

ANALISA KERUGIAN PENGGUNAAN GAS FREON TERHADAP PERUBAHAN SUHU DI BAGIAN KONDENSOR PADA AC MOBIL

Surya Wijay¹, Abdul Wahab², Artono Raharjo³

¹Mahasiswa Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

^{2,3}Dosen Teknik Mesin, Universitas Islam Malang

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

Jalan Mayjen Haryono, 193 Malang 65144

ABSTRACT

Important of treatment him to components or parts of from Car Air Conditioner (AC Car) representing very fundamental matter to minimize the level of damage generated by negligence of consumer of facility of AC car. In this case, damage can be resulted from by leakage, stricture and also impasse at pipes between parts of AC Car, and also usage of gas of Freon decreasing. So that, if gas of Freon used decrease counted 300 mg and more than capacities save refrigerant equal to 600 mg will happened refrigeration which don't reach temperature 4°C. usage of gas of Freon at type of R₁₂ or of R_{134A} this if decreasing counted 300 mg can cause temperature in part of liquefier become heat. So that the amount of required condensation kalor in part of liquefier very decreasing which result temperature become heat, this matter can cause liquefier pipe wall become hole effect of korosi. Thereby, loss of effect usage of gas of Freon decreasing temperature chapter can in part of liquefier become very hot and temperature in part of evaporator become less is cool.

Keyword : Freon, Refrigeran, and Temperature.

PENDAHULUAN

Pentingnya perawatan terhadap komponen-komponen mobil membuat seseorang lupa untuk memperkecil besarnya kerusakan. Namun, kebanyakan orang sering mengabaikan hal tersebut sehingga sering terjadi hal-hal yang bersifat fatal. Seperti halnya pembakaran, panas di dalam menghidupkan mobil sebelum menjalankannya untuk berpergian jauh maupun dekat yang kurang sempurna. Atau mungkin pengecekan terhadap pelumasan yang cukup, minyak rem, oli mesin serta kebutuhan air pendingin untuk radiator maupun kebutuhan yang lainnya. Oleh sebab itu, orang cenderung keluar masuk bengkel dikarenakan ada bagian-bagian komponen mobil yang harus diganti untuk kenyamanan dan keselamatan di dalam mengendarainya. Hal itu dikarenakan seorang pemilik kendaraan kurangnya memperhatikan petunjuk-petunjuk service secara berkala sesuai dengan penggunaan. Demikian juga terhadap perawatan *Car Air Conditioner* atau mudah disebut secara umum dengan *AC Mobil*. Setiap komponen-komponen pada *AC Mobil* ini memiliki sifat-sifat atau bentuk-bentuk perawatannya yang sama dengan perawatan pada mobil, walaupun *AC Mobil* ini termasuk bentuk perlengkapan, selain pada audio mobil

maupun perlengkapan atau accesories mobil lainnya. Dimana pemakaian di dalam pemasangan *AC Mobil* ini hanya untuk sebagai pengatur pemakaian perubahan temperatur suhu ruangan di dalam mobil agar sesuai yang kita inginkan. Misalnya saja jika keadaan cuaca luar yang sangat panas kita rubah suhu ruangan mobil menjadi lebih dingin, begitu pula sebaliknya. Hal ini untuk mencari kenyamanan sesaat di dalam mengendarai kendaraan. Seperti yang kita ketahui jenis *AC Mobil* ini tergolong pendingin udara ruang.

Refrigerant

Refrigerant adalah media dari perpindahan panas yang menyerap panas dengan penguapan (evaporator) pada temperatur rendah dan membersihkan panas dengan pengembunan pada temperatur dan tekanan yang tinggi. Semua macam refrigerant berguna dan mempunyai keuntungan dan kerugian sendiri-sendiri, untuk menunjukkan kegunaan refrigerant dalam perdagangan telah diklasifikasikan dan telah direncanakan oleh *ASRE (American Society of Refrigerating Engineers)*.

Unit-unit refrigerasi/refrigerant banyak digunakan untuk daerah temperatur yang luas, dari unit untuk keperluan pendingin udara

sampai refrigerasi. Untuk unit refrigerasi tersebut diatas, hendaknya dapat dipilih jenis refrigerant yang paling sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai, dan karakteristik termodinamikanya yang antara lain meliputi temperatur penguapan dan tekanan penguapan serta temperatur pengembunan dan tekanan pengembunan.

