

PENGARUH TINGKATAN PUTARAN FAN KONDENSOR TERHADAP PERFORMANSI MESIN PENDINGIN

Mahendra¹, Ozkar Firdausi Homza¹

¹Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu,

²Teknik Mesin, Universitas Tridinanti

Email : mahenslaya@yahoo.com

ABSTRAK

Kondensor pada sistem refrigerasi adalah alat yang berfungsi untuk membuang kalor dari sistem ke lingkungan; dimana untuk ini kondensor dilengkapi sebuah fan untuk mengalirkan udara sebagai fluida pengambil kalor dari kondensor. Modifikasi fan dengan menambah fan, mengganti tipe fan atau merubah putaran fan sering dilakukan teknisi mesin pendingin untuk meningkatkan performansi sistem pendinginan. Telah dilakukan penelitian pengaruh perubahan kecepatan putaran fan kondensor terhadap prestasi kerja sistem pendingin yang menggunakan refrigeran R-404a, yaitu pada putaran fan 1000 rpm, 1300 rpm, dan 1550 rpm. Dari penelitian tersebut diambil data antara lain tekanan dan temperatur masuk/keluar refrigeran setiap komponen sistem kompresor, kondensor, dan evaporator pada setiap putaran fan kondensor. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar putaran fan kondensor koefisien prestasi sistem semakin meningkat. Putaran fan terendah 1000 rpm menghasilkan COP 2,4 dan pada putaran fan tertinggi 1550 rpm COP yang dihasilkan adalah 2,6.

Kata Kunci: Putaran *fan kondensor*, *COP*.

2. Pendahuluan

2.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya jaman maka perkembangan teknologi dibidang industri juga mengalami kemajuan yang pesat, salah satunya adalah berkembangnya teknologi industri dibidang refrigerasi dan pengkondisian udara. Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai banyak teknisi mesin pendingin memodifikasi sistem pendingin dengan menambah fan kondensor (extra fan) atau meningkatkan putaran fan kondensor. Modifikasi ini untuk mendapatkan suhu ruangan yang lebih sejuk atau dingin. Hal ini menarik untuk dikaji apakah modifikasi ini mempengaruhi kinerja sistem pendingin atau tidak.

Berkaitan dengan hal di atas selanjutnya akan dikaji pengaruh perubahan putaran fan kondensor terhadap unjuk kerja atau koefisien prestasi mesin pendingin tersebut.

2. Tinjauan Pustaka

Pada siklus kompresi uap mempunyai empat komponen utama yaitu kompresor, kondenser, expansion dan evaporator. Siklus dimulai dari kompresor disini perlakuan fluida refrigerant tekanan kerja meningkat diikuti dengan temperaturnya hal ini sesuai dengan persamaan :

$$P.V=C.T$$

Dimana :

P = Tekanan (bar)

V = Volume (m³)

C = Constanta

T = Temperatur dalam derajat celsius

Kemudian setelah fluida keluar dari kompresor fluida tersebut akan masuk kedalam kondensor. Di kondensor terjadi proses kondensasi dimana dengan tekanan tinggi tetapi temperature turun. Di kondensor terjadi perpindahan panas paksa dari Freon dengan temperature tinggi ke udara luar dengan temperature lebih rendah, bias dikatakan panas hasil proses kompresi dilepas ke lingkungan. Setelah keluar dari kondensor fluida yang sudah berubah fase menjadi cair kemudian melewati katup ekspansi, di katup ekspansi terjadi penurunan tekanan dan penurunan temperature karena mengalami proses expansi, dimana fluida dengan tekanan tinggi terjadi penyumbatan aliran dan kemudian terjadi pembesaran aliran.

Temperature yang rendah ketika melewati evaporator mengalami proses evaporasi dimana Freon menyerap panas dari luar atau ruangan. Panas dari ruangan inilah yang merubah fase pada refrigerant dari cairan menjadi gas yang selanjutnya ditarik oleh Kompresor.

