

OPTIMASI KECEPATAN UDARA PADA KONDENSOR TERHADAP PRESTASI KERJA AC MOBIL DENGAN FLUIDA KERJA FREON 12

Tri Tjahjono¹, Desi Arna²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Kampus UMS Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura, Surakarta 57102
email : Tri.Tjahjono@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian tentang sistem pendingin AC mobil yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui laju aliran udara yang optimum pada sistem tersebut terhadap prestasi kerjanya. Aliran udara dinyatakan dengan kecepatan udara yang melintasi kondensor pada bagian sistem pendingin tersebut. Cara yang ditempuh yaitu dengan melakukan penelitian secara eksperimental. Unjuk kerja diukur dengan parameter kerja kompresi, laju aliran kalor kondensasi, laju aliran kalor evaporasi, dampak refrigerasi dan koefisien prestasi (COP). Pada eksperimen ini diawali dengan perakitan sistem pendingin AC mobil yang terdiri kompresor, kondensor, receiver dryer, katup ekspansi dan evaporator. Bahan pendingin (refrigeran) yang dipergunakan adalah refrigeran freon-12. Untuk keperluan pengambilan data dipergunakan alat ukur seperti alat ukur tekanan (manometer), termometer, anemometer, higrometer, tachometer. AC dilengkapi ruang kabin berukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm. Pada kecepatan udara yang melintasi kondensor sebesar 19 feet/s akan memberikan efek pendinginan yang optimal dibandingkan pada kecepatan udara yang melintasi kondensor kurang dari 19 feet/s. Pada kecepatan udara tersebut sistem AC mampu memberikan efek pendinginan pada rentang temperatur 15,5-16°C. Semakin tinggi kecepatan udara yang melintasi kondensor menyebabkan efek refrigerasi yang dibangkitkan semakin rendah. Semakin tinggi kecepatan udara yang melintasi kondensor kinerja AC semakin meningkat sehingga sistem AC bekerja secara optimal pada kecepatan 19 feet/s.

Kata Kunci: AC mobil, koefisien prestasi, kondensor, kecepatan udara.

PENDAHULUAN

Pengkondisian udara merupakan suatu proses pendinginan udara untuk mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan persyaratan pada kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Misalkan sistem penyegaran udara untuk industri dirancang untuk memperoleh temperatur, kelembaban, serta distribusi udara yang sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh proses dan peralatan yang ada pada industri tersebut.

Penggunaan kondensor dengan pendingin udara mempunyai kelebihan dari pada kondensor yang berpendingin air, yaitu kondensor berpendingin udara tidak memerlukan pipa air pendingin, pompa air, dan penampungan air dimana peralatan tersebut akan memerlukan tempat yang lebih luas. Di samping kelebihan tersebut kondensor berpendingin udara mempunyai beberapa kelemahan yaitu karena pendingin udara berhubungan langsung dengan temperatur udara atmosfer maka untuk mengatasi

tekanan pengembunan perlu pengontrolan pada musim dingin.

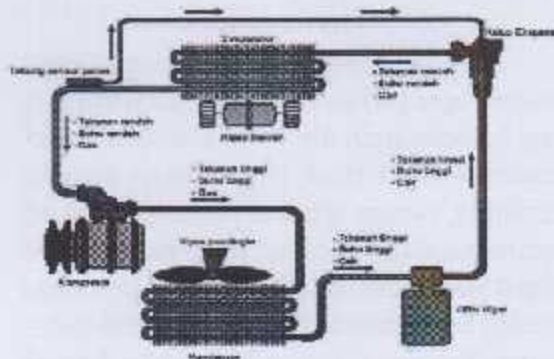
Sistem pendingin yang digunakan dalam penelitian ini bagian kondensor terdapat kipas yang berfungsi untuk memperlancar proses kondensasi. Di dalam pipa kondensor terjadi proses perpindahan kalor dari uap refrigeran ke udara pendingin, jumlah kalor yang dipindahkan melalui dinding pipa pendingin tergantung pada perbedaan temperatur, material pipa, laju aliran massa refrigeran. Dengan latar belakang tersebut perlu dikaji kembali tentang pengaruh kecepatan udara pendingin terhadap laju perpindahan kalor pada kondensor AC mobil.

Teori

Kondensor adalah alat penukar kalor pada sistem refrigerasi yang berfungsi untuk melepas kalor ke lingkungan dengan mengembunkan refrigeran pada tekanan dan temperatur tinggi. Pada bagian kondensor ini diusahakan adanya media pendinginan yang baik, sebab dengan adanya pendingin yang baik pada bagian kondensor akan membantu memperlancar terjadinya proses kondensasi (uap panas dari refrigeran berubah menjadi cair, mengembun).