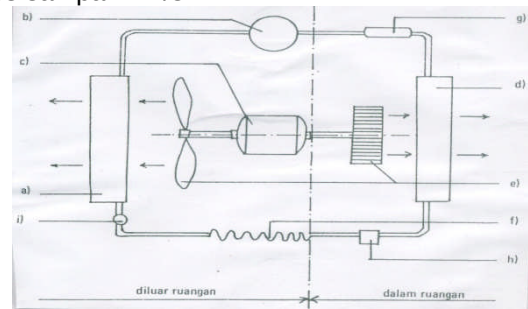
Bermacam-macam logam dan jenis bahan lainnya dipakai pada sistem refrigerant dari suatu unit refrigerasi. Oleh karena itu, refrigerant haruslah stabil secara fisik dan kimiawi atau tidak bereaksi dengan material yang dipergunakan. Untuk hal tersebut banyak jenis refrigerant *Freon* yang tersedia.

Prinsip Cara Kerja AC Mobil

Urutan-urutan sistem edarnya adalah : Kompresor – Kondensor – Drier (Saringan) – Pipa Kapiler – Katup Ekspansi – Evaporator – Akumulator – Kompresor . Biasanya pada AC Mobil ini drier dan akumulator (pengumpul bahan pendingin) jadi satu yang disebut dengan **Receiver**.

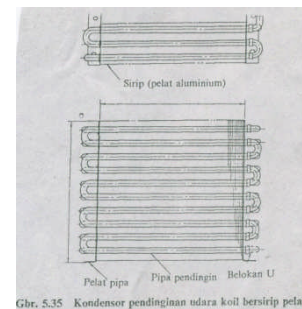
Fluida yang mengalir di dalam kondensor adalah fluida cair yang berupa gas *Freon* yang mengalir di dalam pipa sepanjang kondensor. Sedangkan, fluida yang mengalir di luar kondensor adalah fluida gas yang berupa udara yang dihembuskan dari blower atau kipas angin. Sejumlah fluida yang mengalir ke kondensor dengan membawa sejumlah kalori atau panas. Di dalam kondensor gas yang didinginkan oleh udara luar pada suhu ruangan dengan waktu gas yang bersuhu tinggi dan tekanan tinggi mengalir dalam pipa sepanjang kondensor. Sedangkan, pendinginan gas dari luar oleh udara suhunya akan menurun sehingga setelah suhunya mencapai suhu untuk kondensasi lalu akan mengembun dan akhirnya *Freon* akan mencair secara berangsur-angsur pada tekanan yang masih tinggi. Di dalam kondensor refrigerant yang diterimanya dalam keadaan super panas dari kompresor, kemudian oleh kompresor gas yang diisapnya dengan suhu dan tekanan yang rendah dipadatkan dari evaporator. Sehingga pada tekanan yang rendah dapat diatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir oleh pipa kapiler. Pada bagian dalam kondensor pipa-pipa yang dialiri fluida yang berupa bahan pendingin atau air pendingin, biasanya ujung dan pangkal pipa pendingin terikat pada pelat pipa, sedangkan diantara pelat pipa dan tutup tabung dipasang sekat-sekat untuk membagi aliran air pendingin atau freonnya yang melewati pipa-pipa tersebut tetapi juga untuk mengatur agar kecepatan

aliran fluidanya cukup tinggi yaitu antara 1,5 m/s sampai 2 m/s.



Gambar 2.1 Prinsip Cara Kerja AC Mobil (Sistematika Diagram AC Mobil)
(Daryanto, 1983 : 174)

Komponen-Komponen AC Mobil



Gambar 2.2 Kondensor Pendingin Udara Koil Bersirip Pelat
(Arismunandar, 1995 : 153)

1. Kondensor

Kondensor adalah bagian dari mesin pendingin yang menerima gas dengan tekanan tinggi dan suhu tinggi diubah menjadi cair dan dingin.

