

PENGARUH PENGGUNAAN EJEKTOR PADA SISTEM REFRIGERASI

Markus, Tandi Sutandi

Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara – Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga Bandung 40151
Telp: 022 2013789 ext. 150 Fax: 022 2011095
markus.polban@gmail.com

Abstrak

Sistem refrigerasi yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin pengkondisi udara (AC) jenis *split* dengan kapasitas kompresor 1 HP. Ejector yang dirancang akan menggantikan fungsi pipa kapiler ataupun TXV untuk meningkatkan kinerja mesin AC tersebut. Secara teori, penggunaan ejector pada penelitian ini akan dapat meningkatkan efek refrigerasi dan menurunkan kerja kompresi. Peningkatan kinerja sistem akan mengurangi konsumsi energi listrik pada saat pengkondisi udara tersebut beroperasi. Alat uji pada penelitian ini dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat dioperasikan pada kondisi standar atau konvensional (sistem beroperasi normal menggunakan pipa kapiler) dan pada kondisi menggunakan *ejector*. Berdasarkan pengujian menggunakan AC jenis *split* dengan kapasitas kompresor 1 HP didapat hasil bahwa telah terjadi peningkatan efek refrigerasi dari 165,5 kJ/kg menjadi 169 kJ/kg, atau meningkat 2,1%, dan penurunan kerja kompresi yang ditunjukkan dengan penurunan konsumsi daya listrik dari 616 Watt menjadi 550 Watt, atau turun 10%.

Kata kunci: Ejector, efek refrigerasi, kerja kompresi, daya listrik

PENDAHULUAN

Secara termodinamika, salah satu sifat yang positif dari ejector adalah proses *isentropic* pada outlet nozzle-nya. Sehingga ejector dapat digunakan sebagai alat ekspansi. Pada saat digunakan sebagai alat ekspansi, *phase* (wujud) refrigeran pada *constant area* adalah campuran antara *liquid* dan *vapor* maka penerapan ejector dengan ini dinamakan *two-phase ejector*. Penerapan *two-phase ejector* bukanlah hal yang baru, oleh karena pada tahun 1931, Gay, N.H. telah menerima paten di USA (Gay, 1931). Namun penerapan metode ini berjalan lambat. Maksudnya relatif sedikit artikel yang membahas topik ini. Artikel yang disajikan dalam seminar internasional mulai muncul pada dekade 90-an (Kornhause, 1990; Harrel and Kornhauser, 1995; Menegay and Hornhauser, 1996; Nakagawa and Takeuchi, 1998). Sedangkan artikel yang tersedia pada jurnal internasional tentang *two-phase ejector* mulai muncul pada permulaan abad ke-21 hingga sekarang (Disawas and Wongwises, 2004; Li and Droll, 2005; Nehdi et al., 2006; Deng et al., 2007; Chaiwongso and Wongwises, 2007; Elbel and Hrnjak, 2008; Elbel, 2011). Diharapkan penelitian ini dapat memberikan sumbangan perkembangan

pemanfaatan *two-phase ejector* pada mesin pengkondisi udara. Perbedaan utama dari penelitian ini dengan penelitian lainnya adalah kapasitas dan jenis pengkondisi udara yang digunakan, dan jenis refrigeran. Penelitian sebelumnya umumnya menggunakan mesin refrigerasi kapasitas besar dengan refrigeran R134a dan CO₂. Sedangkan penelitian ini akan menggunakan kapasitas kompresor yang relatif kecil, dan yang paling umum digunakan di Indonesia, dan menggunakan refrigeran R22.

METODOLOGI

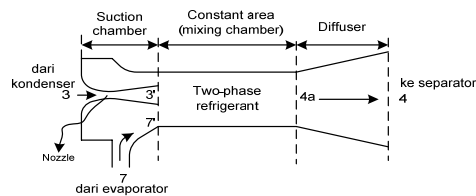
Ruang lingkup kegiatan pada penelitian ini adalah analisis karakteristik dan kinerja pada sistem hasil rancangan. Sebagian komponen pada sistem didapat dari pasaran di Indonesia, dan sebagian komponen lainnya disesuaikan dengan referensi. Dimensi *ejector* menggunakan referensi melalui *text book* maupun jurnal internasional yang terdapat pada daftar pustaka.