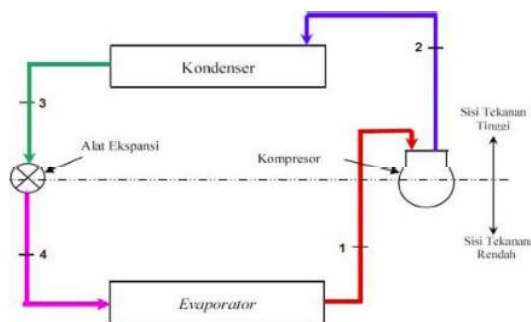
Kondensor pada sistem refrigerasi adalah alat yang berfungsi untuk membuang kalor dari sistem ke lingkungan; dimana untuk ini kondensor dilengkapi sebuah fan untuk mengalirkan udara sebagai fluida pengambil kalor dari kondensor. Modifikasi fan kondensor dengan meningkatkan putaran fan akan

meningkatkan laju aliran massa udara melalui kondensor dan juga berarti akan meningkatkan kapasitas/ beban kalor kondensor yaitu jumlah kalor yang dibuang ke lingkungan dari sistem pendingin.

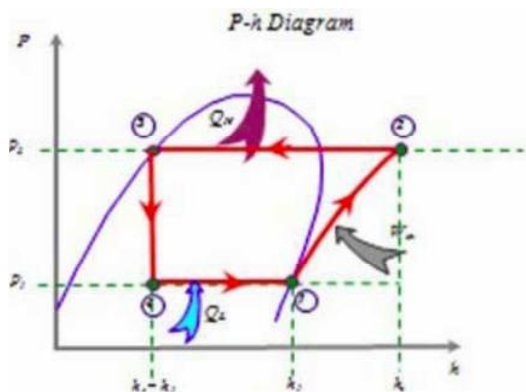
Berdasarkan keseimbangan energi sebuah sistem refrigerasi kompresi uap, beban kalor kondensor dapat dinyatakan :

$$Q_c = Q_e + W_c \quad (1)$$

Dari balans energi ini ada relasi antara beban kalor kondensor (Q_c), beban kalor evaporator (Q_e) dan kerja kompresor (W_c); perubahan beban kalor kondensor akan berdampak terhadap beban kalor evaporator dan kerja kompresor.



Gambar 1. Skematik Sistem Pendingin Kompresi Uap



Gambar 2. Diagram P-h Siklus Pendingin Kompresi Uap

Hubungan ketiga besaran ini dinyatakan dalam koefisien prestasi atau Coefficient of Performance sistem, yaitu :

$$COP = \frac{\text{Energi diserap di evaporator (watt)}}{\text{Kerja kompresor (watt)}}$$

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{Q_e}{Q_c - Q_e} \quad (2)$$

Secara termodinamika besar-besaran tersebut dapat ditentukan sbb:

Efek Refrigerasi:

$$RE = (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \quad (3)$$

Beban kalor Evaporator:

$$Q_e = \dot{m}_r (h_1 - h_4) = \dot{m}_r RE \text{ Kw} \quad (4)$$

atau,

$$Q_e = \dot{m}_{ud} (h_6 - h_5)_{udara} \quad (5)$$

Kerja Kompresi:

$$W_c = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \text{ kW} \quad (6)$$

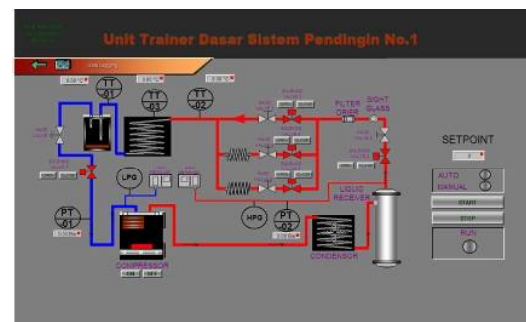
Beban kalor kondensor:

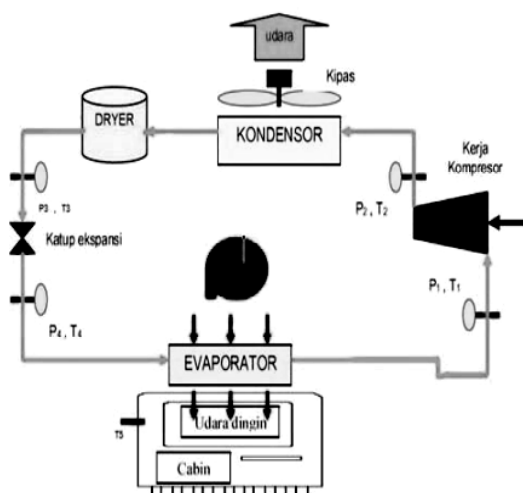
$$Q_c = \dot{m}_r (h_2 - h_3) \text{ kW} \quad (7)$$

4. Metode Penelitian

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda eksperimental, dengan membuat perangkat uji kemudian dilakukan pengambilan dan analisis data.