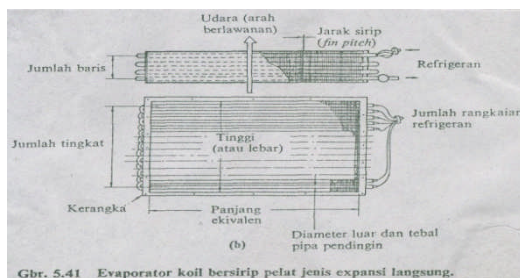
2. Kompresor

Kompresor adalah bagian dari sistem pendingin untuk memampatkan bahan pendingin. Pengertian kompresor pada umumnya ialah suatu alat/pesawat yang secara mekanis dapat mengumpulkan udara/gas yang bertekanan dengan jalan mereduksi volumenya atau memberikan kecepatan yang mengakibatkan perubahan kearah lebih besar. Pesawat serupa yang menghasilkan udara lebih rendah dari tekanan atmosfer disebut “pompa vakum”.

3. Evaporator

Evaporator merupakan penguapan, suatu komponen sistem pendingin yang mengambil kalori disekitarnya sehingga bahan pendingin menjadi uap. Evaporator

adalah alat penukar kalor yang memegang peranan penting didalam siklus refrigerasi yaitu mendinginkan media disekitarnya. Evaporator didalam suatu sistem pendingin adalah merupakan suatu heat exchanger yang memindahkan panas dari suatu zat yang didinginkan ke penguapan refrigerant. Tujuan dari sistem pendinginan yaitu memindahkan panas dari udara, air atau zat yang lain perpindahan panas ini akan terjadi dari perpindahan panas disisi refrigerant, perpindahan panas melalui metal evaporator dan tergantung pula panas jenis fluida yang didinginkan.



Gbr. 5.41 Evaporator koil bersirip pelat jenis ekspansi langsung.

Gambar 2.3 Evaporator Koil Bersirip Pelat Jenis Ekspansi Langsung
(Arismunandar, 1995 : 160)

4. Blower (Kipas Angin)

Blower adalah penghembus, sebagai tenaga penggerak pada kipas angin (blower) untuk mengalirkan udara diluar dan didalam kamar yang didinginkan, mempunyai poros yang panjang, satu untuk fan (kipas) pada kondensor dan satu lagi untuk fan (blower) pada evaporator.

5. Pengereng (Drier)

Sebuah pengereng terdiri dari sebuah silinder yang berisi desikan. Desikan tersebut dibungkus supaya mudah pengantiannya, tetapi juga supaya serbuk desikan yang halus tidak keluar dari pengereng dan ikut serta dalam aliran refrigeran.

6. Saringan

Kotoran dan serbuk logam yang ada di dalam refrigeran yang bersikulasi dapat mengendap atau menempel pada orifis dari katup ekspansi, pada katup isap atau pada katup buang kompresor, sehingga akan mengganggu kerja kompresor; selain itu, juga dapat merusak bantalan dan penyekat poros.

7. Pipa Kapiler

Pipa kapiler mempunyai lubang yang sangat kecil, dapat menurunkan tekanan, bahan pendingin cair waktu mengalir

didalam pipa kapiler tersebut mendapat tahanan dan hambatan yang sangat besar sehingga tekanannya menurun, bahan pendingin yang keluar dari pipa kapiler tetap cair dengan suhu ruang tetapi tekanannya telah turun menjadi rendah sekali lalu masuk ke dalam evaporator

8. Katup Ekspansi

Tujuan dari katup ekspansi ini adalah untuk mengurangi tekanan dari cairan refrigerant dan mengatur aliran refrigerant ke evaporator. Katup ekspansi dipergunakan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah; jadi, melaksanakan proses trotel atau proses ekspansi entalpi konstanta.

METHODE PENELITIAN

Alat Yang Dipergunakan

1. Manifold / Charging Manifold

Fungsinya untuk memeriksa tekanan dan vakum, mengisi atau membuang bahan pendingin dan minyak kompresor pada sistem.

2. Vakum / Pompa Vakum

Fungsinya untuk membuat vakum sistem sebelum diisi bahan pendingin.

3. Gergaji Besi

Fungsinya untuk memotong atau membuka sebagian guna melihat celah-celah bagian dalam pipa kondensor.

4. Jangka Sorong

Fungsinya untuk mengukur lebar celah-celah bagian dalam pipa kondensor yang sudah dibelah, serta untuk mengukur ketebalan bila terdapat kerak atau kotoran.