Pada penelitian ini akan digunakan *air conditioner* (AC) jenis *split* dengan kapasitas kompresor 1 HP, yaitu yang terdiri dari *indoor* dan *outdoor unit*.

Bagian *indoor* dan *outdoor unit* adalah bagian evaporator, tidak akan dilakukan modifikasi. Sistem yang dirancang akan diinstalasi pada meja trainer, sehingga mudah dilakukan pengamatan dan modifikasi pada bagian-bagian tertentu bila diinginkan kinerja sistem yang optimal. Pada penelitian ini, pengambilan data akan dilakukan pada system menggunakan pipa kapiler dan dengan menggunakan ejector dengan mengatur bukaan katup masukan ejector.

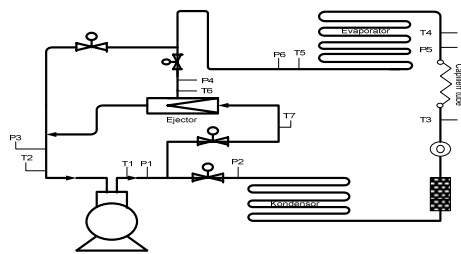
RANCANGAN SISTEM

Ejector memiliki dua inlet dan satu outlet. Dua inlet berasal dari kondenser dan evaporator. Refrigeran dari generator dalam kondisi subcooling dengan tekanan cukup tinggi, dan dinamakan *primary fluid*. Refrigerant dari dari evaporator juga dalam kondisi *two-phase* (campuran) namun dengan tekanan rendah, dan disebut *secondary fluid*. Sedangkan outlet dari ejector mengeluarkan refrigerant menuju *liquid-vapor separator*, seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Ejektor

Skema siklus refrigerasi kompresi uap menggunakan *two-phase ejector* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram pemipaan system

URGENSI PENELITIAN

Konsumsi energi listrik pengkondisi udara (AC) pada gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, dan perumahan antara 50 – 70% (Dincer, 2003). Pengurangan 10-30% konsumsi daya pengkondisi udara akan menghasilkan penghematan yang sangat besar untuk skala nasional, apalagi skala global.

Pada penelitian ini akan dilakukan penggunaan *two-phase ejector* sebagai alat ekspansi pada sistem refrigerasi siklus kompresi uap menggantikan fungsi pipa kapiler maupun TXV. Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, penghematan yang mungkin dihasilkan oleh penggunaan *two-phase ejector* ini adalah sekitar 10-30%. Pada penelitian ini akan dikaji dan dibuktikan hasil-hasil yang belum maupun yang telah dicapai oleh beberapa ahli pada penelitian yang dilakukan di luar negeri. Oleh karena alat uji pada penelitian ini menggunakan pengkondisi udara dengan tipe dan kapasitas yang paling banyak digunakan di Indonesia, diharapkan hasil-hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan oleh pihak-pihak tertentu (industri) yang berkeinginan melakukan perbaikan bagi kinerja pengkondisi udara yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan variasi 5 kondisi sistem. Kondisi system 1 menandakan system tidak menggunakan ejector, atau dengan kata lain kondisi system adalah konvensional. Kondisi system 2 sampai dengan 5 adalah menandakan bukaan katup yang mengatur aliran refrigerant melewati ejector. Kondisi 2 menandakan bukaan katup paling kecil, sedangkan kondisi 5 menandakan katup dalam kondisi bukaan penuh, atau dalam kondisi menggunakan ejector sepenuhnya.

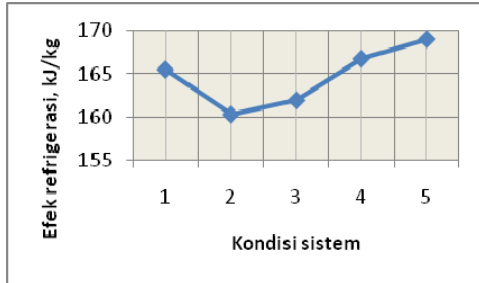
Peningkatan kinerja system ditunjukkan pada kondisi operasi 1 dan 5. Sedangkan system pada kondisi 2, dan 4 hanya sekedar melihat efek bukaan katup terhadap kinerja system. Karena dalam aplikasinya, system refrigerasi ejector tidak menggunakan katup untuk mengatur aliran refrigerant yang masuk ke dalam ejector. Sehingga aliran refrigerant di dalam system refrigerasi ejector selalu dalam kondisi system

