

PENGARUH FRAKSI UDARA TERHADAP KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR KONDENSASI REFRIGERAN PETROZON ROSSY-22 DI DALAM PIPA TEGAK

Sudarja^{*}, Purnomo^{**}, & Prajitno^{**}

^{*}Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta
Jalan Lingkar Barat Tamantirto Kasihan Bantul Yogyakarta 55183
Telp. 0274-387656

^{**}Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Jalan Grafika No.1 Bulaksumur Yogyakarta

ABSTRACT

Petrozon Rossy-22 is one of hydrocarbon refrigerants which environmentally safe, since there is no effect on either ozone depletion or global warming. In the refrigeration cycle, imperfect vacuuming process or other factors that permit circulation of air taken place in the system predicted influencing heat transfer rate in condenser. Therefore, research on the influence of air fraction against condensation heat transfer coefficient of Petrozon Rossy-22 inside vertical pipe to be done. A modified refrigeration system of vapor compression was applied in this research, where the condensation was done in the 2 meters straight vertical condenser (double pipe heat exchanger, that further called as test section). The diameter of internal and external pipe were 3/4" and 1 1/4" respectively. Electric heater was installed on upstream of the test section. Mixture of air- refrigerant was flowed downward inside internal pipe, while cooling water was flowed upward through annulus. The varied parameters were: air fraction, air-refrigerant and cooling water flow rate. The result of the research indicated that condensation heat transfer coefficient significantly decreased when air fraction increased. The proposed empiric equation is :

$$Nu = 0.0138 \cdot (1-w)^{8.8198} \cdot Re^{0.7941} \cdot Pr^{4.7315}$$

with determination coefficient of 0.6927 and average absolute deviation of 17.65 %. The equation was for $Re = 6.922-12.953$, $Pr = 2,008-2,696$, and $w = (0,25-1)\%$.

Keywords : *Petrozon Rossy 22, vertical pipe, air fraction, condensation heat transfer coefficient.*

PENDAHULUAN

Refrigeran yang beredar di pasaran saat ini dapat dikategorikan menjadi empat macam, yaitu : Chloro Fluoro Carbon (CFC), Hydro Chloro Fluoro Carbon (HCFC), Hydro fluoro Carbon (HFC), dan Refrigeran Hidrokarbon. Refrigeran jenis CFC dan HCFC merupakan zat yang dapat merusak lapisan ozon dan menyebabkan pemanasan global. Refrigeran jenis HFC tidak merusak ozon, tetapi masih potensial menyebabkan pemanasan global, karena dapat bertahan lama di atmosfer. Refrigeran jenis Hidrokarbon merupakan refrigeran alternatif yang tidak merusak lingkungan sebagaimana jenis yang lain. Saat ini Pertamina telah memproduksi dan memasarkan refrigeran jenis hidrokarbon dengan Merk Petrozon Rossy 12, Petrozon Rossy 22, dan Petrozon Rossy 34, dan sudah mulai digunakan oleh masyarakat.

Di dalam suatu siklus refrigerasi, proses kondensasi di dalam kondensor mempunyai peranan yang sangat penting, dan sangat mempengaruhi unjuk kerja sistem. Proses pemvakuman yang kurang sempurna atau adanya faktor lain yang menyebabkan masih adanya udara di dalam sistem, maka udara akan ikut bersirkulasi. Hal ini akan sangat berpengaruh pada proses kerja fluida (refrigeran) di dalam sistem. Salah satu bagian yang dipengaruhi oleh adanya udara (udara kering) yang mempunyai sifat tidak dapat mengembun (*noncondensable*) adalah kondenser, dimana proses pelepasan kalor ke fluida pendingin akan terhambat sehingga sebagian fluida kerja tidak terembunkan, dan pada akhirnya akan mempengaruhi unjuk kerja sistem secara keseluruhan.

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian tentang hubungan atau korelasi antara prosentase udara yang berada di dalam sistem terhadap koefisien perpindahan kalor kondensasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien perpindahan kalor kondensasi refrigeran Petrozon Rossy-22 dengan fraksi udara 0,25 % s/d 1% di dalam pipa tegak aliran ke bawah, menggunakan fluida pendingin air, dan mencari persamaan korelasinya.

