

PENGARUH VARIASI MASSA REFRIGERAN R-12 DAN PUTARAN BLOWER EVAPORATOR TERHADAP COP PADA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA MOBIL

Dwi Basuki Wibowo ¹⁾, Muhammad Subri ²⁾, Agus Hariyanto³⁾

Abstrak

Refrigeran merupakan salah satu yang paling sering kita lihat dan kita gunakan. Refrigeran R-12 secara berangsur-angsur mulai tidak di konsumsi, ini dikarenakan refrigeran tersebut mempunyai efek negatif terhadap lingkungan seperti merusak lapisan ozon dan sifat menimbulkan pemanasan global. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan *coefficient of performance* (COP) antara High Cool dengan Low Cool, dengan memvariasikan putaran blower, isian refrigeran pada putaran yang tetap.

Kata Kunci : Variasi putaran blower, massa refrigeran , COP.

PENDAHULUAN

Penggunaan sistem pengkondisian udara pada saat ini bukan lagi merupakan suatu kemewahan, namun telah menjadi kebutuhan yang harus dipenuhi. Tanpa adanya peralatan ini banyak kegiatan yang tidak dapat dilakukan dengan baik, apalagi kegiatan yang dilakukan dalam ruangan, misalnya didalam kantor dan kendaraan, bahkan untuk beristirahatpun kebanyakan orang memerlukan penggunaan alat ini untuk kenyamanan.

Sistem pengkondisian udara merupakan suatu proses yang berlangsung secara kontinyu antar berbagai komponen seperti : kompresor, kondensor, *receiver tank*, *expansion valve* dan evaporator. Dalam kerjanya komponen-komponen tersebut berfungsi untuk mensirkulasikan refrigerant (zat pendingin) didalam membawa dan memindahkan panas. Sebagai media kerja refrigeran harus mempunyai sifat-sifat yang baik dari segi teknik seperti kesetabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan mudah diperoleh.

TINJAUAN PUSTAKA

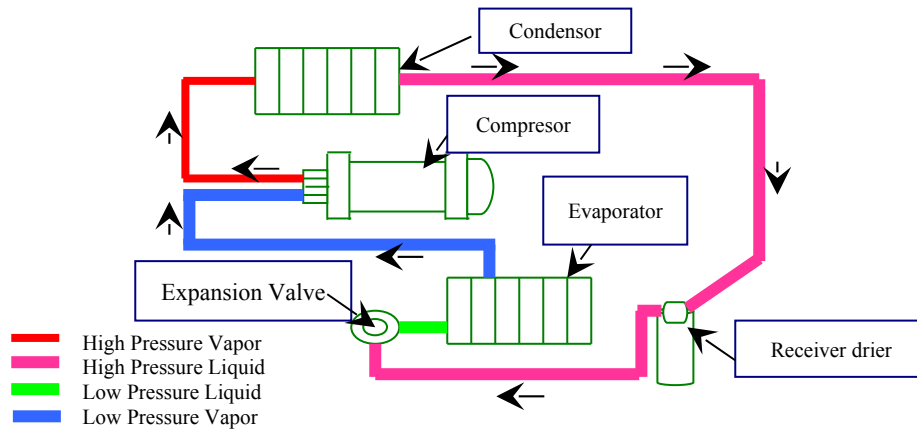
Pengkondisian udara pada kendaraan mengatur mengenai kelembaban, pemanasan dan pendinginan udara dalam ruangan. Pengkondisian ini bertujuan memberikan kenyamanan, sehingga mampu mengurangi kelelahan pengemudi yang efeknya untuk meningkatkan keamanan bagi pengemudi itu sendiri. Sistem pengkondisian udara pada kendaraan umumnya terdiri dari evaporator, kondensor, *receiver* dan kadang-kadang dilengkapi elemen pemanas yang tergabung menjadi satu dalam *evaporator housing*. (Bejo Nugroho 2002).