5. Hasil dari pengujian terlihat seperti pada Tabel 1.

	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4	Kondisi 5
Efek refrigerasi (kJ/kg)	165.5	160.4	162	166.8	169
Kerja kompresi (kJ/kg)	67.5	60.5	51.1	48.8	45.8
Daya listrik (Watt)	616	506	528	550	550
COP	2.55	2.65	3.17	3.41	3.49

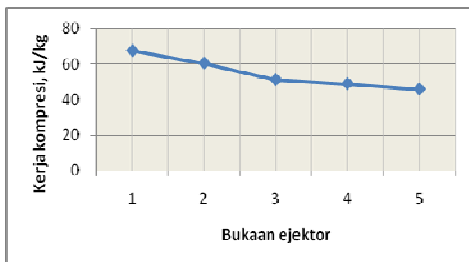
Keterangan Tabel:

Kondisi 1, system tidak menggunakan ejector
 Kondisi 2, refrigeran dari sisi discharge masuk ejector dibuka $\frac{1}{4}$ putaran
 Kondisi 3, refrigeran dari sisi discharge masuk ejector dibuka $\frac{1}{2}$ putaran
 Kondisi 4, refrigeran dari sisi discharge masuk ejector dibuka $\frac{3}{4}$ putaran
 Kondisi 5, refrigeran dari sisi discharge masuk ejector dibuka penuh



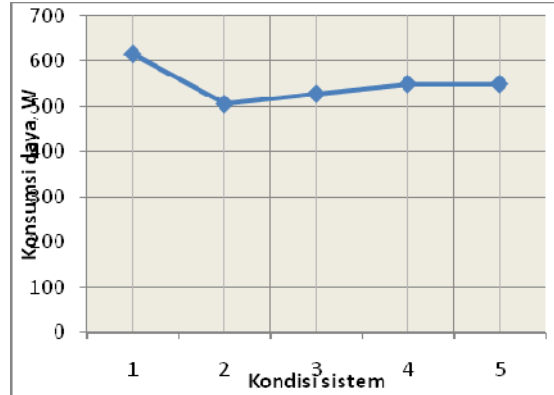
Gambar 3. Kurva efek refrigerasi terhadap kondisi system

Grafik 3 menunjukkan bahwa peningkatan efek refrigerasi masih kecil, yaitu hanya 2,1%. Sehingga terlihat bahwa pemanfaatan ejector pada system refrigerasi kompresi uap belumlah maksimal, mengingat peningkatan efek refrigerasi yang dihasilkan relative kecil.



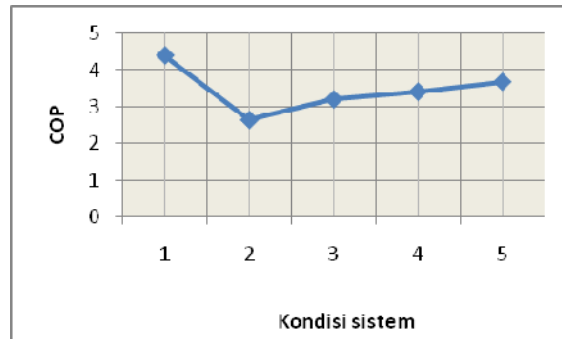
Gambar 4. Kurva kerja kompresi terhadap kondisi system

Gambar 4 menunjukkan kerja kompresi untuk berbagai kondisi system. Dari gambar tersebut nampak bahwa dengan penambahan ejector akan menurunkan kerja kompresi 22 % hingga 32 %.



Gambar 5. Kurva konsumsi daya terhadap kondisi system

Gambar 5 menunjukkan konsumsi daya untuk berbagai kondisi system. Dari gambar tersebut nampak bahwa dengan penambahan ejector akan menurunkan konsumsi daya 10 % hingga 18 %.



Gambar 6. Kurva *coefisien of performance* terhadap kondisi system

Gambar 6, menunjukkan *coefisien of performance* untuk berbagai kondisi system. Dari gambar tersebut nampak bahwa dengan penambahan ejector akan meningkatkan cop 16 % hingga 37 %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengambilan data dan analisa data didapat kesimpulan sebagai berikut,

1. Penurunan konsumsi daya mencapai 10 %
2. Peningkatan efek refrigerasi relatif tidak besar, yaitu hanya 2,1%.
3. Peningkatan kerja kompresi relatif besar, yaitu 32 %.

