

ANALISIS KARAKTERISTIK UNJUK KERJA KONDENSOR PADA SISTEM PENDINGIN (AIR CONDITIONING) YANG MENGGUNAKAN FREON R-134 a BERDASARKAN PADA VARIASI PUTARAN KIPAS PENDINGIN

Saut Siagian

Program Studi Teknik Mesin FT UPN "Veteran" Jakarta
Jl. RS.Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan 12450
Telp 021.7658971

Abstract

Air conditioning in the room is used to regulate humidity, heating and cooling the air in the room. This conditioning aims to provide comfort, so as to reducing fatigue. To get the air temperature corresponding to the desired lot alternative that can be applied, such as by increasing the heat transfer coefficient condensation and by adding the speed of cooling air in the condenser that will obtained coefficient greater performance. The method used in this study was experiments using the equipment of the machine refrigeration air conditioning system in the energy Conversion Laboratory designed by students of the faculty of Engineering , recorded data such as temperature, pressure and the pressure difference in the compressor. To make variations in condenser fan shaft rotation is done by making several changes to the motor frequency power move. Variations condenser fan rotation electric motor used is 50 rpm up to 120 rpm. The registration data such as pressure and temperature subsequently plotted on P-h chart for the refrigerant R-134a. Based on the discussion and the calculation of the data obtained, it can be a number of conclusions and performance characteristics of the cooling system, greater the flow rate air to cool the condenser then the coefficient of achievement is increasing. Because the rate of large heat release will impact on condenser temperatures are getting lower, so can achieve lower temperatures again in evaporator output. So the compressor work more light on the variation rate of heat release most.

Keywords: condenser, fan motor, refrigerant R-134a, air conditioning, Coefficient of performance, Variation rotation

PENDAHULUAN

Proses pendinginan atau refrigerasi pada hakekatnya merupakan proses pemindahan energi panas yang terkandung di dalam suatu ruangan. Sesuai dengan hukum kekekalan energi maka kita tidak dapat menghilangkan energi tetapi hanya dapat memindahkannya dari satu substansi ke substansi lainnya. Untuk keperluan pemindahan energi panas ruang, dibutuhkan suatu fluida penukar kalor yang selanjutnya disebut Refrigeran.

Pengkondisian udara pada suatu ruang mengatur mengenai kelembaban, pemanasan dan pendinginan udara dalam ruangan. Pengkondisian ini bertujuan memberikan kenyamanan, sehingga mampu mengurangi kelelahan yang efeknya untuk meningkatkan kebugaran. Sistem pengkondisian udara pada suatu ruang umumnya terdiri dari evaporator, kondensor, receiver dan kadangkadang dilengkapi elemen pemanas yang tergabung

menjadi satu dalam *evaporator housing*.

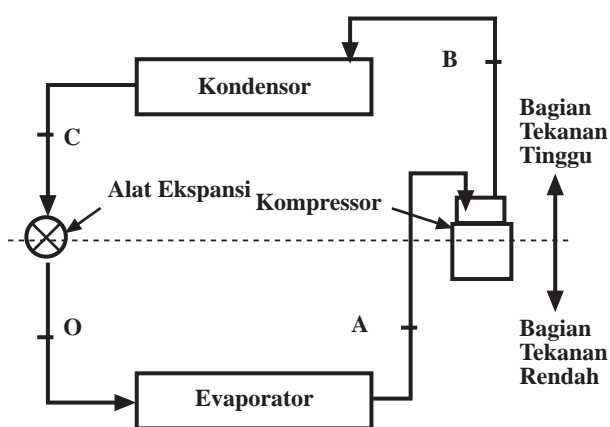
Sistem refrigerasi yang paling sederhana memiliki komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator .