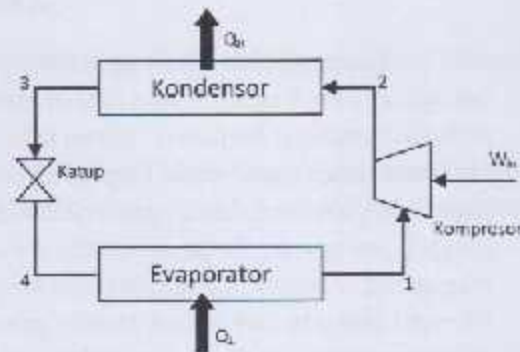
Penempatan kondensor harus pada tempat yang cukup luas, agar aliran udara tidak terhalang. Untuk mengatasi hal ini biasanya pada kondensor dilengkapi dengan kipas untuk menciptakan aliran udara, jadi pada kondensor merupakan gabungan antara perpindahan kalor konduksi dengan perpindahan kalor konveksi.

Siklus Kompresi Uap



Gambar 1 Sistem AC mobil (Boentarto, 2003)

Pada sebuah siklus kompresi uap ideal refrigeran dalam kondisi uap jenuh sebelum masuk kompresor dan keluar sebagai uap panas lanjut. Refrigeran kemudian masuk ke dalam kondensor untuk melepas kalor sehingga terjadi kondensasi sampai kondisi cairan jenuh dan masuk ke katup ekspansi untuk proses *throttling* sampai ke tekanan evaporator. Refrigeran yang dalam kondisi cairan jenuh ini kemudian masuk ke evaporator untuk menyerap kalor sehingga terjadi proses evaporasi.



Gambar. 2 Siklus kompresi uap dan diagram P-h

- Proses 1-2, merupakan kompresi dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Apabila perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan, maka kerja kompresor per laju aliran massa refrigeran adalah sebagai berikut.

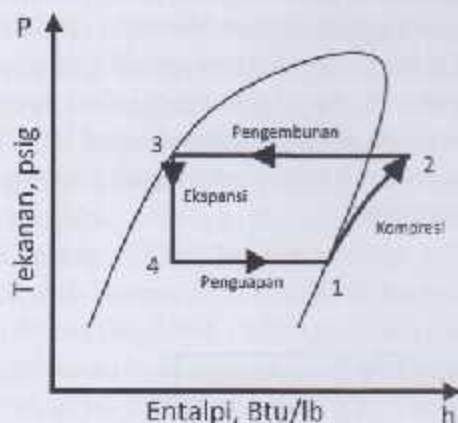
$$\frac{\dot{W}_{in}}{\dot{m}_{ref}} = (h_2 - h_1) \dots\dots\dots 1$$

- Proses 2-3, merupakan proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigeran. Laju aliran kalor kondensasi per aliran massa refrigeran adalah sebagai berikut.

$$\frac{\dot{Q}_H}{\dot{m}_{ref}} = (h_2 - h_3) \dots\dots\dots 2$$

- Proses 3-4, merupakan proses ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.

Proses pengecilan (*throttling process*) pada sistem



- d. pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau katup ekspansi. Proses di sini berlangsung pada proses adiabatik sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$h_3 = h_4 \dots\dots\dots 3$$

- e. Proses 4-1, merupakan penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Laju aliran kalor evaporasi per aliran massa refrigeran dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\frac{\dot{Q}_1}{\dot{m}_{ref}} = (h_1 - h_4) \dots\dots\dots 4$$

- f. Dampak refrigerasi atau *Refrigeration effect* (RE) adalah besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran pada proses evaporasi, dampak refrigerasi dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$RE = h_1 - h_4 \dots\dots\dots 5$$

- g. Istilah prestasi di dalam siklus refrigerasi disebut dengan koefisien prestasi atau COP yang didefinisikan sebagai berikut.

$$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \dots\dots\dots 6$$

$\frac{\dot{W}_m}{\dot{m}_{ref}}$ = Kerja kompresi per laju aliran massa refrigeran (Btu/lb)

$\frac{\dot{Q}_H}{\dot{m}_{ref}}$ = Laju aliran kalor proses kondensasi per aliran massa refrigeran (Btu/lb)

$\frac{\dot{Q}_1}{\dot{m}_{ref}}$ = Laju aliran kalor proses evaporasi per aliran massa refrigeran (Btu/lb)

RE = *Refrigeration effect* atau dampak refrigerasi (Btu/lb)