Prinsip kerja pada kondisi refrigeran dari sistem pengkondisian udara pada kendaraan, ditunjukkan seperti gambar berikut :

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Mesin UNIMUS

³⁾ Mahasiswa Tingkat Akhir Program S1 Teknik Mesin



Gambar 1. Kondisi Refrigeran di Setiap Komponen

Refrigeran uap bertekanan rendah dihisap kompresor melalui katup hisap (*suction valve*), lalu dikompresi menjadi refrigeran uap bertekanan tinggi dan dikeluarkan melalui katup buang (*discharge valve*) menuju kondensator, kalor dari refrigeran uap akan diserap oleh udara yang dilewatkan pada sirip-sirip kondensator, sehingga refrigeran berubah fasa menjadi cair namun tetap bertekanan tinggi. Sebelum, memasuki katup ekspansi, refrigeran terlebih dahulu dilewatkan suatu penyaring (*filter drier*). Refrigeran cair bertekanan rendah yang keluar dari katup ekspansi kemudian memasuki evaporator. Disini terjadi penyerapan kalor dari udara yang dilewatkan pada sirip-sirip evaporator, sehingga refrigeran berubah fasa menjadi refrigeran uap. Selanjutnya memasuki kompresor melalui sisi hisap, demikian ini berlangsung.

Persamaan Matematika Siklus Kompresi Uap

Besarnya energi yang masuk bersama aliran dititik 1 ditambah dengan besarnya energi yang ditambahkan berupa kalor dikurangi dengan besarnya energi yang meninggalkan sistem pada titik 2 sama dengan besarnya perubahan energi didalam volume kendali. Ungkapan matematik untuk keseimbangan energi ini adalah dirumuskan sebagai berikut.

$$\dot{m} \left[h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right] + q - \dot{m} \left[h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right] - W = \frac{dE}{d\theta}$$

Gambar 2. Keseimbangan Energi pada sebuah Volume Atur yang Mengalami Laju Aliran *steady*

Dimana :

- \dot{m} = Laju aliran massa refrigeran [kg/s]
- h = Entalpi [J/kg]
- v = Kecepatan [m/s]
- z = Ketinggian [m]
- g = Percepatan gravitasi = [9,81 m/s²]
- Q = Laju aliran energi dalam bentuk kalor [W]
- W = Laju aliran energi dalam bentuk kerja [W]
- E = Energi dalam sistem [J]

Proses Kompresi

Proses kompresi dianggap berlangsung secara adiabatik artinya tidak ada panas yang dipindahkan baik masuk ataupun keluar sistem. Dengan demikian harga $q = 0$, Perubahan energi kinetik dan potensial juga diabaikan, sehingga kerja kompresi dirumuskan sebagai berikut : **[Ref. 5 hal. 21]**

$$W = \dot{m}(h_2 - h_1)$$
$$W_c = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_1)$$

Dimana :

- W_c = Daya kompresor
- h_1 = Entalpi refrigeran pada titik 1 [kJ/kg]
- h_2 = Entalpi refrigeran pada titik 2 [kJ/kg]
- \dot{m}_{ref} = Laju aliran massa refrigeran [kg/s]

Proses Evaporasi dan Kondensasi

Pada proses evaporasi dan kondensasi perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan sehingga harga $v^2/2$ dan $g.z$ pada titik 1 dan titik 2 dianggap 0. Dari gambar 2.10 dan persamaan (2.1), laju aliran kalor pada proses evaporasi (kapasitas pendinginan) dirumuskan sebagai berikut : **[Ref. 5 hal. 21]**

$$Q_e = \dot{m}_{ref}(h_1 - h_4)$$

Dimana :

- Q_e = Laju perpindahan kalor evaporasi (kapasitas pendinginan) [kW]
- h_1 = Entalpi refrigeran pada titik 1 [kJ/kg]
- h_4 = Entalpi refrigeran pada titik 4 [kJ/kg]
- \dot{m}_{ref} = Laju aliran massa refrigeran [kg/s]

laju aliran kalor pada proses kondensasi (kapasitas pengembunan) dirumuskan sebagai berikut : **[Ref. 5 hal. 21]**

$$Q_k = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3)$$

Dimana :

