

EFEK UDARA DI DALAM SISTEM REFRIGERASI

Daud Patabang*

Abstract

The performance of refrigeration system are affected by condenser, evaporator, compressor and regulating valve. Besides cooling system itself air in the system are also considered to the performance.

The aim of this research to investigate the effect of air in the refrigeration system that cause the performance of system.

The result of this research indicates that coefficient of performance (COP) decrease falls to 37 % (from 8.4 to 5.28) due to the air in refrigerations system, on the contrary there is increasing about 40 % (from 25 kJ/kg to 35 kJ/kg) of energy in generating compressor.

Keyword: Refrigerations

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Perkembangan sistem refrigerasi dewasa ini sangat meningkat, baik kualitas maupun lingkup penggunaannya. Sistem refrigerasi digunakan untuk pengkondisian ruangan baik untuk tempat bekerja maupun untuk tempat penyimpanan bahan makanan ataupun bahan tertentu lainnya yang memerlukan pengkondisian udara. Perkembangan ini dimungkinkan karena sistem penyegaran udara dirancang untuk menghasilkan temperatur, kelembaban serta distribusi udara yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap proses serta peralatan yang dipergunakan di ruangan tersebut.

Berdasarkan tujuan perancangan dari sistem refrigerasi yaitu untuk pengkondisian udara disuatu ruangan, maka aspek teknis dari mesin yang sangat dominan dalam menentukan performansi ditentukan oleh komponen utama dari mesin pendingin yaitu kondensor, evaporator, katub ekspansi dan kompresor serta faktor-faktor lain seperti sistem pendinginan kondensor maupun evaporator dan adanya udara di dalam sistem.

Analisis tentang efek udara yang terperangkap dalam sistem refrigerasi sangat diperlukan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan, khususnya terhadap koefisien performansi yang merupakan nilai prestasi dari suatu sistem refrigerasi.

Bertitik tolak dari hal tersebut di atas maka dilakukan penelitian tentang efek udara didalam sistem refrigerasi dengan menggunakan mesin

refrigerasi R 633 yang menggunakan refrigerant R 141b.

1.2 Tujuan dan manfaat penelitian

Penelitian ini ditujukan untuk menentukan efek udara dalam sistem refrigerasi terhadap koefisien performansi dari mesin refrigerasi.

Manfaat penelitian ini adalah Memberikan informasi ilmiah tentang efek udara dalam sistem refrigerasi yang akan mempengaruhi koefisien performansi dari suatu mesin refrigerasi. Selanjutnya didalam pengoperasian suatu mesin refrigerasi diharapkan terbebas dari udara yang terperangkap dalam sistem refrigerasi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Siklus refrigerasi

Siklus refrigerasi pada mesin pendingin R633 mengikuti diagram Molier dari refrigeran R 141 b seperti pada gambar 1. Ada 4 hal pokok pada siklus refrigerasi yaitu : *penguapan – kompresi – pengembunan – ekspansi.*

2.1.1 Bagian DA

Adalah proses penguapan di dalam evaporator. Evaporator adalah alat penukalaror yang memiliki peranan penting di dalam siklus refrigerasi. Evaporator yang digunakan di sini adalah evaporator jenis basah. Evaporator jenis basah, sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Proses penguapannya terjadi seperti pada ketel uap. Gelembung refrigeran yang terjadi karena pemanasan akan naik, pecah pada

* Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

permukaan cairan atau terlepas dari permukaannya. Sebagian refrigeran kemudian masuk ke dalam akumulator yang memisahkan uap dari cairan. Maka cairan yang ada dalam bentuk uap sajalah yang masuk ke dalam kompresor. Bagian refrigeran cair yang dipisahkan didalam akumulator akan masuk kembali ke dalam evaporator, bersama-sama dengan refrigeran cair yang berasal dari kondensor. Tabung evaporator terisi oleh cairan refrigeran, cairan refrigeran menyerap kalor dari air pendingin yang mengalir di dalam pipa. Uap refrigeran yang terjadi dikumpulkan di bagian atas evaporator sebelum masuk ke dalam kompresor. Selama proses penguapan berlangsung refrigeran berubah fasa dari cair menuju ke uap dan setelah menjadi uap secara keseluruhan (uap super panas) maka selanjutnya refrigeran tersebut siap diisap untuk dinaikkan tekanannya di dalam kompresor. Selama proses dari cair ke uap refrigeran berada dalam tekanan dan temperatur yang konstan. Untuk menguapkan refrigeran tersebut maka refrigeran didinginkan oleh air pendingin yang mengalir di dalam pipa pendingin.