4.1. Diskripsi Perangkat Uji





Gambar 3. Skematik Perangkat Uji

Komponen perangkat uji:

- 1) Kompresor Hermetik.
- 2) Kondensor dengan area 0,25 m², bahan tembaga.
- 3) Evaporator tipe bare tube bahan tembaga.
- 4) Katup Ekspansi Termostatik
- 5) Fan dengan penggerak motor listrik 1 phase
- 6) Refrigeran 404-a.
- 7) Alat-alat ukur: thermocouple, velometer, tachometer, pressure gauge, stroboscope, anemometer.

3.2. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian terdiri langkah persiapan dan langkah pengujian/ pengambilan data. Langkah persiapan meliputi perakitan/ setting instalasi uji, pemvakuman, pengisian refrigeran dan tes kebocoran.

Langkah pengujian/pengambilan data dilakukan setelah sistem beroperasi sekitar 30 menit (sampai sistem bekerja normal/stedi). Pengambilan data dilakukan dengan parameter perubah yaitu putaran fan kondensor pada putaran 1000 rpm, 1300 rpm dan 1550 rpm; kemudian setiap putaran fan kondensor dilakukan pengukuran data tekanan dan temperatur masuk/keluar refrigeran setiap komponen sistem kompresor, kondensor, dan evaporator. Semua pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan. Semua data dicatat pada lembar data. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 (lima) kali dengan interval waktu + 30 menit.

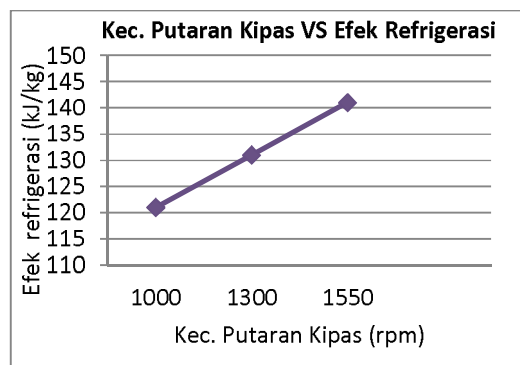
4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian didapatkan data-data seperti pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Paramet Uji Putaran Fan Kondensor 1000 rpm 1300 rpm 1550 rpm

Parameter Uji	Putaran Fan Kondensor		
	1000 rpm	1300 rpm	1550 rpm
P1 (Psi)	28	22	20
P2 (Psi)	245	230	220
T1 (°C)	30,1	27,8	27,8
T2 (°C)	67,1	70	70
T3 (°C)	34,1	30,4	30,1
T4 (°C)	-2,0	-3,8	-4,8
Twb,5 (°C)	25	25	25
Tdb,5 (°C)	27	27	27
Twb,6 (°C)	18	17,6	16,9
Tdb,6 (°C)	19	18	17,3
V _{ud,cond} (m/s)	3,0	4,0	4,8
COP	2,4	2,5	2,6

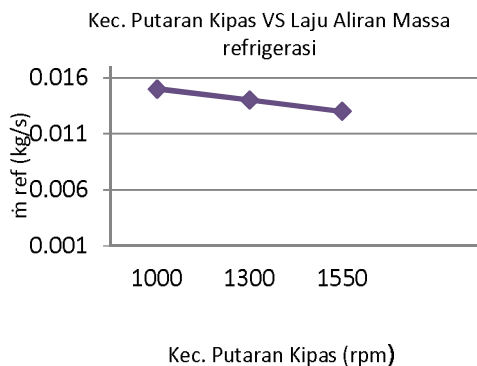
Berdasarkan data hasil pengujian diatas dilakukan analisis/ perhitungan termodinamika yang hasilnya disajikan dalam gambar-gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4. Putaran Fan Kondensor vs Efek Refrigerasi