- Q_k = Laju perpindahan kalor kondensasi (kapasitas pengembunan) [kW]
- h_2 = Entalpi refrigeran pada titik 2 [kJ/kg]
- h_3 = Entalpi refrigeran pada titik 3 [kJ/kg]
- \dot{m}_{ref} = Laju aliran massa refrigeran [kg/s]

Throttling Process

Proses ini terjadi pada pipa kapiler atau pada katub ekspansi. Pada proses ini tidak ada kerja yang dilakukan atau ditimbulkan sehingga $w = 0$. Perubahan energi kinetik dan potensial dianggap nol. Proses dianggap adiabatik sehingga $q = 0$. Persamaan energi aliran menjadi : $h_3 = h_4$ [kJ/kg]

Efek Refrigerasi

Efek refrigerasi adalah besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran dalam evaporator pada proses evaporasi, dirumuskan sebagai berikut : [Ref. 5 hal. 187] $RE = h_1 - h_4$

Dimana :

- RE = Efek refrigerasi [kJ/kg]
- h_1 = Entalpi refrigeran pada titik 1 [kJ/kg]
- h_4 = Entalpi refrigeran pada titik 4 [kJ/kg]

Koefisien Prestasi (COP)

Koefisien prestasi dari sistem refrigerasi adalah perbandingan besarnya panas dari ruang pendingin (efek refrigerasi) dengan besarnya kerja yang dilakukan kompresor. Koefisien prestasi (COP) dirumuskan sebagai berikut : [Ref. 5 hal. 187]

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Sedangkan untuk kerja aliran massa udara dapat ditentukan dari hukum kontinuitas sebagai berikut : [Ref. 5 hal. 125]

$$Q = A \cdot V$$

$$\dot{m} = Q \cdot \rho = (A \cdot V) \cdot \rho$$

Dimana :

- Q = Debit aliran udara [m³/det]
- A = Luas penampang [m²]
- V = Kecepatan udara [m/det]
- ρ = Massa jenis udara [kg/m³]
- \dot{m} = Laju aliran massa udara [kg/det]

Efektifitas Perpindahan Panas

Efektifitas perpindahan panas merupakan perbandingan laju perpindahan panas yang sebenarnya terhadap laju perpindahan maksimum yang mungkin terjadi.

Panas yang diserap oleh evaporator untuk mendidihkan refrigeran sebesar jumlah efektifitas perpindahan panas yang diberikan oleh udara. Sehingga menaikkan suhu refrigeran sebagai penyebab turunnya temperatur udara pada keluaran evaporator.

Besarnya nilai efektifitas perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut : [Ref 8. hal. 519]

$$\varepsilon = \frac{\text{Laju perpindahan kalor sesungguhnya}}{\text{Laju perpindahan kalor maksimum yang mungkin}} = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{maks}}$$

Laju perpindahan kalor yang mungkin adalah

$$\dot{Q}_{maks} = C_c (T_{h \text{ masuk}} - T_{c \text{ masuk}})$$

Laju perpindahan kalor sesungguhnya adalah

$$\dot{Q} = C_h (T_{h \text{ masuk}} - T_{h \text{ keluar}})$$

Dimana :

- ε = Efektifitas perpindahan panas
- $C_h = m_h \cdot cp_h$, Laju aliran kapasitas panas [KJ/s °C]
- $C_c = m_c \cdot cp_c$, Laju aliran kapasitas dingin [KJ/s °C]
- T_h = Temperatur panas [°C]
- T_c = Temperatur dingin [°C]

METODE PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung terhadap prestasi suatu pengkondisian udara pada peralatan uji, ketika memakai putaran blower evaporator Low Cool kemudian mengganti dengan yang High Cool untuk berbagai isian massa refrigeran pada putaran tetap.

Langkah pengujian.