COP = Koefisien prestasi mesin pendingin

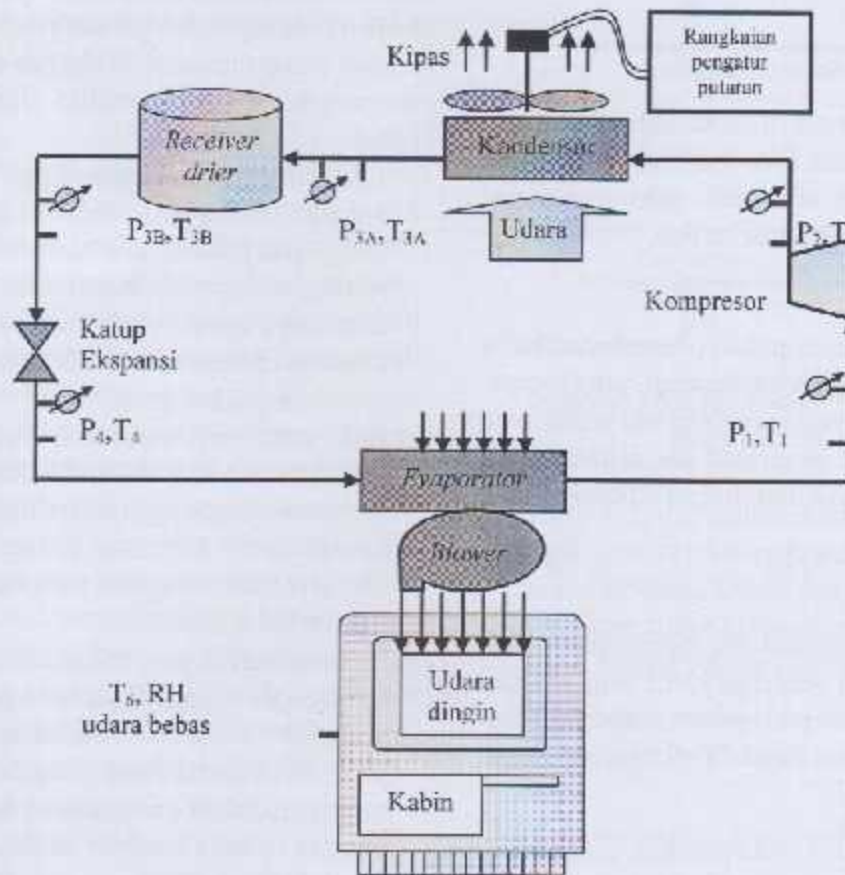
Sifat-Sifat Refrigeran Ideal

Dalam pemakaian refrigeran dipilih jenis refrigeran yang punya karakteristik *thermodynamika* yang baik. Karakteristik *thermodynamika* meliputi temperatur penguapan, tekanan penguapan, temperatur pengembunan, tekanan pengembunan. refrigeran yang ideal sekurang-kurangnya memiliki sifat sebagai berikut :

- Tekanan penguapan harus tinggi.
Sebaiknya refrigeran memiliki temperatur penguapan pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada *evaporator*, dan turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi.
- Kalor laten penguapan harus tinggi.
Refrigeran yang memiliki kalor laten penguapan yang tinggi lebih menguntungkan karena untuk kapasitas refrigerasi yang sama, jumlah refrigeran yang bersirkulasi menjadi lebih kecil.
- Volume spesifik yang cukup kecil.
Refrigeran dengan kalor laten penguapan yang lebih besar dan volume spesifik gas yang kecil (berat jenis yang besar) akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume langkah torak yang lebih kecil. Dengan demikian, untuk kapasitas refrigerasi yang bersangkutan menjadi lebih kecil.
- Koefisien prestasi harus tinggi.
Dari segi karakteristik *thermodynamika* refrigeran, koefisien prestasi merupakan parameter yang penting untuk menentukan biaya operasi.
- Konduktifitas *thermal* tinggi.
Konduktifitas *thermal* penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor.
- Viskositas kecil dalam fase cair maupun gas.

- Dengan menurunnya tekanan aliran refrigeran dalam pipa, kerugian tekanan akan berkurang.
- g. Refrigeran hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai, jadi juga tidak menyebabkan korosi.
 - h. Suhu pembekuan harus rendah, sehingga tidak terjadi penggumpalan pada saat operasi
 - i. Tidak mudah terbakar.
 - j. Refrigeran yang digunakan murah.
- Sifat sifat tersebut diatas jarang sekali dijumpai pada refrigeran yang mempunyai secara mutlak memuaskan untuk semua sifat. Karakteristik refrigeran sebaiknya menguap pada tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer, sehingga dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar masuk pada sistem refrigeran.

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. Diagram alat uji penelitian.

Metode penelitian yang dipakai adalah Pengujian AC mesin mobil yang dirancang khusus untuk penelitian dengan mengambil data pengukuran suhu refrigeran pada saluran saat sistem bekerja ($T_1, T_2, T_{3A}, T_{3B}, T_4$), Tekanan refrigeran pada saat sistem bekerja ($P_1, P_2, P_{3A}, P_{3B}, P_4$), Suhu di dalam kabin pada saat sistem

bekerja (T_5), suhu lingkungan sekitar (T_6), intensitas cahaya (I), putaran motor kompresor (rpm), Kecepatan udara melewati kondensator ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$) dan terakhir adalah kelembaban udara lingkungan sekitar (H). Untuk skema pengujian di atas dapat dilihat pada Gambar 3.

Bahan pendingin (refrigeran) atau fluida kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah R-12. Oli dalam jumlah tertentu juga dimasukkan ke dalam kompresor yang berfungsi sebagai minyak pelumas dan melindungi bagian-bagian dalam mesin yang bergesekkan, oli dan refrigeran tidak akan bercampur karena masa jenis oli dan refrigeran berbeda sehingga mereka terpisah. R-12 merupakan refrigeran dari jenis CFC, menurut penelitian CFC ini dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan ozon dan dapat menyebabkan pemanasan global. Dalam penelitian masih menggunakan R-12 sebagai fluida kerja dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- 1) Refrigeran R-12 mudah didapatkan dipasaran.
- 2) Harganya murah.
- 3) Tidak berbau merangsang, tidak beracun
- 4) Tidak mudah terbakar dan tidak mudah mudah meledak.
- 5) Masih banyaknya penggunaan refrigeran R-12 sebagai fluida kerja pada mesin refrigerasi.