Telah banyak penelitian yang berkaitan dengan pengaruh non condensable gas terhadap koefisien perpindahan kalor kondensasi. Wang dan Tu (1988) yang membandingkan laju perpindahan kalor kondensasi campuran uap air-udara terhadap laju perpindahan kalor uap air murni, dan menyimpulkan bahwa penurunan laju perpindahan kalor kondensasi berlangsung secara drastis dengan bertambahnya fraksi massa udara. Selanjutnya Peterson dkk (1993) melakukan penelitian perpindahan kalor kondensasi uap air-udara menggunakan teori lapisan difusi dengan seksi uji pipa ganda tegak lawan arah dengan air pendingin melewati annulus, dan mengusulkan persamaan korelasi :

$$\text{Nu}_{\text{dt}} = 0,0276 \cdot \text{Re}_d^{0,8} \cdot \text{Sc}^{0,35} ; \text{ untuk harga } \text{Re} > 2000, \quad (1)$$

dengan, $Sc = \mu/\rho.D$ adalah bilangan Schmidt fasa gas. **Ghiaasiaan dan Eghbali (1997)** menyatakan bahwa model lapisan difusi yang diusulkan Peterson dkk adalah sama dengan model lapisan film diam dengan asumsi gas ideal. Koefisien perpindahan kalor kondensasi dihitung menggunakan aplikasi empiris dengan faktor Cs sebagai tetapan yang sesuai.

$$Nu = Cs.Re^m. Pr^n \quad (2)$$

Sarto (2001) juga menyimpulkan bahwa penurunan koefisien perpindahan kalor kondensasi terjadi secara drastis dengan naiknya kandungan gas. Persamaan korelasi yang diusulkannya adalah :

$$Nu = 19,7811.(1 - Yn)^{3,0491} .Re^{0,8112} . Pr^{1/3} \quad (3)$$

Terakhir **Markus (2005)** meneliti pengaruh fraksi udara terhadap koefisien perpindahan kalor kondensasi refrigeran Petrozon Rossy-12 pada pipa tegak juga menyimpulkan bahwa koefisien perpindahan kalor kondensasi turun secara signifikan dengan meningkatnya fraksi udara di dalam sistem, dengan korelasi yang diusulkan :

$$Nu = 176,61(1 - w)^{153,13} Re_{tp}^{0,2155} Pr^{0,0661} \quad (4)$$

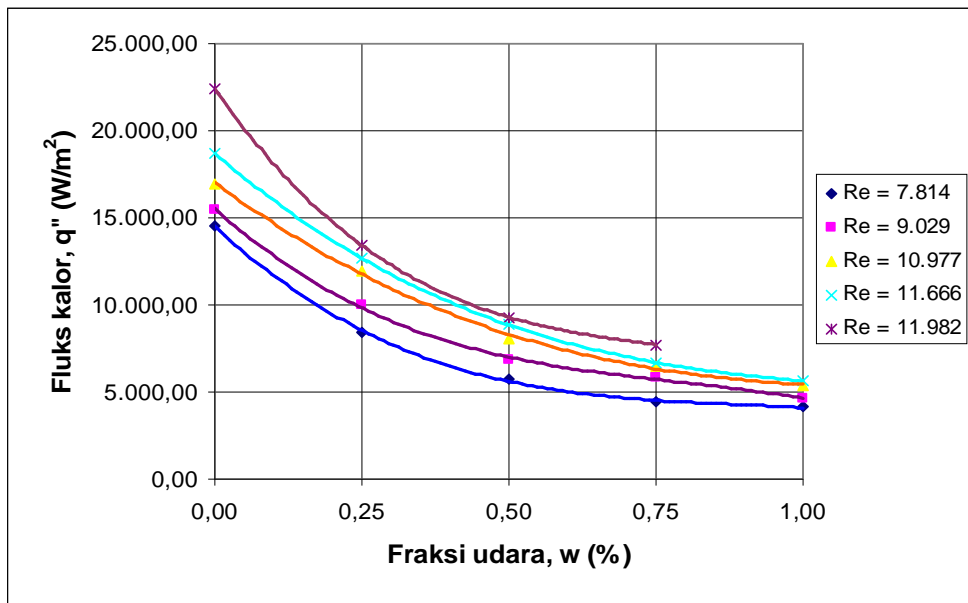
Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan rangkaian komponen sistem kompresi uap sederhana yang dimodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan menambah komponen orifice, manometer, pemanas listrik, dan seksi uji. Skema alat uji dan seksi uji digambarkan dalam lampiran 1 dan 2 berturut- turut.

Jalannya Penelitian

Diagram alir jalannya penelitian ditunjukkan pada lampiran 3. Parameter yang divariasi pada pengujian kondensasi ini adalah putaran kompresor, fraksi udara dan laju air pendingin. Putaran kompresor diatur dengan cara memvariasikan diameter puli yang dipasang pada motor listrik. Puli yang digunakan berdiameter 3", 4", 5", 6", dan 7". Fraksi udara divariasi antara 0,25 %, 0,5 %, 0,75 % dan 1.0 %, sedangkan laju air pendingin 1000, 3000, 5000 dan 7000 cm³/menit.