Pemeriksaan sebelum pengujian

Pemeriksaan seluruh peralatan uji dan perlengkapannya merupakan langkah pertama yang mungkin dilakukan untuk menjaga keselamatan dan kondisi peralatan agar senantiasa baik

Hal yang perlu mendapat perhatian adalah :

- Memeriksa seluruh kondisi peralatan uji antara lain seperti power supply dan sistem kelistrikan.
- Memastikan sabuk (belt) kompresor terpasang dengan benar dan kencang
- Memeriksa sirip-sirip kondensor dan evaporator
- Memastikan kipas kondensor dan blower evaporator bekerja dengan baik
- Memeriksa kondisi kerja magnetic clutch pada kompresor
- Menempatkan wadah air kondensat

Pemvakuman sistem

Sebelum system pengkondisian udara ini diisi refrigeran, hal terpenting yang harus diperhatikan adalah ada tidaknya uap air dalam system, Uap air dapat membeku di dalam alat ekspansi dan mengakibatkan penyumbatan (moisture clogging). Oleh sebab itu, uap air ini harus dikeluarkan dahulu dengan cara pemvakuman.

Langkah-langkah pemvakuman system dapat dilakukan adalah :

- Memasang manifold gauge untuk kedua katup pada kompresor
- Menutup kedua katup pada manifold gauge
- Menghubungkan hose tekanan tinggi (merah) pada manifold gauge ke sisi buang kompresor dan hose tekanan rendah (hijau) ke sisi hisap kompresor
- Menyambungkan hose tengah (kuning) pada manifold gauge ke saluran hisap pompa vakum (vacuum pump)
- Membuka kedua katup pada manifold gauge
- Menghidupkan pompa vakum sekitar 15 menit, sehingga tekanan pada manifold gauge mencapai -30 in Hg

- Menutup kedua katup pada manifold gauge dan mematikan pompa vakum
- Membiarkan kondisi ini lebih dari 5 menit dan memperhatikan tekanan pada manifold gauge
- Jika terdapat kenaikan tekanan setelah langkah no. 8 berarti terdapat kebocoran dari sistem, memeriksa dan memperbaikinya
- Mengulangi langkah pemvakuman 1-8 kembali hingga tidak terdapat kebocoran

Pengisian refrigeran R-12

Pengisian refrigeran R-12 dapat dilakukan dengan dua kondisi yang berbeda, hal ini dilakukan sebagai upaya aplikasi pada kendaraan sebenarnya. Kedua kondisi yang ditempuh adalah :



Kondisi mesin mati

- Meletakkan tabung R-12 diatas timbangan dan mencatat berat awal
- Menghubungkan nipple pada tabung R-12 dengan hose tengah pada manifold gauge
- Membuka katup tabung R-12 sehingga refrigeran dapat masuk ke hose tengah ke manifold gauge dengan posisi kedua katup pada manifold gauge tetap tertutup
- Memutar sedikit conection pada manifold gauge dengan hose tengah untuk membuang udara yang terdapat pada hose tengah tersebut kemudian mengencangkan kembali
- Membuka kedua katup pada manifold gauge untuk memasukan refrigeran
- Menutup kedua katup pada manifold gauge



Kondisi mesin hidup

- Mengidupkan motor listrik pada putaran 1700 rpm
- Menempatkan saklar pengkondisian udara pada posisi ON dan memutar saklar blower evaporator pada posisi Low cool.
- Membuka katup tekanan rendah sepertiga bagian pada *manifold gauge* untuk memasukan refrigeran sesuai berat pengujian
- Jika berat refrigeran yang masuk telah tercapai kemudian menutup katup tekanan rendah pada *manifold gauge*
- Mematikan mesin dan sistem telah siap untuk pengambilan data
- Melakukan langkah 1 sampai 5 untuk percobaan pada posisi High Cool.