2.1.2 Bagian AB

Adalah proses kompresi uap refrigeran di dalam kompresor. Uap refrigeran tersebut dinaikkan temperatur dan tekanannya secara politropik. Namun karena prosesnya mendekati kompresi adiabatik, maka dalam perhitungan dengan menggunakan diagram Mollier proses kompresi

tersebut dianggap adiabatik (isentropis). Apabila uap refrigeran di isap masuk dan dikompresikan di dalam silinder kompresor mesin refrigerasi, perubahan tekanan gas refrigeran terjadi sesuai dengan perubahan volume yang diakibatkan oleh gerak yang mengakibatkan naiknya tekanan refrigeran.

Selain tekanan uap refrigeran yang naik akibat dikompresi di dalam kompresor selama langkah kompresi, temperaturnyapun akan naik. Laju kenaikan temperatur tersebut tergantung dari jenis refrigeran yang digunakan. Untuk proses kompresi adiabatik, hubungan antara temperatur dan tekanan uap refrigeran dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

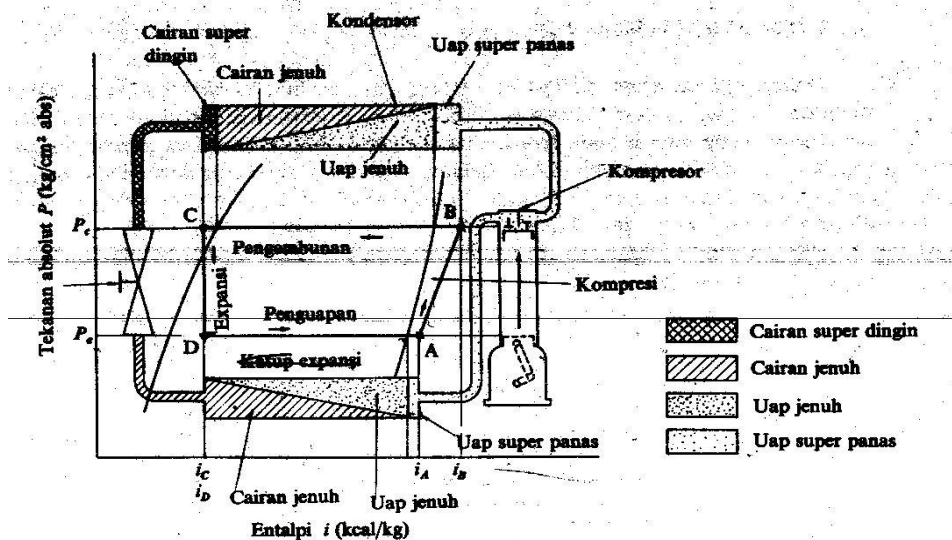
$$T_2 / T_1 = (P_2 / P_1)^{(k-1)/k} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

T₁ dan T₂ masing-masing temperatur sebelum dan sesudah kompresi.

P₁ dan P₂ masing-masing tekanan sebelum dan sesudah kompresi.

Dari persamaan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa makin tinggi harga konstanta adiabatik (k) dari uap refrigeran, maka makin tinggi pula kenaikan temperatur yang terjadi dalam proses kompresi tersebut.



Gambar 1. Diagram Mollier dari siklus Refrigerasi

2.1.3 Bagian BC

Adalah proses kondensasi (pengembunan) di dalam kondensor. Pada akhir langkah kompresi, tekanan dan temperatur bertambah disertai dengan bertambahnya entalpi dari refrigeran tersebut. Selama mengalami pengembunan akibat melepaskan panas ke udara sekitarnya melalui media pendingin air di dalam pipa, maka uap refrigeran berangsur-angsur menjadi embun (cair). Selama proses ini berlangsung maka tekanan dan temperatur refrigeran dipertahankan konstan sampai seluruhnya menjadi cair super dingin.

Kalor yang dikeluarkan di dalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator (kapasitas pendinginan), dan kerja (energi) yang diberikan oleh kompresor kepada fluida kerja (refrigeran).

2.1.4 Bagian CD

Adalah proses ekspansi (penurunan tekanan di dalam katub ekspansi). Cairan refrigeran super dingin mengalami penurunan tekanan pada entalpi konstan. Proses penurunan tekanan dari cairan refrigeran ini dimaksudkan untuk memudahkan penguapan kembali di dalam evaporator.