Untuk mendapatkan suhu udara yang sesuai dengan yang diinginkan banyak alternative yang dapat diterapkan, diantaranya adalah dengan menaikkan koefisien perpindahan kalor kondensasi dan dengan menambahkan kecepatan udara pendingin pada kondensor sehingga akan diperoleh harga koefisien prestasi yang lebih besar . Lebih lanjut Kusnanto mengatakan bahwa dengan menambahkan kecepatan udara pendingin pada kondensor maka laju aliran massa akan menurun sehingga menyebabkan daya kompresor juga mengalami penurunan. Namun demikian fenomena ini perlu dikaji lebih jauh arus laut yang sering mengalami patah.

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip Kerja Mesin Pendingin

Refrigerant merupakan media pemindah kalor pada system refrigerasi, dimana refrigerant menyerap kalor pada tekanan rendah melalui evaporator dan melepaskan panas pada tekanan tinggi melalui kon- densor. Evaporator menyerap panas dari ruangan yang dikondisikan sehingga temperatur ruangan menjadi dingin dan refrigerant bertekanan rendah di dalam evaporator mengalami pendidihan. Uap refrigeran tersebut kemudian dikompresikan oleh kompresor ketekanan tinggi sehingga temperatur uap refrigeran tersebut juga mengalami kenaikan sehingga panas refrigerant tesebut dapat dilepaskan ke lingkungan melalui kondensor sedangkan refrigeran mengalami kondensasi sehingga refrigeran berubah fasa menjadi cairan pada tekanan tinggi. Cairan refrigeran tersebut kemudian diekspansikan ke tekakanan evaporator untuk siklus selanjutnya oleh alat ekspansi . Siklus refrigerasi dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Siklus refrigerasi Standart

Pada gambar 1 diatas menunjukkan kom -ponen komponen dan siklus sederhana dari system pendingin berdasarkan siklus kompresi uap standart.

Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem kompresi uap, karena kompresor adalah pemompa bahan pendingin keseluruhan sistem. Pada sistem refrigerasi kompresor bekerja membuat perbedaan tekanan, sehingga bahan pendingin dapat mengalir dari satu bagian ke bagian yang lain dalam sistem. Karena ada perbedaan tekanan antara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah, maka bahan pendingin dapat mengalir melalui

alat pengatur bahan pendingin ke evaporator. Kompresor dalam system refrigerasi berfungsi untuk :

- Menurunkan tekanan di dalam evaporator, sehingga bahan pendingin cair di evaporator dapat mendidih atau menguap pada suhu yang lebih rendah dan menyerap panas lebih banyak dari ruang di dekat evaporator.
- Menghisap bahan pendingin gas dari evaporator dengan suhu rendah dan tekanan rendah lalu memampatkan gas tersebut sehingga menjadi gas suhu tinggi dan tekanan tinggi. Kemudian mengalirkan ke kondensor, sehingga gas tersebut dapat memberikan panasnya kepada zat yang mendinginkan kondensor lalu mengembun. Untuk menentukan beberapa suhu yang harus dicapai oleh evaporator, antara lain ditentukan oleh beberapa rendah suhu penguapan di evaporator. Hal ini bergantung dari bahan pendingin dan macam kompresor yang dipakai. Kompresor yang banyak dipakai ada 2 macam yaitu:

1. Kompresor torak (*Reciprocating*)
2. Kompresor rotari (*Rotary*)

Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor dan mengubah wujud bahan pendingin dari dari gas menjadi cair. Selain itu kondensor juga digunakan untuk membuat kondensasi bahan pendingin gas dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan tinggi . Kondensor ada tiga macam menurut pendinginannya yaitu

1. Kondensor dengan pendinginan udara (*aircooled*)
2. Kondensor dengan pendinginan air (*watercooled*)
3. Kondensor dengan pendinginan campuran udara dan air (*evaporative*)

Faktor penting yang menentukan kapasitas kondensor dengan pendinginan udara adalah

1. Luas permukaan yang didinginkan dan sifat perpindahan kalornya.
2. Jumlah udara permenit yang dipakai untuk mendinginkan
3. Perbedaan suhu antara bahan pendingindengan udara luar.
4. Sifat dan karakteristik bahan pendingin yang dipakai.