Pengambilan Data

- Mempersiapkan alat tulis dan lembar pengambilan data
- Mempersiapkan dan menempatkan seluruh alat ukur pada posisinya dan memastikannya dalam kondisi baik
- Menghidupkan mesin uji dan menunggu hingga kondisinya benar-benar stabil / Steady
- Menempatkan saklar pengkondisi udara pada posisi ON dan memutar saklar blower evaporator pada posisi Low cool.
- Mengatur putaran motor dan mengukurnya menggunakan tachometer hingga putaran yang dikehendaki
- Menunggu sampai kondisi refrigeran dalam sisitem sampai keadaan stabil sekitar 1,5 menit
- Mengukur parameter-parameter tekanan dan suhu refrigeran yang masuk dan keluar dari kompresor, kodensor, katup ekspansi dan evaporator

- Mengukur parameter suhu udara yang masuk dan keluar dari kondensator dan evaporator
- Mencatat semua data dari hasil pengamatan
- Mematikan mesin uji sistem pengkondisian udara
- Mengulangi langkah 1 sampai 10 untuk setiap kenaikan massa.
- Mengulangi langkah 5 –11 sebanyak 5 kali dengan selang waktu 1,5 menit
- Mengulangi langkah 1-12 untuk saklar blower evaporator High Cool.
- Mematikan mesin dan menata kembali perlengkapan yang digunakan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada uraian berikut, akan dijelaskan perbandingan unjuk kerja penggunaan putaran blower Low Cool dan High Cool dengan memvariasikan isian massa refrigeran dari 200-500 gram pada putaran kompresor 1700 rpm. Pengolahan data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik disertai garis tren (trend line). Garis tren bukan merupakan garis kurva sebenarnya, tetapi hanya untuk menunjukkan kecenderungan kinerja refrigeran.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Laju Aliran Massa R-12 (1700 rpm) pada posisi High Cool

No	Massa Gram	Ve m/s	A m ²	P udara Kg/m ³	M udara Kg/det	CP udara KJ/kg ⁰ C	ΔT ⁰ C	Q udara evap K watt	Q ref evap K watt	ΔH KJ/kg	M ref Kg/det
1	200	0.506	0.02276	1.1649	0.01342	1.005923	22.17	0.29918	0.17652	148.508	0.0011886
2	300	0.508	0.02276	1.1651	0.01347	1.005922	22.22	0.30109	0.22582	147.234	0.0015337
3	400	0.511	0.02276	1.1652	0.01355	1.005920	22.41	0.30549	0.22911	147.353	0.0015549
4	500	0.512	0.02276	1.1653	0.01358	1.0059	25.38	0.34668	0.24614	149.514	0.0016463

Tabel 2. Hasil perhitungan Mref, Qe, Qc, P_{komp} dan COP untuk refrigeran R-12 posisi High Cool

N0	Massa Gram	M ref Kg/det	We KJ/kg	P komp K watt	h2 - h3 KJ/Kg	Qc K watt	ΔH KJ/kg	Qe K watt	COP
1	200	0.0011886	17.92	0.02130	105.99	0.12597	148.50	0.1765	8.29
2	300	0.00153374	18.40	0.02822	106.51	0.16336	147.23	0.2258	8.00
3	400	0.00155487	18.34	0.02852	109.05	0.16955	147.35	0.2291	8.03
4	500	0.00164628	18.73	0.03083	118.04	0.19433	149.51	0.2461	7.98

Tabel 3. Hasil Perhitungan laju Aliran Massa Refrigeran R-12 (1700 rpm) Pada Posisi Low Cool

No	Massa Gram	Ve m/s	A m ²	P udara Kg/m ³	M udara Kg/det	CP udara KJ/kg ⁰ C	ΔT ⁰ C	Q udara evap K watt	Q ref evap K watt	ΔH KJ/kg	M ref Kg/det
1	200	0.292	0.02276	1.1655	0.007746	1.0059	23.43	0.182555	0.14787	147.566	0.00100206
2	300	0.294	0.02276	1.1656	0.007710	1.0059	23.59	0.185077	0.15361	147.427	0.00104197
3	400	0.296	0.02276	1.1659	0.007855	1.0059	23.71	0.187332	0.15923	151.538	0.00105077
4	500	0.303	0.02276	1.1660	0.008040	1.0059	28.19	0.228015	0.17329	150.671	0.00115013