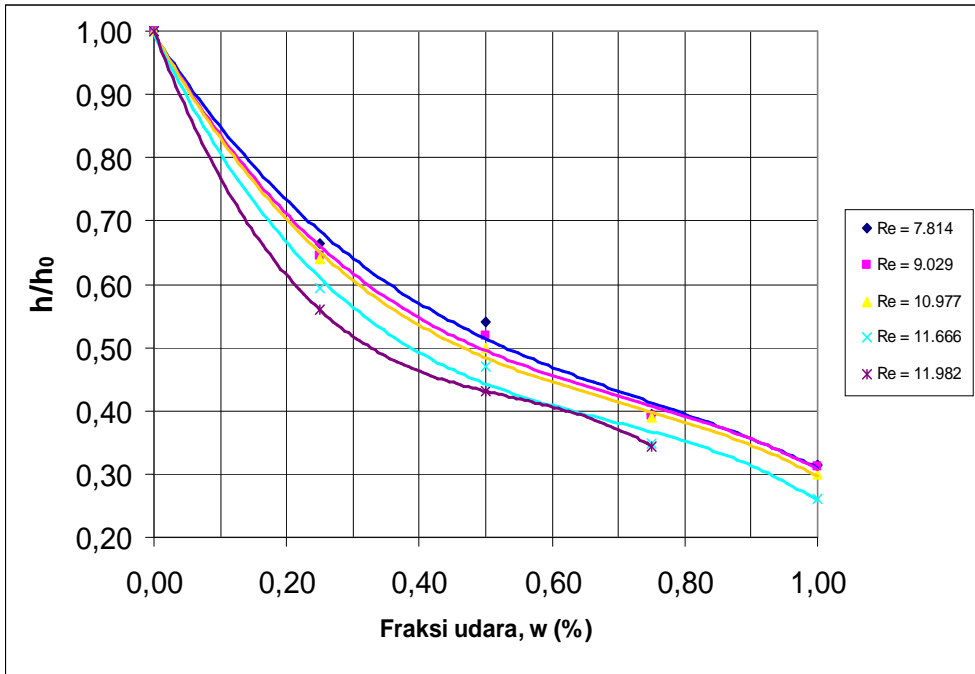
ANALISIS DAN PEMBAHASAN



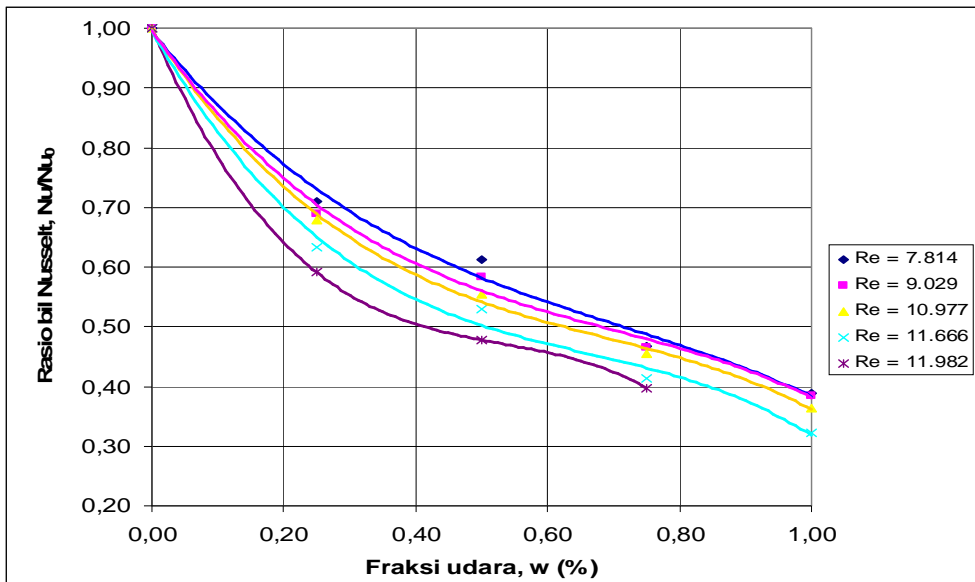
Gambar 1. Grafik pengaruh fraksi udara terhadap fluks kalor

Dari Gambar 1 di atas terlihat bahwa fluks kalor turun secara drastis dan signifikan seiring dengan bertambahnya fraksi udara yang berada di dalam sistem.