Laju perpindahan kalor yang dibutuhkan di dalam kondensor merupakan fungsi dari kapasitas refrigerasi, suhu penguapan serta suhu pengembunan.

Uap refrigerant yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin (atau dengan udara pendingin pada system dengan pendinginan udara) yang ada pada temperature normal. Dengan kata lain, uap refrigerant menyerahkan panasnya (kalor laten penguapan) kepada air pendingin (atau udara pendingin) di dalam kondensor, sehingga mengembun dan menjadi cair. Jadi, karena air (udara) pendingin menyerap panas dari refrigerant, maka ia akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor.

Selama refrigerant mengalami perubahan dari fase uap ke fase cair, di mana terdapat campuran refrigerant dalam fase uap dan cair, tekanan (tekanan penguapan) dan temperaturnya (temperature penguapan) konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanannya.

Table 2.1 menunjukkan hubungan antara temperature penguapan (kondensasi) dan Kalor yang dikeluarkan didalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator (kapasitas pendinginan), dan kerja (energi) yang diberikan oleh kompresor kepada fluida kerja. Dalam hal penyejukan udara, jumlah kalor tersebut kira-kira tekanan penguapan (kondensasi).

Tabel 2.1. Temperatur penguapan dan tekanan penguapan dari beberapa refrigerant

Temperatur penguapan (0C)	Tekanan (lebih) penguapan (kg/cm ²)			
	R12	R22	R500	R502
5	2,67	4,97	3,31	5,75
6	2,78	5,15	3,46	5,96
7	2,91	5,35	3,61	6,17

Sumber : ASHRAE *Hand Book of Fundamentals*, 1972

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. Dalam hal penyejukan udara, jumlah kalor tersebut kira-kira sama dengan 1,2 kali kapasitas pendinginannya.

Uap refrigerant menjadi cair sempurna di dalam kondensor, kemudian dialirkan ke dalam pipa evaporator melalui katup ekspansi. Dalam hal ini, temperature refrigerant cair biasanya 2 –

3 – C lebih rendah dari pada temperature refrigerant cair jenuh pada tekanan kondensasinya. Temperature tersebut menyatakan besarnya derajat pendinginan lanjut (*degree of subcooling*).

Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menyerap panas dari udara atau benda di dalam lemari es dan mendinginkannya. Kemudian membuang kalor tersebut melalui kondensor diruang yang tidak didinginkan. Kompresor yang sedang bekerja menghisap bahan pendingin gas dari evaporator, sehingga tekanan didalam evaporator menjadi rendah dan vakum.

Evaporator fungsinya kebalikan dari kondensor, yaitu membuang panas kepada udara sekitar tetapi untuk mengambil panas dari udara didekatnya. Perencanaan evaporator harus mencakup : penguapan yang efektif dari bahan pendingin dengan penurunan tekanan yang minimum dan pengambilan panas dari zat yang didinginkan secara efisien. Perencanaan evaporator tergantung dalam penempatan dan zat yang akan langsung didinginkan apakah berwujud : gas, cair atau padat. Pada semua keadaan beban, bahan pendingin akan penguap waktu mengalir sepanjang pipa evaporator atau permukaan evaporator dan diusahakan agar cairan tetap membasai semua bagian dari evaporator.