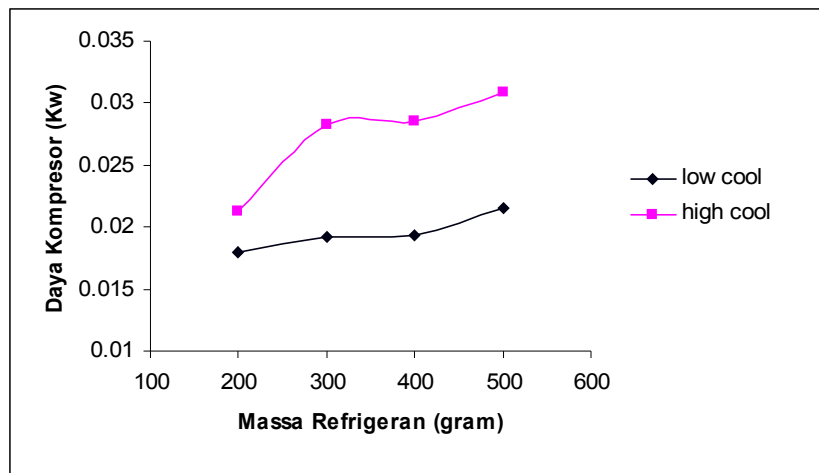
Tabel 4. Hasil perhitungan Mref, Qe, Qc, P_{komp} Dan COP Untuk Refrigeran R-12 Posisi LowCool

N0	Massa Kg	M ref Kg/det	We KJ/kg	P komp K watt	h2 - h3 KJ/Kg	Qc K watt	ΔH KJ/kg	Qe K watt	COP
1	200	0.00100206	17.9164	0.01795	111.821	0.11205	147.566	0.1479	7.35
2	300	0.00104197	18.3992	0.01917	112.539	0.11726	147.427	0.1536	7.9
3	400	0.00105077	18.343	0.01927	112.632	0.11385	151.538	0.1592	8
4	500	0.00115013	18.7265	0.02154	124.084	0.14271	150.671	0.1733	7.8

Daya kompresor, kapasitas evaporator, efek refrigerasi dan koefisien performasi

Dengan menyelidiki pengaruh komponen-komponen utama sistem refrigerasi, yaitu : daya kompresor, kapasitas evaporator, efek referigasi dan COP dengan memvariasikan isian massa refrigeran, maka dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti yang terlihat di bawah ini :

➤ Daya kompresor terhadap variasi massa refrigeran



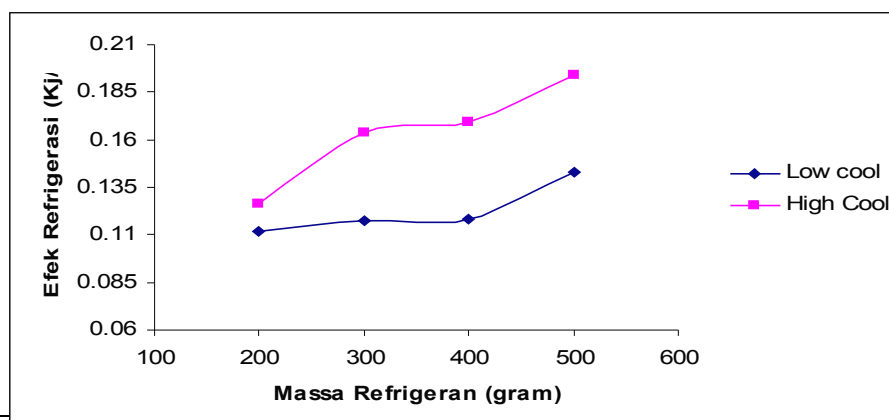
Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Daya Kompresor Terhadap Variasi Massa