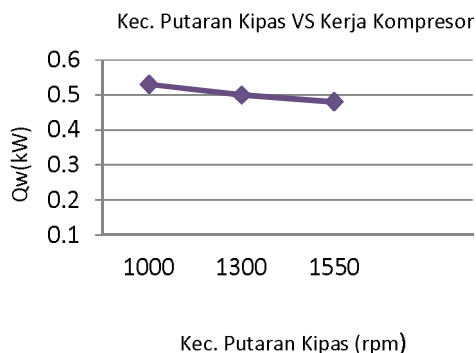
Dari gambar 4 pada putaran terendah fan, 1000 rpm efek refrigerasi yang ditimbulkan sebesar 121 kJ/kg dan pada putaran fan tertinggi, 1550 rpm efek refrigerasinya 141 kJ/kg; terjadi kenaikan efek refrigerasi dengan bertambahnya putaran fan. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya putaran fan laju aliran massa udara fan meningkat sehingga kondisi liquid keluar kondensor dapat di-subcooled lebih dalam atau ke temperatur yang lebih rendah, sebagai hasilnya fraksi massa uap refrigeran setelah diekspansi menjadi berkurang atau efek refrigerasi meningkat.

Hal ini menyebabkan laju perpindahan panas konveksi dari refrigerant kondensor menuju kesisi bagian dalam kondensor menjadi lebih besar, yang akan menyebabkan pembuangan ke lingkungan lebih besar pula. Kondisi ini mempunyai pengaruh terhadap efisiensi kerja sistem.

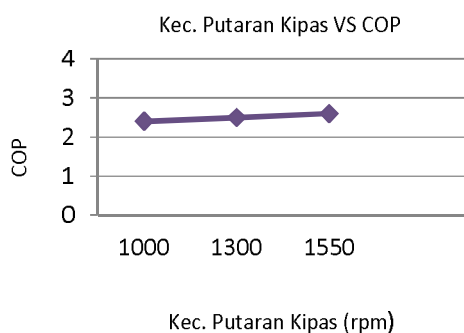


Gambar 5. Putaran Fan kondensor vs Laju Aliran Massa Refrigeran (m_{ref})

Dari gambar 5, laju aliran massa refrigeran menurun dengan meningkatnya putaran fan kondensor. Hal ini berhubungan dengan meningkatnya efek refrigerasi; untuk beban kalor evaporator/kapasitas pendinginan yang tetap, peningkatan efek refrigerasi otomatis akan menurunkan laju aliran massa yang bersirkulasi dalam sistem. Jadi ini memungkinkan dengan menaikkan putaran fan kondensor kapasitas pendinginan dapat ditingkatkan jika laju aliran massa refrigeran dipertahankan tetap atau tidak diturunkan.



Gambar 6. Putaran Fan Kondensor vs Kerja Kompresi (WC)



Gambar 7. Putaran Fan Kondensor vs Koefisien Prestasi (COP)

Dari gambar 7, terlihat bahwa menambah putaran fan kondensor akan meningkatkan koefisien prestasi (COP) sistem pendingin, pada putaran fan terendah 1000 rpm koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 2,4 dan pada putaran fan tertinggi 1550 rpm koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 2,6. Peningkatan harga COP ini sesuai dengan meningkatnya efek pendingin dan turunnya kerja kompresi dengan meningkatnya putaran fan kondensor seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4 dan 6.

Terdapat berbagai pendekatan yang dilakukan ilmuwan untuk menentukan nilai COP. Terkadang terjadi perbedaan nilai hasil COP antar metode. Hal ini dapat dimaklumi dikarenakan beberapa faktor semisal ; alat ukur yang kurang akurat dan berbeda antar peneliti, asumsi para peneliti, ketelitian peneliti dalam menentukan titik ukur dan menggambarkan kinerja sistem dalam diagram P-h.

5. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Modifikasi fan dengan merubah kecepatan putaran fan kondensor pada sistem pendingin akan mempengaruhi performansi sistem, yaitu penambahan kecepatan putaran fan akan menaikkan performansi atau COP sistem pendingin.
- 2) Kapasitas pendinginan dapat ditingkatkan dengan menaikkan putaran fan kondensor dengan mempertahankan laju refrigeran yang bersirkulasi konstan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia, Peralatan Energi Listrik : Refrigerasi dan Penyejuk AC, UNEP.
- Pudjanarsa Astu, Nursuhud, Djati, Mesin Konversi Energi, Andi, Yogyakarta. 2006.
- Stoecker W.F., Jones J.W., Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Alih Bahasa Ir.Supratman Hara, Airlangga, Jakarta. 1997.
- Dossat ray J, " PRINCIPLES OF REFRIGERATION ", Fourth Edition, International Edition, Prentice hall International Inc,1997.
- Ashrae Handbook," Fundamental Handbook", 2001.
- Lag, V Paul," Prinsiples Of Air Conditioning", Delmar Publishers Inc., Canada, 1987.