Gambar 4. Refrigeran freon (R-12) untuk AC Mobil.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada sistem kompresi uap sederhana. Pada peralatan ini mempunyai komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan *evaporator*. Selain peralatan utama tersebut pada alat uji ini juga dilengkapi peralatan seperti *receiver drier*, motor listrik sebagai penggerak kompresor, kipas udara pendingin pada kondensor dan *evaporator*. Sedangkan untuk pengisian refrigeran dalam sistem ini menggunakan pompa vakum. Untuk pengam-

bilan data peralatan ini perlu dipasang peralatan seperti alat ukur tekanan (*pressure gauge*), *higrometer* atau *Rh meter*, *thermometer digital*, *tachometer*, Pengukur intensitas cahaya dan *anemometer*.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

1. Kompresor unit terbuka (*open unit compressor*)

Yang dimaksud dengan kompresor unit terbuka adalah kompresor dan motor penggeraknya masing-masing berdiri sendiri untuk memutar kompresor digunakan sabuk (*belt*). Kompresor AC mobil yang digunakan adalah kompresor torak jenis *swash plate* lima silinder. Kompresor ini bekerja pada tekanan 150÷300 psig pada saluran buang dan 25÷50 psig pada saluran hisap. Untuk menggerakkan kompresor digunakan motor listrik dengan daya 1 HP.

2. Kondensor

Kondensor yang digunakan adalah kondensor AC window dengan kapasitas 12.000 Btu/hr. Pada kondensor ini terdapat sirip aluminium yang berfungsi untuk memperluas daerah perpindahan kalor. Kondensor yang digunakan ini mempunyai tipe laluan tunggal (*single passage*).



Gambar 5. Kondensor.

3. Katup ekspansi

Katup ekspansi yang digunakan adalah katup ekspansi jenis termostatik. Alat ini berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran agar lebih mudah menguap.

Sensor termostatik



Gambar 6. Katup ekspansi termostatik.

4. Evaporator

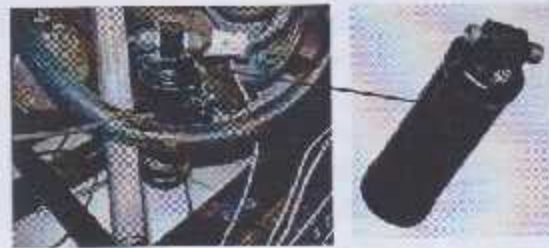
Evaporator yang digunakan adalah evaporator mobil dengan penghembus udara dengan blower. Evaporator berfungsi untuk menyerap kalor dari lingkungan. Sensor termostatik ini diletakkan pada sirip evaporator, apabila temperatur yang ditentukan sudah tercapai maka termostatik ini akan memutus saluran listrik yang dihubungkan dengan kompresor sehingga kompresor dapat berhenti secara otomatis.



Gambar 7. Evaporator dalam kabin.

5. Receiver drier

Receiver drier digunakan untuk menyaring kotoran halus agar tidak terjadi penyumbatan pada katup ekspansi dan juga berfungsi mengeringkan fase refrigeran sebelum masuk evaporator. Receiver drier terdiri dari silica gel dan screen, silica gel berfungsi menyerap kotoran, air sedangkan screen yang terdiri dari kawat kasa yang halus gunanya untuk menyaring kotoran dalam sistem, misalnya : potongan timah, karat dan lain-lain.



Gambar 8. Receiver drier.

6. Kipas udara

Kipas Udara terdiri dari 2 macam kipas udara, yaitu :

a. Tipe aksial.

Terbuat dari plastik, berfungsi sebagai pendorong udara pendingin kondensor.

b. Tipe radial

Terdiri dari roda blower, berfungsi sebagai pendorong udara dari evaporator ke ruangan. Kipas udara ini berfungsi mengeluarkan kalor dari sistem ke lingkungan.



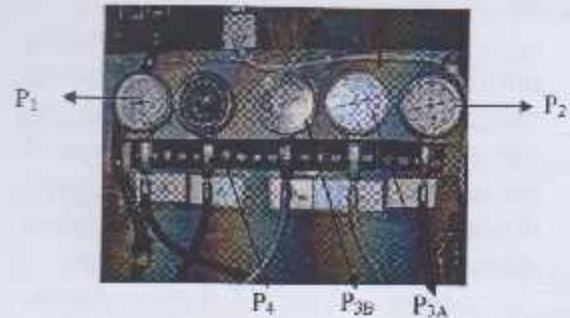
Gambar 10. Kipas tipe aksial pada kondensor.

7. Kabin

Kabin berfungsi sebagai simulasi pengandaian ruangan mobil, kabin terbuat dari papan setebal 1 cm dimana volume kabin adalah $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. Jadi kabin dibuat dengan desain khusus agar evaporator dapat masuk kedalam untuk mengalirkan udara dingin kedalamnya. Dalam penelitian ini kabin diberi alat ukur berupa thermometer ruangan untuk mengetahui temperaturnya.