Dari grafik di atas terlihat bahwa dengan meningkatnya isian massa maka semakin banyak massa refrigeran yang mengalir sehingga laju aliran massa refrigeran semakin meningkat maka daya kompresor yang dihasilkan semakin meningkat. ini sesuai dengan persamaan :

$$W_c = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

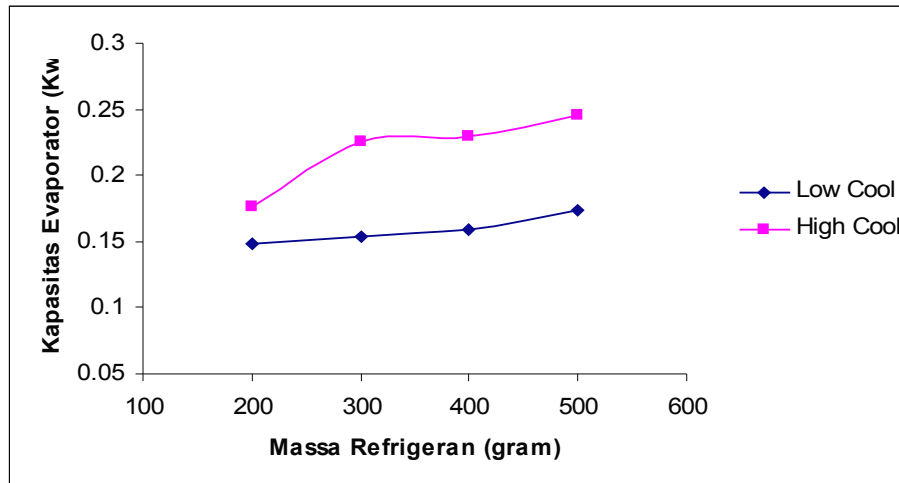
➤ Kapasitas evaporator

Dengan bertambahnya jumlah massa refrigeran yang masuk ke kompresor maka efek refrigerasi yang dihasilkan semakin besar ini disebabkan dengan banyaknya jumlah panas yang dihisap. Oleh karena itu makin banyak jumlah refrigeran maka akan semakin baik kerja mesin pendingin.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Efek Refrigeran Terhadap Variasi massa

Peningkatan efek refrigerasi di evaporator dipengaruhi oleh kemampuan evaporator menyerap kalor dari luar untuk menguapkannya, selisih yang terjadi antara high cool dan low cool berdasarkan grafik diatas memperlihatkan bahwa high cool mempunyai efek refrigerasi yang lebih tinggi.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kapasitas Evaporator Terhadap Variasi Massa Refrigeran

Kapasitas evaporator meningkat dengan bertambahnya massa refrigeran, yang diikuti dengan kenaikan laju aliran massa refrigeran. Hal ini akan meningkatkan kapasitas evaporator, pada pengujian ini pengaruh meningkatnya laju aliran massa refrigeran bersamaan dengan kenaikan efek refrigerasi. Akibatnya kapasitas evaporator cenderung naik dengan bertambahnya kenaikan massa refrigeran. Hal ini sesuai dengan persamaan :