5. Thermometer

Fungsinya untuk mengukur suhu yang bekerja pada kondensor, atau mengukur suhu kerja dari thermometer berdasar efek pemuaian dan penyusutan dari air raksa. Ada 2 macam thermometer yang sering dipergunakan dalam mesin pendingin, yaitu Fahrenheit dan Centigrade.

6. Kunci dan Obeng Secukupnya

Fungsinya untuk melepas atau mengeraskan mur, baut dan lain-lain.

Prosedur Penelitian

1. **Proses Pemvakuman**, yaitu: Proses pengosongan atau penghampaan sistem dari udara dan kotoran yang lain-lain.

2. **Pengisian Refrigerant**, yaitu: Bertujuan untuk pengecekan terhadap sistem yang

bekerja dan pendeteksian secara awal terhadap kerusakan.

3. **Cek Kebocoran**, yaitu: Pendeteksian terhadap kebocoran bagian-bagian sistem dengan mengoleskan sedikit air dan sabun.
4. **Pembongkaran**, yaitu : Bertujuan untuk mencari kebocoran atau kerusakan yang lainnya serta memperbaikinya.

Pengumpulan Data Hasil Penelitian

Pengumpulan Data Hasil Penelitian mengarah pada analisa perhitungan kondensor antara lain :

1. Kalor pengembunan
2. Jumlah udara pendingin.
3. Aliran gas yang melalui pipa bersirip.
4. Laju perpindahan kalor didalam kondensor.
5. Koefisien perpindahan kalor total.
6. Koefisien perpindahan kalor bagi fluida yang mengalir di dalam pipa – pipa kondensor.
7. Koefisien pengembunan di dalam kondensor.

Dasar Perumusan Perhitungan

1. Kalor Pengembunan

Kalor Pengembunan (Kcal/jam) =
(Kapasitas refrigerasi, Kcal/jam) – (Daya kompresor, KW x $860 \frac{\text{Kcal} / \text{jam}}{\text{KW}}$)
..... (Wiranto. A ; 143)

2. Jumlah Udara Pendingin

Jumlah Udara Pendingin (m^3/jam) =
$$\frac{\text{Kalor Pengembunan} (\text{Kcal} / \text{jam})}{0,28 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \left[\text{Temperatur Udara Pendingin Keluar} (^\circ\text{C}) - \text{Temperatur Udara Pendingin Masuk} (^\circ\text{C}) \right]}$$

..... (Wiranto.A ; 144)

3. Aliran Gas Yang Melalui Pipa Bersirip

$h_f (\text{m/s}) = 38 \cdot V^{0.5}$ (Wilbert. F. S ; 229)

4. Laju Perpindahan Kalor Didalam Kondensor

$q = \frac{k}{x} \cdot A_m \cdot (t_{os} - t_{is})$ (Wilbert. F. S ; 222)
 $q = h_o \cdot A_o \cdot (t_o - t_{os})$ (Wilbert. F. S ; 222)
 $q = h_i \cdot A_i \cdot (t_{is} - t_i)$ (Wilbert. F. S ; 222)

Dimana :

q = Laju perpindahan kalor, W.

h_o = Koefisien perpindahan kalor di luar pipa, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$.

h_i = Koefisien perpindahan kalor di dalam pipa, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$.

A_o = Luas permukaan luar pipa, m^2 .

A_i = Luas permukaan dalam pipa, m^2 .

A_m = Luas permukaan rata – rata sekeliling pipa, m^2 .

t_o = Suhu refrigerant, $^\circ\text{C}$.

t_i = Suhu air (udara ruang), $^\circ\text{C}$.

t_{os} = Suhu permukaan luar pipa, $^\circ\text{C}$.

t_{is} = Suhu permukaan dalam pipa, $^\circ\text{C}$.

k = Daya hantar logam pipa, $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{K}$.

x = ketebalan pipa, m.

5. Koefisien Perpindahan Kalor Total

$q = U_o \cdot A_o \cdot (t_o - t_i)$ (Wilbert. F. S ; 222)

$q = U_i \cdot A_i \cdot (t_o - t_i)$ (Wilbert. F. S ; 222)

Dimana :

U_o = Koefisien perpindahan kalor total berdasar pada luas permukaan luar, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$.