Gambar 11. Kabin.



Gambar 13. Teraukur tekanan (*Pressure gauge*)

8. Pompa Vakum

Pompa vakum berfungsi untuk memvakumkan sistem dalam saluran dan mengisi oli serta membuang kotoran-kotoran sisa (tes tekan).



Gambar 12. Pompa vakum

Peralatan Ukur

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data seperti tekanan, temperatur, *humidity*, putaran motor dengan menggunakan peralatan, antara lain:

1. Teraukur tekanan (*Pressure gauge*)

Teraukur tekanan (*Pressure gauge*) ini digunakan untuk mengukur tekanan dari refrigeran. Pengukuran dilakukan di 5 titik di dalam-sistem yang telah ditentukan yaitu pada saluran keluar *evaporator* (P_1), saluran keluar kompresor (P_2), saluran keluar kondensor (P_{3A}), saluran keluar *receiver drier* (P_{3B}) dan saluran keluar katup ekspansi (P_4).

2. Thermokopel Reader

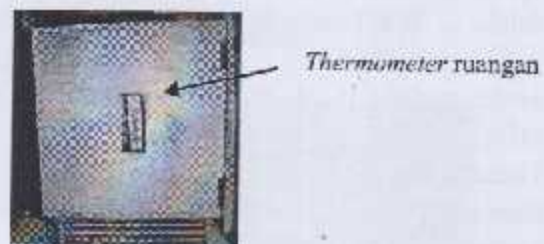
Thermometer yang digunakan adalah *thermometer digital* dengan menggunakan termokopel tipe k untuk 4 *channel* pengukuran suhu. *Thermometer* ini digunakan untuk mengukur suhu refrigeran yang berada di dalam sistem.



Gambar 14. *Thermokopel reader*

3. *Thermometer*

Thermometer ruangan digunakan untuk mengukur suhu ruangan di dalam kabin.



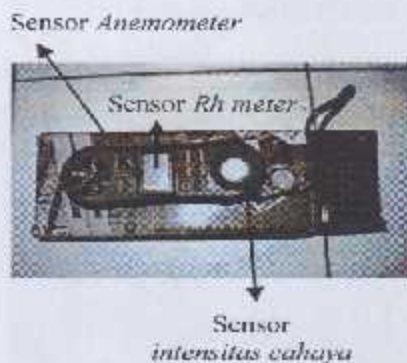
Gambar 15. *Thermometer* ruangan.

4. Rh, Anemo, Intensitas cahaya meter

Rh meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban ruangan. Rh meter pada penelitian ini terdapat pada satu alat yang mempunyai 4 pengukuran (4 in 1 meter). Rh meter di taruh di udara bebas untuk mengukur kelembaban udara pada saat penelitian berlangsung.

Anemometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan udara melintas kondensor. Dalam penelitian kipas kondensor bervariasi 6 putaran sehingga semua diukur satu persatu dari putaran kipas tertinggi sampai putaran kipas terendah.

Dalam penelitian intensitas cahaya ruangan sekitar diperlukan datanya agar mendukung situasi dan kondisi ruangan pada saat penelitian berlangsung.



Gambar 16. Rh, anemo, intensitas cahaya meter

5. Tachometer

Tachometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur putaran poros pada kompresor. Tachometer digunakan untuk mengukur putaran mesin kompresor.



Gambar 17. Tachometer

6. Manifold gauge analyzer

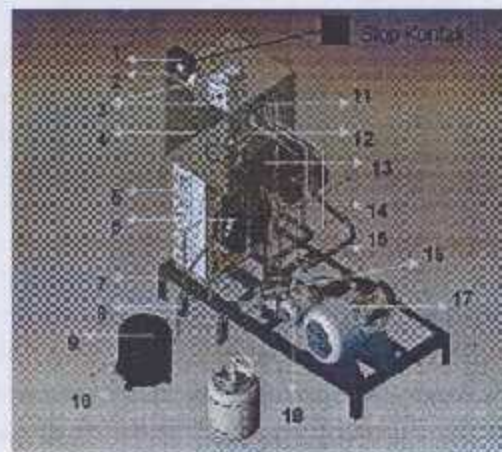
Manifold gauge analyzer adalah alat yang digunakan untuk mengisi refrigeran ke sistem. Manifold gauge analyzer juga digunakan untuk mengukur besaran tekanan refrigeran yang masuk ke sistem karena dilengkapi pressure gauge. Tekanan masuk ke sistem ada 2 jenis pembacaan yaitu tekanan rendah dan tekanan tinggi.



Gambar 18. Manifold gauge analyzer

Instalasi Pengujian

Desain instalasi pengujian optimisasi kapasitas tekanan pengisian refrigeran freon (R-12) terhadap prestasi kerja AC mobil adalah sebagai berikut.



Gambar 19. Desain Instalasi Alat Uji Penelitian.