$$Q_e = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4)$$

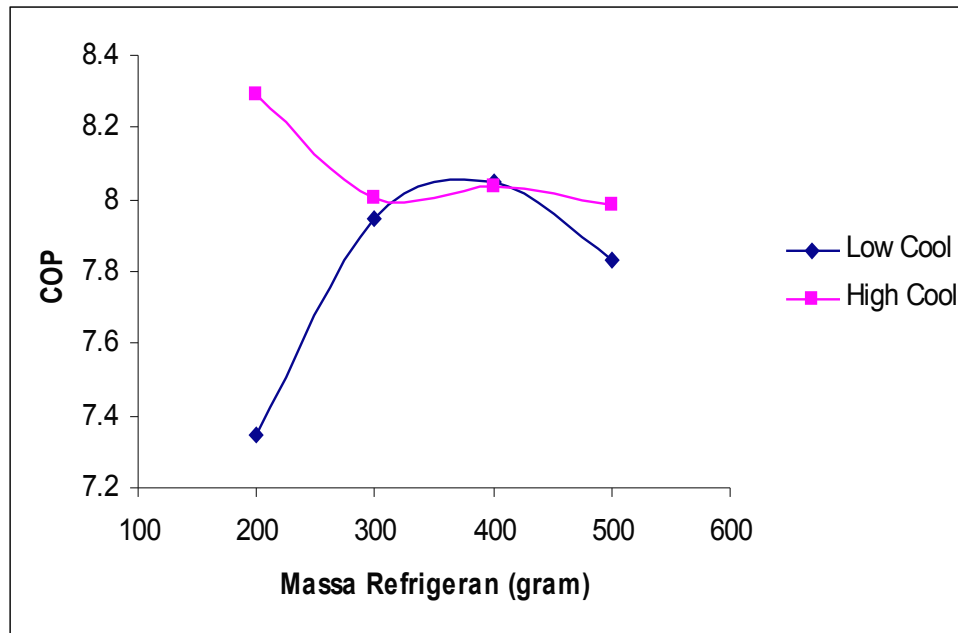
➤ COP

COP berkurang dengan kenaikan isian massa refrigeran, COP dipengaruhi oleh perubahan efek refrigerasi dan kerja kompresi sesuai dengan persamaan :

$$COP = \frac{\text{Efek refrigerasi}}{\text{Kerja kompresi}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Pada grafik di bawah ini jelas menunjukkan bahwa putaran blower posisi high cool dengan meningkatnya daya kompresor, efek refrigerasi dan kapasitas evaporator akan

cenderung turun, ini membuktikan bahwa penyerapan panas pada evaporator bekerja dengan sempurna, lain halnya pada posisi low cool COP akan mengalami kenaikan. terbukti bahwa posisi low cool penyerapan panas terjadi tidak sempurna atau kacau.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara COP Dengan Variasi Massa Refrigeran

KESIMPULAN

Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian dan menganalisa data-data hasil pengujian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. COP refrigeran R-12 (7,35) pada isian massa 200 gram lebih rendah Low Cool dibandingkan High Cool (8,29).
2. Kapasitas evaporator refrigeran R-12 (0,1733) pada isian massa 500 gram posisi Low Cool lebih rendah dibandingkan pada posisi High Cool (0,2461).
3. Temperaatur udara terendah yang dapat dicapai menggunakan refrigeran R-12 adalah (3,7).
4. Banyaknya perbedaan data hasil pengujian antara posisi High Cool dan Low Cool disebabkan karena arus yang masuk ke motor listrik blower evaporator tidak akurat.
5. Semakin bertambahnya massa akan semakin tinggi juga daya kompresor.

Saran

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang bisa disampaikan yaitu :

1. Sebelum pengujian hendaknya alat-alat ukur dikalibrasi agar data hasil pengujian lebih akurat.
2. Untuk saluran mobil yang dapat menimbulkan percikan api sebaiknya diisolasi dengan baik sehingga tidak menimbulkan percikan api yang dapat menimbulkan konsletting mesin pengujian.

3. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan R-12 terhadap efek-efek yang timbul terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar Wiranto, Saito Heizo, "Penyegar Udara", Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
2. Bejo Nugroho, "Kaji Eksperimental Pemakaian Fluida Kerja R-12 dan LPG pada AC Mobil dengan Variasi Isian Refrigeran dan Putaran Kompresor", Skripsi, 2002.
3. Frank kreith, Arko Priyono," Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
4. Holman JP, "Perpindahan Kalor", Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988.
5. Stoecker, Wilbert F, Jones Jerold W, Supratman Hara "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara", Edisi kedua, Penerbit Airlangga, Jakarta, 1992.
6. Sumarto, "Dasar-dasar Mesin Pendingin", Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 2000.
7. Werlin .S. Nainggolan, "Termodinamika", Penerbit CV, Armico, Bandung, 1987.
8. William C Reynolds, Hendryc, Perkin," Thermodinamika Teknik", Penerbit Erlangga, Jakarta,1996.