U_i = Koefisien perpindahan kalor total berdasar pada luas permukaan dalam, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$.

6. Koefisien Perpindahan Kalor Bagi Fluida Yang Mengalir Di Dalam Pipa – Pipa Kondensor

$\frac{hD}{k} = Nu = C \cdot Re^n \cdot Pr^m$ (Wilbert. F. S ; 223)

$\frac{hD}{k} = 0,023 \left(\frac{VD\rho}{\mu} \right)^{0,8} \left(\frac{Cp\mu}{k} \right)^{0,4}$ (Wilbert. F. S ; 223)

$h = \frac{k}{D} \cdot Nu$

Dimana :

h = Koefisien konveksi, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$.

D = Diameter dalam (DD) pipa, m.

k = Daya hantar termal fluida, $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{K}$.

V = Kecepatan rata – rata fluida, m/s.

ρ = Rapat massa fluida, kg/m^3 .

μ = Viskositas fluida, Pa.det.

Cp = Kalor spesifik fluida, $\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{K}$.

7. Koefisien Pengembunan Di Dalam Kondensor

$$\frac{h_{cv} \cdot x}{k} = \left(\frac{g \cdot \rho^2 \cdot h_{fg} \cdot x^3}{4 \cdot \mu \cdot k \cdot \Delta t} \right)^{1/4} \dots\dots (\text{Wilbert. F. S ; 232})$$

Dimana :

h_{cv} = Koefisien pengembunan local pada pelat vertical, $W/m^2 \cdot ^\circ K$.

x = Jarak vertical yang di ukur dari puncak plat, m.

g = Percepatan gravitasi = $9,81 \text{ m/s}^2$.

ρ = Rapat massa fluida, kg/m^3 .

h_{fg} = Kalor penguapan laten, J/kg .

μ = Viskositas fluida, $Pa \cdot det$.

Δt = Beda suhu antara uap dan pelat, $^\circ K$.

PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

1. Kapasitas tabung Refrigeran = 600 mg.
2. Tinggi tabung Refrigeran = 12 cm.
3. Diameter tabung Refrigeran = 6 cm.
4. Tekanan pengisian Refrigeran ;
untuk suhu panas = 250 Psi ; untuk suhu dingin = 30 Psi.
5. Jumlah Refrigeran yang digunakan = 300 mg.
6. Temperatur suhu gas Refrigeran masuk di kondensor = $70^\circ C$.
7. Temperatur suhu gas Refrigeran keluar di kondensor = $55^\circ C$.
8. Temperatur udara masuk di kondensor = $40^\circ C$.
9. Temperatur udara keluar di kondensor = $32^\circ C$.
10. Daya kompresor = 75 PS.
11. Suhu Refrigeran = $70^\circ C$.
12. Suhu udara ruang = $32^\circ C$.
13. Suhu permukaan luar pipa = $32^\circ C$.
14. Suhu permukaan dalam pipa = $70^\circ C$.
15. Ukuran panjang pipa kondensor = 14 inchi.
16. Ukuran lebar pipa kondensor = 21 inchi.
17. Tebal dinding kondensor = 19 mm.
18. Ketebalan pipa = 1 mm.
19. Diameter dalam pipa = 5 mm.
20. Jarak panjang dan lebar permukaan luar pipa = 2 cm.
21. Diameter permukaan luar pipa = 6 mm.
22. Kecepatan aliran fluida Refrigeran = 2,5 m/s.

Analisa Perhitungan

1. Kalor Pengembunan

Refrigerant yang digunakan = 300 mg = 0,0003 kg.

Tinggi tabung refrigerant = 12 cm = 0,12 m.
1 Kcal = 426,99 kg.m.

Maka, untuk kapasitas refrigerant yang diperoleh dalam tabung yang dipergunakan dalam 1 Kcal per-detik adalah : 0,0003 kg.0,12 m = $36 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}$

$$\text{Maka, } 1 \text{ Kcal} = \frac{36 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}}{426,99 \text{ kg.m}} = 84 \cdot 10^{-9}.$$

Sehingga, kapasitas refrigerant yang dipergunakan dalam Kcal/jam adalah :

$$\frac{84 \cdot 10^{-9}}{3600} = 2,342 \cdot 10^{-11} \text{ Kcal / jam.}$$

Daya kompresor = 75 PS, dimana 1 PS = 0,7355 KW.