Berdasarkan prinsip kerjanya evaporator dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. *Evaporator banjir (flooded evaporator)*
2. *Evaporator kering (dry or direct-expansion evaporator)*

Evaporator (penguap) yang dipakai berbentuk pipa bersirip pelat. Tekanan cairan refrigerant yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata ke dalam pipa evaporator, oleh distributor refrigerant. Dalam hal tersebut refrigerant akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Apabila udara didinginkan (di bawah titik embun), maka air yang ada dalam udara akan mengembun pada permukaan evaporator, kemudian ditampung dan dialirkan keluar. Jadi, cairan refrigerant diuapkan secara berangsur – angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan, selama mengalir di dalam setiap pipa dari koil evaporator. Selama proses penguapan itu, di dalam pipa akan terdapat campuran refrigerant dalam fase cair dan gas. Dalam keadaan tersebut, tekanan (tekanan

penguapan) dan temperaturnya (temperature penguapan) konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanan refrigerant di dalam evaporator. Table 2.2 menunjukkan hubungan antara temperature penguapan dan tekanan penguapan.

Uap refrigerant (uap jenuh kering) yang terjadi karena penguapan sempurna di dalam pipa, dikumpulkan di dalam sebuah penampung uap (*header*). Selanjutnya, uap tersebut diisap oleh kompresor.

Tabel 2.2 Temperatur penguapan dan tekanan penguapan dari beberapa refrigerant

Temperatur penguapan (0C)	Tekanan (lebih) pengembunan (kg/cm2)			
	R12	R22	R500	R502
5	2,67	4,97	3,31	5,75
6	2,78	5,15	3,46	5,96
7	2,91	5,35	3,61	6,17

Sumber: ASHRAE *Hand Book of Fundamentals*, 1972

Ekspansi

Alat ekspansi mempunyai dua fungsi yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator.

Jenis alat-alat ekspansi:

- Pipa kapiler

Pipa kapiler dibuat dari pipa tembaga dengan lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang kapiler dapat mengontrol jumlah bahan pendingin yang mengalir ke evaporator. Fungsi Pipa kapiler adalah :

* Menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir didalamnya.

* Mengatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir melaluinya.

* membangkitkan tekanan bahan pendingin di kondensor Katup ekspansi berpengendali superheat (panas lanjut) Jenis alat ekspansi yang paling populer untuk sistem refrigerasi berukuran sedang adalah katup berkendali lanjut panas atau katup ekspansi termostatik. Pengendalian tidak digerakkan oleh suhu di dalam evaporator, tetapi oleh besarnya panas lanjut gas hisap yang meninggalkan evaporator. Katup ekspansi panas-lanjut mengatur laju aliran refrigeran cair yang besarnya sebanding dengan laju penguapan didalam evaporator.

- Katup ekspansi tekanan konstan

Katup ekspansi tekanan konstan berfungsi mempertahankan tekanan yang konstan pada sisi

keluarnya, yang merupakan masukan evaporator. Katup tersebut mengindera tekanan evaporator, dan bila tekanan tersebut turun kebawah sampai batas kendali, maka katub membuka lebih besar. Bila teknan evaporator naik keatas batas kendali, katup tersebut menutup sebagian.

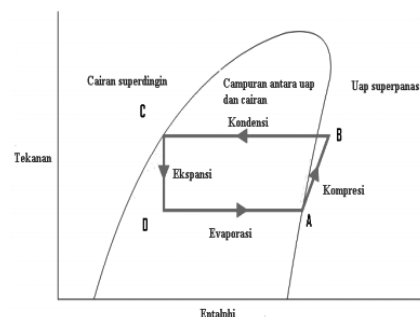
- Katup apung (*float valve*)

Katup apung adalah suatu jenis katup ekspansi yang mempertahankan cairan berada pada level yang konstan didalam suatu wadah atau evaporator. Dengan mempertahankan level cairan didalam evaporator, katup apung selalu menciptakan kondisi aliran yang seimbang antara kompresor dan katup itu sendiri.

Setiap alat tersebut terakhir dirancang untuk suatu penurunan tekanan tertentu. Katup ekspansi yang biasa dipergunakan adalah katup ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigerant, yaitu agar derajat super panas uap refrigerant di dalam evaporator dapat diusahakan konstan. Dalam penyegar udara yang kecil, dipergunakan pipa kapilar sebagai pengganti katup ekspansi. Diameter dalam dan panjang dari pipa kapilar tersebut ditentukan berdasarkan besarnya perbedaan tekanan yang diinginkan, antara bagian yang bertekanan tinggi dan bagian yang bertekanan rendah, dan jumlah refrigerant yang bersirkulasi. Cairan refrigerant mengalir ke dalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga menguap secara berangsur –angsur. Selanjutnya proses siklus tersebut di atas terjadi berulang-ulang.