Keterangan :

1. Saklar untuk menghidupkan motor dan kompresor

2. Saklar *ON/OFF* yang tersambung ke stop kontak sumber arus
3. Adaptor
4. Kabin
5. Kondensor
6. Kipas kondensor
7. Rangka
8. Thermometer digital
9. Pompa vakum
10. Tabung refrigeran
11. Terukur tekanan (*Pressure gauge*)
12. *Manifold gauge analyzer*
13. *Evaporator*
14. Katup ekspansi
15. Selang pipa refrigeran
16. *Receiver drier*
17. Motor 1 Hp
18. Kompresor

Instalasi pengujian terdiri dari komponen-komponen mesin pendingin yaitu kompresor, kondensor, *receiver drier*, katup ekspansi dan *evaporator* yang saling dihubungkan dengan pipa-pipa saluran refrigeran. Juga dilengkapi dengan komponen-komponen pendukung lainnya antara lain motor 1 Hp, kabin, *manifold gauge analyzer*, kipas kondensor, pompa vakum, tabung refrigeran, adaptor, saklar, pengatur putaran kipas.

Spesimen pengujian berupa kapasitas tekanan refrigeran freon 12 dengan tekanan yang bervariasi yaitu tekanan 100 psig, 110 psig, 120 psig, 130 psig, 140 psig, 150 psig, 160 psig, 170 psig, 180 psig. Angka 100 psig adalah angka terendah dalam penelitian ini karena ketika pengujian didapatkan data pada suhu kabin hampir sama dengan suhu lingkungan yaitu suhu kabin ($T_s = 29,5^\circ\text{C}$) sedangkan suhu lingkungan sekitar ($T_g = 30,1^\circ\text{C}$) itu berarti terjadi pendinginan sedikit sedangkan angka 180 psig adalah angka tertinggi dari penelitian ini karena ketika pengujian didapatkan kompresor tersendat-sendat karena terlalu penuh refrigeran di dalam sistem yang bekerja meskipun pada tekanan pengisian tersebut mengalami pendinginan yang baik yaitu suhu kabin ($T_s = 18^\circ\text{C}$) sedangkan suhu lingkungan sekitar ($T_g = 28$

$^\circ\text{C}$) karena alasan kompresornya yang tersendat-sendat maka dihentikan pengujian.

Prosedur penelitian

Untuk prosedur penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pengkalibrasian seluruh alat ukur.
2. Kipas kondensor diberi selubung dihubungkan dengan kondensor yang bertujuan untuk keakuratan data kecepatan udara.
3. Pemberian variasi kecepatan aliran udara yang melintasi kondensor dimulai dari 8 feet/s, 12 feet/s, 15 feet/s, 17 feet/s, 18 feet/s, 19 feet/s.
4. Pengisian tekanan refrigeran antara 100psig – 180psig.
5. Pencatatan data tekanan ($P_1, P_2, P_{3A}, P_{3B}, P_4$) di dalam saluran refrigeran saat penelitian berlangsung.
6. Pencatatan data suhu ($T_1, T_2, T_{3A}, T_{3B}, T_4$) di dalam saluran refrigeran saat penelitian berlangsung.
7. Pencatatan data suhu kabin (T_s).
8. Pencatatan data suhu (T_g), intensitas cahaya (I), dan kelembaban udara (H) lingkungan sekitar.
9. Seluruh pencatatan menggunakan interval waktu 5 menit dan dilakukan terus menerus hingga kondisi stedi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis data

Analisis dilakukan dengan mengambil data pengukuran suhu dan tekanan refrigeran yang bekerja pada sistem. Cara mencari nilai entalpi (h_1, h_2, h_3 dan h_4) pada diagram P-h R-12 adalah sebagai berikut.

- a. Data tekanan (P_1, P_2, P_3, P_4) dalam satuan psig harus dikonversikan ke psia yaitu dengan rumus ($\text{psia} = \text{psig} + 1 \text{ atm}$ dimana $1 \text{ atm} = 14.7 \text{ psi}$) terlebih dahulu karena pada diagram P-h R-12 tekanan dalam satuan psia, kemudian data tekanan ditempatkan pada posisi sumbu y pada diagram P-h kemudian lihat dengan teliti angka yang

- tertampil kemudian berikan tanda dan digaris ke kanan (horizontal) dengan rapi.
- Data suhu (T_1, T_2, T_3, T_4) ditempatkan pada kubah diagram P-h, lihat dengan teliti angka yang tertampil kemudian berikan tanda dengan rapi.
 - Dari data tekanan dan suhu di pertemukan titik pertemuannya masing-masing yaitu : P_1 bertemu T_1 menghasilkan titik 1, P_2 bertemu T_2 menghasilkan titik 2, P_3 bertemu T_3 menghasilkan titik 3 dan P_4 bertemu T_4 menghasilkan titik 4.
 - Titik-titik pertemuan dari data tekanan dan suhu (titik 1, titik 2, titik 3, titik 4) ditarik garis ke arah sumbu x sehingga di dapatkan nilai entalpi R-12 (h_1, h_2, h_3 dan h_4).