Katub ekspansi yang digunakan adalah katub ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigeran, yaitu agar derajat super panas uap refrigeran di dalam evaporator dapat diusahakan konstan.

2.2 Efek udara dalam sistem refrigerasi

Jika udara berada dalam suatu sistem refrigerasi, secara normal akan disapu/dibawa oleh aliran uap refrigeran dari evaporator dan akan terperangkap di dalam kondensor. Sebagai akibat dari kombinasi penyebab ini, maka udara akan mengakibatkan tekanan keluar dari kompresor meningkat dan hal ini akan menurunkan koefisien prestasi dari suatu sistem refrigerasi dan pada akhirnya akan meningkatkan daya yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor.

Kecendrungan udara yang disapu disekitar daerah perpindahan panas, akan membentuk suatu sekat batas yang akan menurunkan koefisien perpindahan panas. Hal ini akan menaikkan perubahan temperatur yang pada akhirnya akan menghasilkan laju perpindahan panas, temperatur dan tekanan saturasi (jenuh) dari refrigeran akan meningkat pula.

3. Metode Penelitian

3.1 Mesin dan peralatan yang digunakan

Mesin dan peralatan yang digunakan adalah unit refrigerasi R 633 dengan refrigeran R 141 b (gambar 2).

Spesifikasi alat :

1. Kompresor hermetic ½ HP
2. Kondensor dengan cooling area 0.032 m²
3. Evaporator Flooded type, cooling area 0.032 m²
4. Katub ekspansi, float operated needle valve

Instrumen :

1. Pressure gauge : 2 buah (range 100 sampai 250 kN m⁻²)
2. Termometer : 5 buah (range 0 sampai 50 °C)
2 buah (range -10 sampai 110 °C)
3. Flowmeter : 2 buah (range 0 sampai 50 g/s)

3.2 Prosedur penelitian

Prosedur penelitian adalah:

1. Unit siklus refrigerasi R633 dijalankan pada kondisi normal dan laju aliran air pendingin pada evaporator diatur sehingga tekanan evaporator berada di bawah tekanan atmosfer.
2. Udara yang ada dalam sistem dibuang melalui venty air.
3. Mesin refrigerasi tersebut dijalankan beberapa menit untuk mencapai kondisi temperatur operasi normal kemudian catat semua temperatur sistem, tekanan dan mass flowrate air pendingin, juga catat laju kondensasi pada koil pendingin kondensor.
4. Hubungkan sudut akhir (angled end) dari charging line (C45/2) yang dihubungkan dengan accessories kit ke katub pengisian di dasar evaporator
5. Perhatikan tekanan terukur evaporator dan buka secara cepat katub di dasar evaporator. Tekanan evaporator akan mengindikasikan adanya peningkatan tekanan seiring dengan dibukanya katub tersebut.
6. Ulangi bukaan katub hingga tekanan kondensor menjadi dua kali dari nilai semula, catat seluruh parameter.
7. Ulangi prosedur eksperimen untuk kondisi bebas udara, dan catat seluruh parameter.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data eksperimen

Data eksperimen ditabelkan pada Tabel 1.

Dari data hasil eksperimen pada table 1, dengan menggunakan Diagram Molier refrigeran Forane R141 b maka dapat dihitung koefisien performance (COP) dari tiap kondisi pengujian dengan hasil sebagai berikut :