Tinjauan Termodinamika Siklus Refrigerasi

Siklus refrigerasi akan dapat diilustrasikan dengan mudah melalui diagram moiler secara sekematis sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram P-h siklus kompresi uap

Proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap standar adalah :

Proses 1-2, merupakan kompresi adiabatik dan reversibel dari uap jenuh menuju tekanan

kondensor. Apabila perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan, maka kerja kompresor adalah:

$$\dot{W}_{in} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots\dots[1]$$

Proses 2-3 adalah proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuper heating*) dan pengembunan refrigeran. Kapasitas laju aliran kalor kondensasi

$$\dot{Q}_{out} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_3) \dots\dots\dots[2]$$

Proses 3-4 ialah proses ekspansi tidak Reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pengecilan (*throttling process*) pada sistem pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau katup ekspansi. Proses di sini berlangsung pada proses adiabatik, sehingga

$$h_4 = h_3 \dots\dots\dots[3]$$

Proses 4-1 merupakan penambahan Kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Kapasitas laju aliran kalor evaporasi dirumuskan

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_1 - h_4) \dots\dots\dots[4]$$

Istilah prestasi di dalam siklus refrigerasi disebut dengan koefisien prestasi atau COP yang didefinisikan sebagai:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{in}}{\dot{W}_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots[5]$$

dimana :

- h1 = Entalpi keluar evaporator [Btu/lb]
- h2 = Entalpi masuk kondensor [Btu/lb]
- h3 = Entalpi keluar kondensor [Btu/lb]
- h4 = Entalpi masuk evaporator [Btu/lb]
- mref = Laju aliran massa refrigeran [lbm/min]

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah percobaan dengan menggunakan peralatan dari mesin refrigerasi sistem pendingin udara di laboratorium Konversi Energi yang dirakit oleh Mahasiswa Teknik Jurusan Teknik Mesin UPN“ Veteran “Jakarta, Komponen utama, alat pendukung dan alat pengukur yang telah dikalibrasi. Pengambilan data dilakukan setelah mesin pendingin berjalan selama sekitar satu jam atau setelah bekerja pada kondisi tunak.

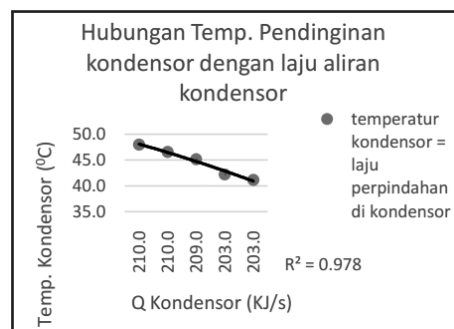
Data-data yang dicatat yaitu suhu, tekanan dan perbedaan tekanan pada orifice dengan variasi putaran kerja poros kompresor. Untuk membuat variasi putaran poros kompresor dilakukan dengan melakukan beberapa perubahan frekuensi motor listrik yang menggerakkan kompresor. Variasi putaran motor listrik fan kondensor yang digunakan adalah 50 rpm sampai dengan 120 rpm dengan interval 25 dalam pengambilan data.