Gambar 2 di bawah memberikan ilustrasi bahwa penambahan fraksi udara memberikan efek penurunan koefisien perpindahan kalor kondensasi. Dalam hal ini h_0 menunjukkan koefisien perpindahan kalor kondensasi pada kondisi satu komponen (refrigeran tanpa udara), sedangkan h pada kondisi dua komponen (refrigeran + udara). Semakin besar bilangan Reynolds penurunannya juga semakin besar. Sebagai contoh untuk bilangan Reynolds (Re)=11.666 dengan fraksi udara yang hanya 1 % saja, penurunan koefisien perpindahan kalor kondensasi mencapai 70 %. Hal ini disebabkan antara lain, pertama : volume jenis udara jauh lebih besar dari pada volume jenis Rossy-22 sehingga dengan fraksi massa udara yang kecil, fraksi volumenya cukup besar, kedua : konduktivitas termal udara lebih kecil dibandingkan Rossy-22 sehingga campuran yang mengandung udara akan lebih sulit menghantarkan kalor ke dinding pipa.



Gambar 2. Grafik pengaruh fraksi udara terhadap rasio koefisien perpindahan kalor



Gambar 3. Grafik pengaruh fraksi udara terhadap rasio Bilangan Nusselt

Grafik pengaruh fraksi udara terhadap koefisien rasio bilangan Nusselt (Gambar 3) mempunyai kecenderungan (*trendlines*) yang mirip dengan grafik koefisien perpindahan kalor kondensasi (Gambar 2). Kenaikan fraksi udara menyebabkan penurunan bilangan Nusselt. Semakin besar bilangan Reynolds, akan semakin besar pula penurunan bilangan Nusseltnya.

Persamaan korelasi empiris yang diusulkan pada penelitian ini adalah :

$$\text{Nu} = 0,0138 \cdot (1-w)^{8,8198} \cdot \text{Re}^{0,7941} \cdot \text{Pr}^{4,7315} \quad (5)$$

dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,6927. Persamaan tersebut berlaku pada $\text{Re} = 6.992 - 12.953$, $\text{Pr} = 2,008 - 2,696$, dan fraksi massa udara (w) = (0,25 - 1) %. Sedangkan deviasi mutlak rata-rata = 17,65 %.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan di depan dapat ditarik kesimpulan,

1. Keberadaan udara di dalam sistem mengakibatkan menurunnya fluks kalor dan koefisien perpindahan kalor kondensasi. Semakin besar fraksi udara, semakin besar juga penurunan atas parameter-parameter tersebut. Sebagai ilustrasi dengan fraksi udara yang hanya 1 % saja, penurunan fluks kalor dan koefisien perpindahan kalor kondensasi mencapai sekitar 70%.
2. Untuk semua harga w , semakin besar Re , semakin besar juga fluks kalornya.
3. Korelasi yang diusulkan dari hasil penelitian ini adalah

$$\text{Nu} = 0,0138 \cdot (1-w)^{8,8198} \cdot \text{Re}^{0,7941} \cdot \text{Pr}^{4,7315}$$

dengan koefisien determinasi (R^2) = 0,6927. Persamaan tersebut berlaku pada $\text{Re} = 6.992 - 12.953$ (turbulen), $\text{Pr} = 2,008 - 2,696$, dan fraksi massa udara (w) = (0,25 - 1) %.

