :

$$h = f(\lambda, \Delta T_f, \rho_f, \mu_f, \rho_g, l, k_f) \quad (1)$$

Dari perhitungan dengan cara analisa dimensi, model matematis dari hubungan antara besarnya koefisien perpindahan panas dengan variabel-variabel yang berpengaruh pada Condensing Vapor adalah sebagai berikut, persamaan perpindahan panas pada pipa vertikal :

$$\dot{h} = B(\lambda)^{2f}(\Delta T_f)^{-d}(\rho_f)^{2f}(\mu_f)^{-d-2f}(g)^f(l)^{3f-1}(k_f)^{1-d} \quad (2)$$

$$h = B * \frac{k_f}{l} * \left(\frac{\mu_f * \lambda}{k_f * \Delta T_f} \right)^d * \left(\frac{\rho_f^2 * g * l^3}{\mu_f^2} \right)^f \quad (3)$$

$$\frac{h * l}{k_f} = B * \left(\frac{\mu_f * \lambda}{k_f * \Delta T_f} \right)^d * \left(\frac{\rho_f^2 * g * l^3}{\mu_f^2} \right)^f \quad (4)$$

Persamaan perpindahan panas pada pipa horisontal, yaitu mengganti l dengan D_o yang memiliki satuan dan dimensi yang sama, sehingga persamaan (2) menjadi :

$$h = B(\lambda)^{2f}(\Delta T_f)^d(\rho_f)^{2f}(\mu_f)^{d-2f}(g)(D_o)^{3f-1}(k_f)^{1-d} \quad (5)$$

$$\frac{h * D_o}{k_f} = B * \left(\frac{\mu_f * \lambda}{k_f * \Delta T_f} \right)^d * \left(\frac{\rho_f^2 * g * l^3}{\mu_f^2} \right)^f \quad (6)$$

Harga d dan f dihitung dengan regresi linier berganda (Sujana, 1992) dengan hi, hio dan ho yang telah didapat. Hasil yang diperoleh adalah :

- Untuk Pipa Vertikal : B = 4196,474, d = - 0,1733, f = -0,03656
- Untuk Pipa Horisontal : B = 911,5988, d = 1.3912, f = -0,911

Kesimpulan

Variabel yang berpengaruh dalam koefisien perpindahan panas pada Coindensing Vapor adalah rate pembentukan kondensat dan rate alir air pendingin. Model matematik yang didapat berlaku untuk kisaran : tekanan operasi 6 dan 12 psia, diameter pipa OD = 5 dan 5,25 cm, rate air pendingin = 130, 140, 50 ,60, 170, dan 180 ml/dt.

Daftar Notasi

- ΔT_f = perubahan suhu (°F)
 G = kecepatan gravitasi (4,18.10⁸)
 GI = kecepatan alir massa pendingin (lb/j.ft²)
 H_i = koefisien perpindahan panas dinding pipa bagian dalam (Btu/j.ft².°F)
 H_{io} = koefisien perpindahan panas dinding pipa bagian dalam terhadap bagian luar (Btu/j.ft².°F)
 H_o = koefisien perpindahan panas dinding pipa bagian luar (Btu/j.ft².°F)
 ID = diameter dalam pipa (ft)
 K_F = daya hantar panas (Btu/j.ft².°F)
 L = panjang pipa kondensor (ft)
 μ_f = viscositas fluida (lbm/jam.ft)
 OD = diameter luar pipa (ft)
 ρ_f = densitas fluida (lb/ft³)

Daftar Pustaka

- Brown, G.G.et. al., (1958), "Introduction to Heat Transfer", Mc Graw Hill Book Company, Tokyo.
 Djawadi, Ir, "Heat Transfer Dalam Condensor Jenis Cangkang dan Pipa", *Jurnal Bina Widya, Edisi ke 24*, hal. 40 – 43.
 Foust, Alan, S.S, (1960), "Principle of Unit Operation", 2nd edition, John Willey and Sons, New York.
 Foust, Wensel., (1960), "Principle of Unit Operation", 6th edition, Mc Graw Hill Book Company, Pennsylvania.
 Kern, D.G, (1950), "Process Heat Transfer", 2nd edition, Mc Graw Hill International Book.
 Mc Cabe, L.W, (1985), "Unit Operation of Chemical Engineering", 4th edition, Mc Graw Hill Book Company, Singapura.
 Prof. Dr. Sudjana, M.A, MSc, 1992, "Statistika", Edisi ke 5, Tarsito, Bandung.