Dengan bertambahnya putaran motor fan kondensor maka diharapkan jumlah aliran udara akan semakin besar sehingga laju aliran massa refrigeran akan semakin kecil. Data hasil pencatatan berupa tekanan dan temperature selanjutnya diplot pada diagram P-h untuk refrigeran Freon-134-a. Dari pembacaan ini diketahui besarnya harga entalpi pada setiap titik yaitu h1, h2, h3, h4 (kJ/kg), dan laju aliran massa refrigeran (lbm/min). Harga entalpi ini selanjutnya sebagai dasar untuk menghitung efek refrigerasi, kerja kompresi, dan koefisien prestasi dengan memanfaatkan persamaan (1) sampai (4).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan didapatkan beberapa data temperatur dan tekanan pada titik-titik yang ditentukan untuk keperluan perhitungan sebagai berikut:

Berdasarkan data dan perhitungan yang telah didapatkan diatas, maka didapatkan karakteristik dari pengaruh variasi laju pelepasan kalor kondensor Q cond (kJ/s) terhadap temperature di kondensor, seperti grafik dibawah ini:

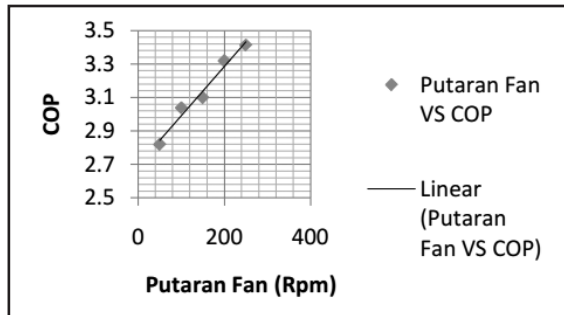


Gambar 3. Pengaruh laju pelepasan kalor kondensor terhadap temp. Kondensor.

Pada grafik diatas terlihat bahwa grafik memiliki tren yang relatif turun, nilai temperature kondensor refrigeran turun seiring dengan kenaikan laju pelepasan kalor pada kondensor. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya kecepatan

putaran kipas dari pendingin di kondensor akan mem- pengaruhi laju pelepasan kalor di kondensor, sehingga uap refrigeran akan cepat menjadi cair.

Ketika laju pelepasan kalor pada kondensor bertambah maka akan mengakibatkan Temperatur kondensor mengalami penurunan. Karena tekanan berbanding lurus dengan suhu maka tekanan kondensor akan menurun ketika suhu kondensorturun.



Gambar 4. Pengaruh kecepatan putar terhadap nilai COP.

Pada grafik diatas terlihat bahwa grafik memiliki tren yang relatif naik, nilai COP naik seiring dengan naiknya putaran kipas pendingin di kondensor. Koefisien prestasi adalah bentuk penilaian dari suatu mesin refrigeransi.

Koefisien prestasi yang tinggi sangat diharapkan. Bila ditinjau dari segi perumusan:

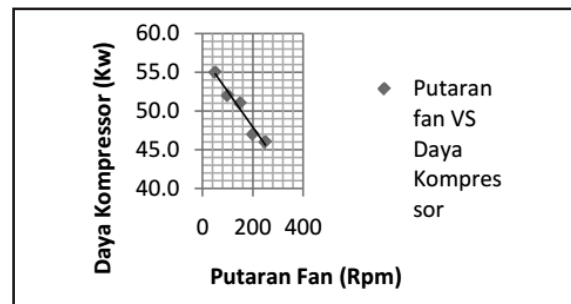
$$COP = QIN / win \quad \dots\dots 6)$$

Sehingga koefisien prestasi ditentukan oleh kapasitas refrigerasi dan daya kompresor total dari *high stage* dan *low stage*. Sedangkan daya kompresor ditentukan dari kerja kompresor itu sendiri.

Harga koefisien prestasi yang semakin besar menunjukkan bahwa kerja mesin tersebut semakin baik. Besarnya COP dipengaruhi oleh efek refrigeransi dan kerja kompresi. Kenaikan kecepatan udara pendingin kondensor menyebabkan efek refrigeransi meningkat, sedangkan kerja kompresi mengalami penurunan sehingga COP akan menjadi semakin naik.