Menghitung kerja kompresi per laju aliran

$$\text{massa refrigeran} \left(\frac{\dot{W}_{in}}{\dot{m}_{ref}} \right)$$

Setelah didapatkan nilai entalpi (h_1, h_2, h_3 dan h_4) selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan 2, sehingga di dapatkan kerja proses kompresi dengan satuan Btu/lb. Untuk $P = 100$ psig putaran kipas kondensor tertinggi nilai entalpi yang didapatkan dari diagram P-h R-12.

Menghitung Laju aliran kalor proses

$$\text{kondensasi} \left(\frac{\dot{Q}_H}{\dot{m}_{ref}} \right)$$

Setelah didapatkan nilai entalpi (h_1, h_2, h_3 dan h_4) selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan 3, sehingga di dapatkanlah laju aliran kalor proses kondensasi dengan satuan Btu/lb. Untuk $P = 100$ psig putaran kipas kondensor tertinggi nilai entalpi yang didapatkan dari diagram P-h R-12.

Menghitung laju aliran kalor proses evaporasi

$$\text{per laju aliran massa refrigeran} \left(\frac{\dot{Q}_L}{\dot{m}_{ref}} \right)$$

Setelah didapatkan nilai entalpi (h_1, h_2, h_3 dan h_4) selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan 5, sehingga di dapatkanlah laju aliran kalor proses evaporasi dengan satuan Btu/lb. Untuk $P = 100$ psig putaran kipas kondensor tertinggi nilai entalpi yang didapatkan dari diagram P-h R-12.

Menghitung dampak refrigerasi atau *Refrigeration Effect (RE)*

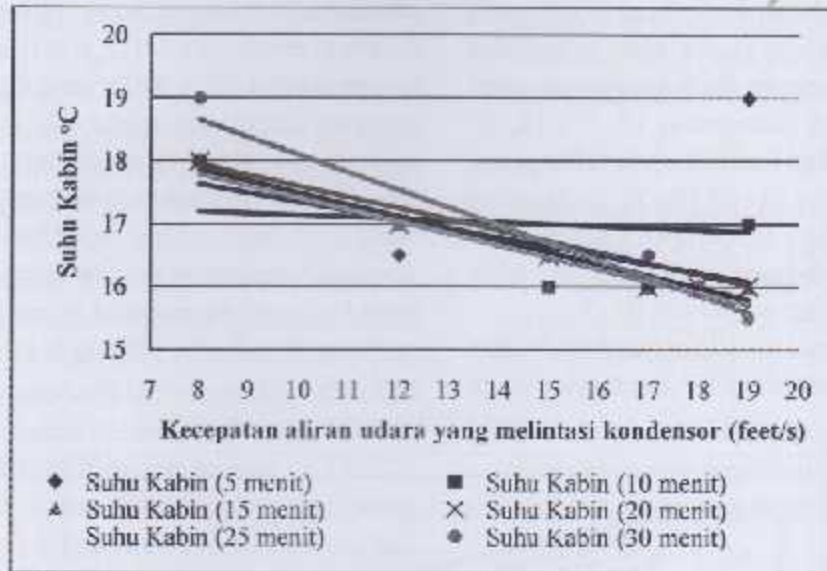
Setelah didapatkan nilai entalpi (h_1, h_2, h_3 dan h_4) selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan 6, sehingga di dapatkanlah dampak refrigerasi dengan satuan Btu/lb. Untuk $P = 100$ psig putaran kipas kondensor tertinggi nilai entalpi yang didapatkan dari diagram P-h R-12.

Menghitung Koefisien Prestasi (COP)

Setelah didapatkan nilai entalpi (h_1, h_2, h_3 dan h_4) selanjutnya dimasukkan ke dalam persamaan 7, sehingga di dapatkanlah unjuk kerja mesin pendingin. Untuk $P = 100$ psig putaran kipas kondensor tertinggi nilai entalpi yang didapatkan dari diagram P-h R-12.

Pembahasan

Temperatur ruangan kabin adalah simulasi keadaan di dalam ruangan mobil itu sendiri sehingga penting untuk diulas bagaimana pendinginan di dalam kabin tersebut. Pada Kecepatan 8 feet/s pendinginan yang optimal yaitu pada menit kelima kemudian setelah kecepatan bertambah antara 12÷17 feet/s pendinginan yang optimal pada menit ke 25. Setelah kecepatan bertambah antara 18÷19 feet/s pendinginan dalam kabin yang optimal yaitu pada menit ke 30. Pada kecepatan 19 feet/s mampu memberikan efek pendinginan yang optimal dari pada kecepatan kipas udara yang lain. Pada kecepatan 19 feet/s sistem AC mampu memberikan efek pendinginan pada kabin pada interval temperatur 15÷19 °C. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat menyimpulkan bahwa semakin besar kecepatan udara yang melintasi kondensor maka efek pendinginan yang dihasilkan akan semakin optimal.



Gambar 20. Temperatur ruangan kabin pada berbagai kecepatan udara.