Maka : Daya kompresornya = $75 \times 0,7355 = 55,1625 \text{ KW}$.

Sehingga, Jumlah Kalor Pengembunan yang didapat adalah - $47.437.408 \times 10^{-14} \text{ Kcal/jam}$.

2. Jumlah Udara Pendingin

Jumlah Udara Pendingin adalah $2.117.741.429 \times 10^{-16} \text{ m}^3/\text{jam}$.

3. Aliran Gas Yang Melalui Pipa Bersirip

$$h_f (\text{m/s}) = 38 \cdot V^{0.5} \Rightarrow 38 \cdot (2,5)^{0.5} = 38 \times 1,58114 = 60,08332 \text{ m/s}$$

4. Laju Perpindahan Kalor Didalam Kondensor

Luas permukaan rata –rata sekeliling pipa

$$(A_m) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \frac{(D_o + D_i)^2}{2} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot \frac{(0,006 \text{ m} + 0,005 \text{ m})^2}{2}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot \frac{(0,011 \text{ m})^2}{2}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot \frac{121 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}{2}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 605 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 = 1525 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2.$$

$$t_{os} = 305^\circ K.$$

$$t_{is} = 343^\circ K.$$

$$q = \frac{k}{x} \cdot A_m \cdot (t_{os} - t_{is})$$

$$=$$

$$\frac{714 \text{ W / m}^\circ K}{0,0005 \text{ m}} \cdot (1525 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2) (305^\circ K - 343^\circ K)$$

$$=$$

$$1428000 \text{ W / m}^\circ K \cdot (1525 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2) (-38^\circ K)$$

$$q = - 82,7526 \text{ W}$$

$$q = h_o \cdot A_o \cdot (t_o - t_{os})$$

$$A_o = \pi \cdot D_o \cdot L$$

$$= 3,14 \times 0,006 \text{ m} \times 0,3556 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,0067 \text{ m}^2 \\
q &= h_o \cdot A_o \cdot (t_o - t_{os}) \\
- 82,7526 \text{ W} &= h_o \cdot (0,0067 \text{ m}^2) \cdot (343^\circ\text{K} - 305^\circ\text{K}) \\
h_o &= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{(0,0067 \text{ m}^2)(343^\circ\text{K} - 305^\circ\text{K})} \\
&= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{(0,0067 \text{ m}^2)(38^\circ\text{K})} \\
&= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{0,2548 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} = -324,775 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
q &= h_i \cdot A_i \cdot (t_{is} - t_i) \\
A_i &= \pi \cdot Di \cdot L \\
&= 3,14 \times 0,005 \text{ m} \times 0,3556 \text{ m} \\
&= 0,0056 \text{ m}^2 \\
q &= h_i \cdot A_i \cdot (t_{is} - t_i) \\
- 82,7526 \text{ W} &= h_i \cdot (0,0056 \text{ m}^2) \cdot (343^\circ\text{K} - 305^\circ\text{K}) \\
h_i &= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{(0,0056 \text{ m}^2)(343^\circ\text{K} - 305^\circ\text{K})} \\
&= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{0,2128 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} = -388,875 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}
\end{aligned}$$

5. Koefisien Perpindahan Kalor Total

$$\begin{aligned}
U_o &= \frac{q}{A_o \cdot (t_o - t_i)} \\
&= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{0,2548 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} = -324,775 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K} \\
U_i &= \frac{q}{A_i \cdot (t_o - t_i)} \\
&= \frac{- 82,7526 \text{ W}}{0,2128 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} = -388,875 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}
\end{aligned}$$

6. Koefisien Perpindahan Kalor Bagi Fluida Yang Mengalir Di Dalam Pipa – Pipa Kondensor

$$\begin{aligned}
h &= \frac{k}{D} \cdot Nu \\
&= \frac{k}{D} \cdot 0,023 \left(\frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{0,4} \\
&= \left[\frac{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}}{0,005 \text{ m}} \right] \cdot \left[0,023 \cdot \left[\frac{(2,5 \text{ m} / \text{s}) (0,005 \text{ m}) (2546,14 \text{ kg} / \text{m}^3)}{0,0002815 \text{ Pa} \cdot \text{det}} \right]^{0,8} \cdot \left[\frac{(7,2802 \text{ J} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{K}) (0,0002815 \text{ Pa} \cdot \text{det})}{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right]^{0,4} \right] \\
&= 18,39 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K} \\
&= 18,39 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K} \times [(0,023)(113061,2789)^{0,8} \cdot (0,0223)^{0,4}] \\
&= 1019,10024 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}
\end{aligned}$$