Efisiensi tergantung pada sisi enthalpy dari kerja actual kompresor dan kerja *isentropic* kompresor. Jika selisih enthalpy pada kerja kompresor actual kecil, maka koefisien dari kompresor tersebut semakin baik. Karena semakin kecilnya selisih antara enthalpy kerja actual dari masukan dan keluaran kompresor mengakibatkan kerja actual semakin kecil nilainya. Jadi, oleh karena laju pelepasan kalor yang semakin besar,

maka temperatur kondensor menjadi semakin turun, mengakibatkan enthalpy masuk kompresor dari kerja isentropik maupun actual kompresor HS semakin turun. Akan tetapi dari analisa yang didapat, penurunan kerja pada sisi isentropik relative konstan, karena peningkatannya tidak sedrastis pada sisi actual, jika laju pelepasan kalor pada kondensor HS meningkat. Sedangkan pada kerja actual kompresor HS mengalami penurunan yang signifikan seiring bertambahnya laju pelepasan kalor pada kondensor HS, dan itulah yang menyebabkan efisiensi isentropik dari kompresor HS semakin meningkat.



Gambar 5. Pengaruh putaran fan kondensor terhadap daya kompresor.

Dari gambar grafik di atas terlihat bahwa tren dari nilai daya kompresor sistem refrigerasi semakin turun seiring dengan penambahan kecepatan putaran dari fan pendingin kondensor. Hal ini terjadi karena semakin cepat putaran fan maka berdampak pada penambahan laju kecepatan udara ke kondensor sehingga mengakibatkan laju pendinginan refrigeran naik. Kondisi yang demikian menyebabkan cepat tercapainya suhu pendinginan sehingga kerja kompresor akan semakin menurun, sehingga akan meningkatkan nilai COP system refrigeransi semakin meningkat.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan data yang diperoleh, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Semakin besar laju aliran udara untuk mendinginkan kondensor maka besarnya koefisien prestasi semakin meningkat. Karena laju pelepasan kalor yang besar akan berimbas pada *temperature* kondensor yang semakin rendah, sehingga dapat mencapai temperatur yang lebih rendah lagi pada keluaran evaporator. Jadi kerja compressor lebih ringan pada variasi laju pelepasan kalor yang paling besar.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W. dan Saito, H., 2002, "Penyegaran Udara", Cetakan ke-6, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Kusnanto, S. 2004. "Optimasi Pengaruh Kecepatan Udara Pendingin pada AC Mobil". Tugas Akhir S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Stoecker, W.F. dan Jerold, W.J., 1996, "Refrigerasi dan Penyegaran Udara". Terjemahan Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta

Yawara, Eka. Purnomo, Prajitno. 2002, "Koefisien Perpindahan Kalor Kondensasi Petrozon Rossy-12 di Dalam Pipa Vertikal", Prosiding Simposium Nasional I RAPI UMS Surakarta, 21 Desember 2002, hal: 24-28.

Yawara, Eka 2003, "Koefisien Perpindahan Kalor Kondensasi Petrozon di dalam Pipa Vertikal", Tesis S-2 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Marwan Efendi, "Pengaruh kecepatan Udara pendingin kondensor terhadap koefisien Prestasi Air Conditioning". Jurnal teknik Gelagar vol 16. 2005

Marwani, "Pengaruh perubahan Putaran Fan Kondensor terhadap Performansi Mesin pengkondisian Udara". Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke 9 Palembang.2010.

K, Handoko "Teknik Room Air Conditioner".PT Ichtiar Baru. Jakarta 1979

Althouse A.D. { 1982 }, *Modern Refrigeration and Air Conditioning*,TheGoodheart-Wilcot,Inc

Arora,CP,(1972) , *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata GrawHill Book Company, IIT, New Delhi, India

ASHRAE *Hand Book of Fundamentals*,1972

Stoecker W.F., Jerold W. Jones dan Hara S., {1996}, "Refrigerasi dan PengkondisianUdara", edisi 2, Erlangga, Jakarta.