Pada Gambar 21, menunjukkan hubungan kerja kompresi per laju aliran massa tiap-tiap kecepatan udara yang melintasi kondensator, parameter ini penting agar dapat mengetahui kerja kompresi pada sistem AC mobil. Gambar

21, menunjukkan bahwa pada rentang kecepatan 8-19 feet/s aliran udara yang melintasi kondensator dimana semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensator maka kerja kompresi mengalami penurunan.



Gambar 21. Kerja kompresi per laju aliran massa pada berbagai kecepatan udara.

Gambar 22 menjelaskan dampak refrigerasi yang dihasilkan oleh sistem AC mobil pada berbagai kecepatan aliran udara. Dampak refrigerasi ini ditentukan dengan melihat perubahan nilai entalpi yang berhubungan dengan

sistem evaporator atau secara termodinamika selisih nilai ($h_1 - h_4$). Nilai h_1 dan h_4 ditentukan berdasarkan data eksperimen kondisi tekanan dan temperatur pada titik 1 dan 4 pada daur kompresi uap. Hasil eksperimen menunjukkan

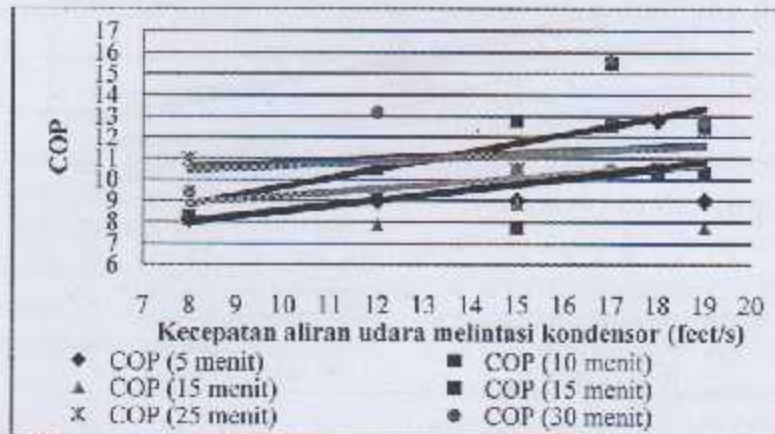
bahwa semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensor maka efek refrigerasi mengalami penurunan. Pada kecepatan udara pada tombol 3÷6 (kecepatan 15, 17, 18, 19 feet/s) memberikan hasil dampak referigerasi yaitu pada interval 61÷64 Btu/lb. Sedangkan pada tombol 1 dan 2 (kecepatan 8 dan 12 feet/s) menghasilkan dampak referigerasi yang lebih tinggi yaitu pada interval 63÷66 Btu/lb.

Kinerja suatu AC diekspresikan dengan nilai koefisien prestasi (COP). Besarnya nilai ini

ditentukan oleh perbandingan kalor yang mampu diserap evaporator (Q_L) terhadap kerja kompresornya (W_c). Kalor yang diserap senilai dampak refrigerasi suatu AC atau (h_1-h_4), sedangkan kerja kompresor dapat ditentukan dari selisih entalpi antara refrigeran yang masuk kompresor dan yang keluar kompresor (h_2-h_1). Gambar 23 menunjukkan hasil koefisien prestasi pada berbagai variasi laju aliran udara yang melintasi kondensor sebesar 8, 12, 15, 17, 18, 19 feet/s.



Gambar 22. Dampak refrigerasi pada berbagai kecepatan udara.



Gambar 23. Koefisien prestasi pada berbagai kecepatan udara.

Data-data perhitungan mengindikasikan bahwa semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensor pada rentang kecepatan

8÷19 feet/s mengakibatkan kinerja AC akan meningkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian pembahasan yang telah disampaikan di atas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensor maka suhu kabin akan semakin turun. Pada kecepatan laju aliran udara sebesar 19 feet/detik tersebut sistem AC mampu memberikan efek pendinginan pada ruangan kabin berukuran 50cm x 50cm x 50cm pada rentang temperatur 15-19°C.
2. Semakin besar laju aliran udara yang melintasi kondensor maka kinerja AC

semakin optimal. Sistem AC akan bekerja secara optimal pada kecepatan laju aliran udara sebesar 19 feet/s.

Saran

1. Penelitian optimasi laju aliran udara yang melintasi kondensor ini agar dilakukan dengan menambah kecepatan dan dilakukan penelitian dengan durasi lebih lama lagi untuk mengetahui kinerja AC Mobil yang lebih optimal.
2. Untuk penelitian yang akan datang diharapkan agar laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref}) di ukur agar melengkapi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Boentarto, 2003, *Teknik AC Mobil*, Penerbit Aneka, Solo.

John Budi Harjanto, 2004, *Penuntun Praktikum Mesin Pendingin volume 2*, Penerbit Restu Agung Jakarta.

Holman, J.P. 1988, *Perpindahan Kalor, terjemahan LEMIGAS, edisi keenam, Erlangga, Jakarta.*

Kusnanto, S., 2004, *Optimasi Pengaruh Udara Pendingin pada AC Mobil*, Tugas Akhir S1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Soemanto, 2004, *Dasar-dasar Mesin Pendingin*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.

Stocker, W. F and Jones J. W, 1996, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, terjemahan Supratman Hara, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.