4. Akibat terjadinya peningkatan efek refrigerasi dan kerja kompresi, maka kenaikan COP menjadi cukup berarti, yaitu 37 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASHRAE (1983). Steam-Jet Refrigeration Equipment, Chapter 13. *Ashrae Handbook*. Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Equipment: 13.1-13.6.
2. Bilir, N. and Ersoy, H.K. (2009). Performance improvement of the vapour compression refrigeration cycle by a two-phase constant area ejector, *International Journal of Energy Research* 33: 469-480.
3. Chaiwongsa P., and Wongwises S. (2007). Effect of throat diameters of the ejector on the performance of the refrigeration cycle using a two-phase ejector as an expansion device. *International Journal of Refrigeration* 30: 601-608.
4. Chang, Y.-J. and Chen, Y.-M. (2000). Enhancement of a Steam-Jet Refrigerator Using a Novel Application of the Petal Nozzle. *Experimental Thermal and Fluid Science* 22: 203-211.
5. Deng, J.Q, Jian, P.X., Lu, T., and Lu W. (2007). Particular characteristic of transcritical CO₂ refrigeration cycle with an ejector. *Applied Thermal Engineering* 27 : 381-388.
6. Disawas, S. and Wongwises S. (2004). Experiment investigation on the performance of the refrigeration cycle using a two-phase ejector as expansion device. *International Journal of Refrigeration* 27: 578-594.
7. Dincer, I., (2003), *Refrigeration Systems and Application*, John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, England.
8. Dorantès, R., Estrada, C. A. and Pilatowsky, I. (1996). Mathematical Simulation of a Solar Ejector-Compression Refrigeration System. *Applied Thermal Engineering* 16(8/9): 669-675.
9. Eames, I. W., Aphornratana, S. and Haider, H. (1995). A Theoretical and Experimental Study of a Small-Scale Steam Jet Refrigerator." *International Journal of Refrigeration* 18 (6): 378-386.
10. Elbel, S., Hrnjak P. (2008). Experimental validation of a prototype ejector designed to reduce throttling losses encountered in transcritical R744 system operation. *International Journal of Refrigeration* 31: 411-422.
11. Elbel, S. (2011). Historical and present development of ejector refrigeration system with emphasis on transcritical carbon dioxide air-conditioning applications. *International Journal of Refrigeration* 34: 1545-1561.
12. E.W. Lemmon, M.L Huber, and M.Q. McLinde, REFPROP, Reference Fluid Thermodynamics and Transport Properties, NIST Standard Reference Database 23, Version 8.0, 2007.
13. Huang, B. J. and Chang, J. M. (1999). Empirical Correlation for Ejector Design. *International Journal of Refrigeration* 22: 379-388.
14. Huang, B. J., Chang, J. M., Wang, C. P. and Petrenko, V. A. (1999). A 1- D Analysis of Ejector Performance. *International Journal of Refrigeration* 22: 354-364.
15. IIR (2006). *Solar Cooling on the Rise*. IIF-IIR News letter. 25.
16. Li, D. Groll E.A. (2005). Transcritical CO₂ refrigeration cycle with ejector-expansion device. *International Journal of Refrigeration* 28: 766-773.
17. Nehdi, E., L. Kairouani and M. Bouzaina, (2007). Performance analysis of the vapor compression cycle using ejector as an expander, *International Journal of Energy Research* 31: 364-375.
18. Pridasawas, W. and Lundqvist, P. (2002). Working Fluid Selection for an Ejector Refrigeration Cycle. *Zero Leakage – Minimum Charge*, Stockholm, Sweden: C.9, Paris: International Institute of Refrigeration.
19. Pridasawas, W. (2006). Solar-Driven Refrigeration Systems with Focus on the Ejector Cycle, Doctoral Thesis, Department of Energy Technology, Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm, October.
20. Rogdakis, E. D. and Alexis, G. K. (2000). Design and Parametric Investigation of an Ejector in an Air-Conditioning System. *Applied Thermal Engineering* 20: 213-226.
21. Yapici, R., Ersoy H.K., Aktoprakoglu A., Halkaci H.S., Yigit O. (2008). Experimental determination of the optimum performance of ejector refrigeration system depending on ejector area ration. *International Journal of Refrigeration* 31: 1183-1189.