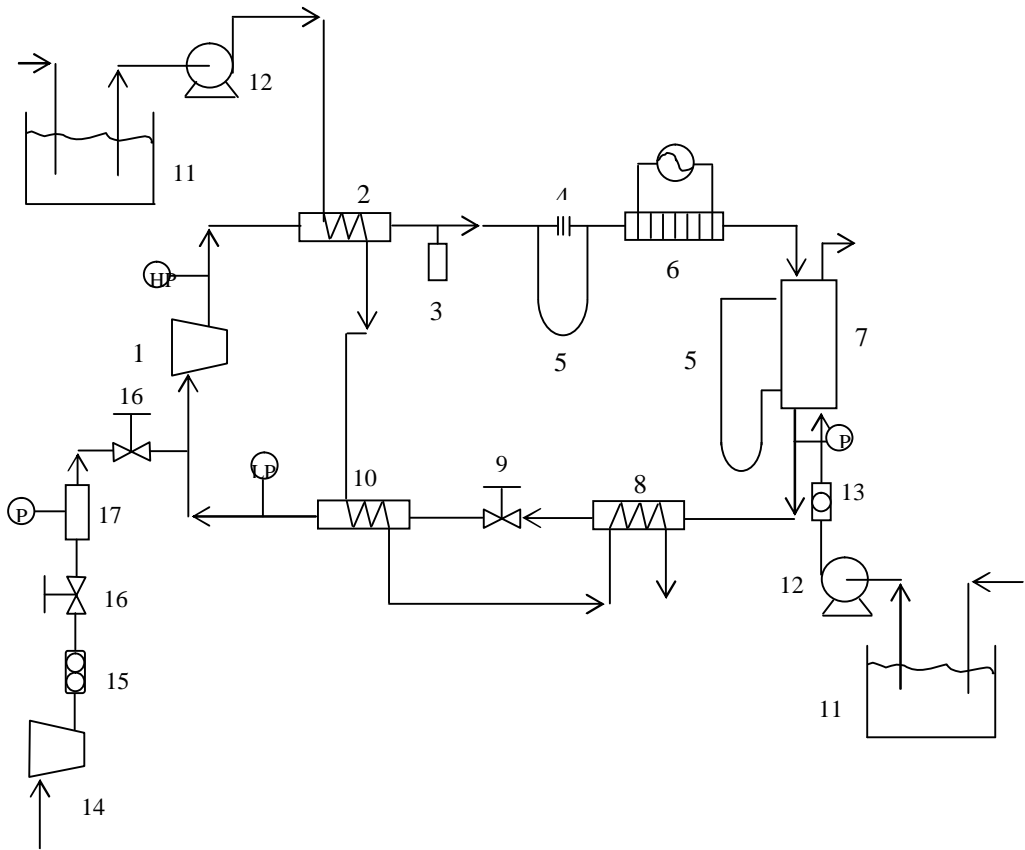
4. Penyimpangan bilangan Nusselt hasil eksperimen (Nu_{exp}) terhadap bilangan Nusselt korelasi (Nu_{kor}) sebesar ± 50 %, serta ketidakpastian rata-rata sebesar 20,75 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Burmeister, L. C., 1983, *Convective Heat Transfer*, Wiley-Interscience, New York.
- Chengel, Y. A., and Boles, M. A., 1994, *Thermodynamics : An Engineering Approach*, second edition, Mc Graw-Hill, USA.
- Collier, J. G., 1981, *Convective Boiling and Condensation*, second edition, Mc Graw-Hill Int. Book Co. (UK) Ltd.
- Ghiaasiaan, S. M., and Eghbali, D. A., 1997, *On Modeling of Turbulent Vapor Condensation With Noncondensable Gas*, Journal of Heat Transfer, vol.119, pp 373-375.

- Holman, J.P., 1981, *Heat Transfer*, 5 ed., International Student Edition, Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Holman, J.P. and Gajda Jr., W.J, 1978, *Experimental Methods for Engineering*, third edition, Mc Graw-Hill Int. Book Co., New York.
- Indrawanti, T., *Petrozon Refrigerant Produk Alternatif Non CFC Kini dan Masa Depan*, Seminar dan Peragaan Aplikasi Petrozon pada Mesin Pendingin.
- Peterson, P.F., Schrock, V. E., and Kageyama, T., 1993, *Diffusion Layer Theory for Turbulent Vapor Condensation With Noncondensable Gases*, Transactions of the ASME, vol. 115, pp. 998-1003.
- Markus., 2005, *Pengaruh Fraksi Fdara Terhadap Koefisien Perpindahan Kalor Kondensasi Refrigeran Petrozon Rossy-12 di Dalam Pipa Tegak*, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sarto, 2001, *Pengembunan Campuran Uap dan Gas Dalam Kondensor Tegak*, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suheli, 2000, *Studi Aliran Dua Fase Cair Gas Melalui Orifice*, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wang, C., and Tu, C., 1988, *Effects of Noncondensable Gas on Laminer Film Condensation in a Vertical Tube*, Int, J. Heat Mass Transfer, vol. 31, pp 2339-2345.
- Yawara. E., 2003, *Koefisien Perpindahan Kalor Kondensasi Petrozon di Dalam Pipa Tegak*, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Lampiran 1. Skema alat uji



Keterangan Gambar :

LP = Indikator tekanan rendah (0-250) psi
 HP = Indikator tekanan tinggi (0-500) psi
 P = Pressure transduser

1. Kompresor AC mobil
2. Kondensator AC window 12000 Btu/hr
3. Oil separator
4. Orifice
5. Manometer air raksa
6. Pemanas
7. Seksi uji

8. Kondensator tambahan
9. Katup ekspansi
10. Evaporator AC window 12000 Btu/hr
11. Tangki air pendingin
12. Pompa air
13. Rotameter air
14. Kompresor udara
15. Peninger udara
16. Katup manual
17. Tabung udara pencampur

Lampiran 2. Skema seksi uji