7. Koefisien Pengembunan Di Dalam Kondensor

$$\frac{h_{cv} \cdot x}{k} = \left(\frac{g \cdot \rho^2 \cdot h_{fg} \cdot x^3}{4 \cdot \mu \cdot k \cdot \Delta t} \right)^{1/4}$$

$$\begin{aligned}
\frac{h_{cv} \cdot 0,3556 \text{ m}}{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}} &= \left[\frac{(9,81 \text{ m} / \text{det}^2) (2546,14 \text{ kg} / \text{m}^3)^2 (249946,58 \text{ J} / \text{kg}) (0,3556 \text{ m})^3}{4 (0,0002815 \text{ Pa} \cdot \text{det}) (0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}) (15^\circ\text{K})} \right]^{1/4} \\
\frac{h_{cv} \cdot 0,3556 \text{ m}}{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}} &= \left[\frac{(9,81 \text{ m} / \text{det}^2) (2546,14 \text{ kg} / \text{m}^3)^2 (249946,58 \text{ J} / \text{kg}) (0,3556 \text{ m})^3}{4 (0,0002815 \text{ Pa} \cdot \text{det}) (0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}) (15^\circ\text{K})} \right]^{1/4} \\
\frac{h_{cv} \cdot 0,3556 \text{ m}}{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}} &= \left[\frac{(7,1531 \text{ J} \cdot \text{kg} / \text{m}^2 \cdot \text{det}^2)}{(0,0016 \text{ Pa} \cdot \text{det} \cdot \text{W} / \text{m})} \right]^{1/4} \\
\frac{h_{cv} \cdot 0,3556 \text{ m}}{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}} &= (4470,6875)^{1/4} \\
\text{Jadi,} \\
h_{cv} &= \frac{0,09195 \text{ W} / \text{m} \cdot ^\circ\text{K}}{0,3556 \text{ m}} \cdot 8,1770 = 2,1144 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}
\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Dari data analisa perhitungan dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah kalor pengembunan yang berada di dalam pipa kondensor cukup kecil, dan jumlah udara pendingin pada pipa kondensor lebih kecil dari jumlah kalor pengembunan membuat suhu di sekitar kondensor menjadi panas. Hal ini biasanya suhu naik di atas suhu standard normal yang sering di pakai sebagai acuan proses sirkulasi di dalam siklus pada AC Mobil. Selain itu, kecilnya jumlah koefisien pengembunan di dalam kondensor dari jumlah koefisien perpindahan kalor bagi fluida yang mengalir di dalam pipa – pipa kondensor membuat suhu temperatur di sekitar atau di bagian kondensor sangat panas. Pada intinya, kenyataan keadaan saat gas refrigerant berkurang membuat suhu pada kondensor menjadi panas dan keadaan di bagian evaporatornya suhu menjadi kurang dingin. Sehingga, jika suhu di kondensor sangat panas dapat mengakibatkan menipisnya dinding pipa plat kondensor. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada kondensor dikarenakan adanya pengaruh korosi (karat) serta retak atau terjadi lubang - lubang kecil yang dapat menimbulkan kebocoran gas keluar. Jika kerusakan pada kondensor terlalu parah akibat korosi, maka harus menggantinya dengan yang baru dan harga kondensor yang baru cukup sangat mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar dan Saito, Penyegar Udara, 1995, Jakarta ; Pradya Paramita.
 Stoeker dan Hara, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, 1996, Jakarta ; Erlangga.
 Dariyanto, Drs, Ikhtisari Praktis Teknik Pendingin, 1983, Bandung ; Tarsito.
 Widharto, Sri, Karat dan Pencegahan, 1999, Jakarta ; Pradya Paramita.
 Sumanto, Drs, Dasar-Dasar Mesin Pendingin, 1996, Yogyakarta ; Andi Yogyakarta