1. Untuk kondisi normal (tanpa udara) di dalam sistem :

Efek refrigerasi $q_e = h_a - h_d$

$q_e = (440 - 230) \text{ kJ/kg} = 210 \text{ kJ/kg}$

Kerja kompresi : $W_k = h_b - h_a$

$W_k = (465 - 440) \text{ kJ/kg} = 25 \text{ kJ/kg}$

Koefisien Prestasi $COP = q_e / W_k$
 $COP = 210 / 25 = 8,4$

2. Untuk kondisi dengan adanya udara dalam sistem

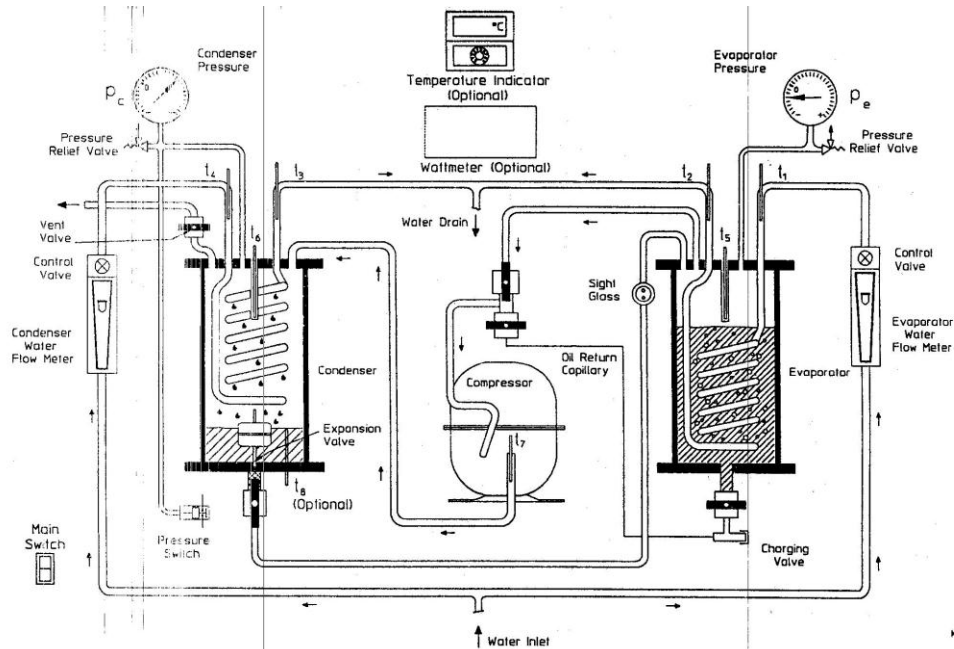
Efek refrigerasi $q_e = h_a - h_d$

$q_e = (445 - 260) \text{ kJ/kg} = 185 \text{ kJ/kg}$

Kerja kompresi $W_k = h_b - h_a$

$W_k = (480 - 445) \text{ kJ/kg} = 35 \text{ kJ/kg}$

Koefisien Prestasi $COP = q_e / W_k$
 $COP = 185/35 = 5,28$



Gambar.2.Mesin Refreigerasi R 633

Tabel 1. Data hasil eksperimen pada, tekanan atmosfir lokal : 101 kN m^{-2}

Kondisi pengukuran		Bebas udara	Dengan udara
Tekanan ukur evaporator,	$P_e \text{ (kN m}^{-2}\text{)}$	- 67	- 64
Tekanan absolute evaporator,	$Pa_e \text{ (kN m}^{-2}\text{)}$	34	37
Temperatur evaporasi,	$t_5 \text{ (}^\circ\text{C)}$	3.5	5.0
Laju aliran massa air pendingin Evaporator,	$m_e \text{ (g/s)}$	20.0	20.0
Temperatur air masuk evaporator,	$t_1 \text{ (}^\circ\text{C)}$	10.5	10.5
Temperatur air keluar evaporator,	$t_2 \text{ (}^\circ\text{C)}$	9.0	10
Tekanan ukur kondensor,	$P_c \text{ (kN m}^{-2}\text{)}$	-20	58
Tekanan absolute kondensor,	$Pa_c \text{ (Kn m}^{-2}\text{)}$	81	159
Temperatur kondensasi,	$t_6 \text{ (}^\circ\text{C)}$	25	30
Laju aliran massa air pendingin kondensor,	$m_c \text{ (g/s)}$	4.0	4.0
Temperatur air masuk kondensor,	$t_4 \text{ (}^\circ\text{C)}$	12.0	12.0
Temperatur air keluar kondensor,	$t_3 \text{ (}^\circ\text{C)}$	21	19.5

5. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan pada kedua pengujian didapatkan bahwa dengan adanya udara di dalam sistem membuktikan adanya penurunan prestasi sistem refrigerasi sekitar 37 %, dan meningkatkan kerja kompresi sebesar 40 % yang berarti jumlah energi yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor meningkat 40 %.

6. Daftar Pustaka

- Arismunandar Wiranto, 1981, *Penyegaran Udara*, PT Pradnja Paramita, Jakarta
- Holman, JP 1997, *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga Jakarta
- P.A.Hilton, 1997, *Experimental operating and Maintenance Manual Refrigeration Cycle Demonstration unit R633*, Horsebridge England
- Joel Rayner, nd., *Basic Engineering Thermodynamics in SI unit*, Longman Group Limited.