

## Analisa kerja alat uji prestasi mesin pendingin udara dengan kapasitas daya kompresor 1 PK

Lukito Dwi Yuono<sup>1</sup>, Eko Budiyo<sup>2</sup>, Ari Ansori<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro  
JL.Ki.Hajar Dewantara NO. 116 Metro, Lampung Indonesia  
\*Corresponding author: lukitody1@gmail.com

### Abstract

*The purpose of the study was to determine the temperature value at each point of the refrigeration performance tool, heat absorption, refrigerant flow rate, compressor power, and the working speed of the refrigeration performance test tool or (Coefficient Of Performance) COP during the 60 minute test time. The method that will be used in this research is to modify the test equipment and conduct real experiments by analyzing several variables that affect the performance of the air conditioning system. The independent variables in this study were the refrigerant pressure of 60 Psi, 70 Psi, and 80 Psi. The addition of several components of measuring instruments that function to display data will be carried out at each point as needed. Digital reading of data will function to display test result data in the form of numbers for air temperature, temperature, and refrigerant pressure in the air conditioning machine (AC). The study was conducted in a room with a size of 4 x 5 x 2.5 meters, and using LG AC with a compressor power of 1 PK. Based on the test results, changes in temperature that occur at each point of the performance of the air conditioning machine and heat absorption affect the temperature changes of each cooling machine performance, namely the use of 60 Psi of 23.9 C for 70 Psi of 24.8 C and 80 Psi is 22.1 C. Then changes to heat absorption by the condenser and evaporator are at a refrigerant pressure of 60 Psi of 171.6 kJ/s for 70 Psi of 201.1 kJ/s and 80 Psi of 215.3 kJ/s. And the heat absorption that occurs in the evaporator with a pressure of 60 Psi is 143.3 kJ/s for 70 Psi of 161.6 kJ/s and 80 Psi is 172.2 kJ/s. The resulting refrigerant flow rate and compressor power, for the refrigerant flow rate, affect the changes that occur in the use of 60 Psi of 0.003 kg/s, for 70 Psi of 0.004 kg/s, and 80 Psi of 0.005 kg/s. Then for the compressor power at the use of 60 Psi of 0.446 kW, for 70 Psi of 0.521 kW, and 80 Psi of 0.611 kW. The refrigerant flow rate value of the refrigeration machine performance test tool or COP produced at a refrigerant pressure of 60 Psi is 3.26 for 70 Psi, namely 4.45 and 80 Psi is 5.11.*

**Keywords :** Refrigerant pressure, refrigerant R22, cooling load, COP.

### Abstrak

Tujuan dari penelitian adalah mengetahui nilai suhu pada tiap titik alat prestasi mesin pendingin, penyerapan panas, laju aliran refrigerant, daya kompresor, dan kecepatan kerja alat uji prestasi pendingin atau (*Coefisient Of Performance*) COP selama waktu pengujian 60 menit. Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah modifikasi alat uji dan melakukan eksperimen nyata dengan menganalisa beberapa variabel yang mempengaruhi kinerja sistem pengkondisi udara. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tekanan refrigeran 60 Psi, 70 Psi, dan 80 Psi. Penambahan beberapa komponen alat ukur yang berfungsi menampilkan data akan dilakukan pada setiap titik sesuai kebutuhan. Pembacaan data secara digital akan berfungsi menampilkan data hasil pengujian dalam bentuk angka untuk suhu udara, temperatur, dan tekanan refrigeran dalam mesin pengkondisi udara (AC). Penelitian dilakukan pada ruangan dengan ukuran 4 x 5 x 2,5 meter, dan menggunakan AC LG dengan daya kompresor 1 PK. Berdasarkan hasil pengujian, perubahan suhu yang terjadi

pada setiap titik alat prestasi mesin pendingin udara dan penyerapan panas berpengaruh terhadap perubahan suhu dari setiap prestasi mesin pendingin yaitu pada penggunaan 60 Psi sebesar 23,9 °C untuk 70 Psi sebesar 24,8 °C dan 80 Psi sebesar 22,1 °C. Kemudian perubahan terhadap penyerapan panas oleh kondensor dan evaporator yaitu pada tekanan refrigerant 60 Psi sebesar 171,6 kJ/det untuk 70 Psi sebesar 201,1 kJ/det dan 80 Psi sebesar 215,3 kJ/det. Dan penyerapan panas yang terjadi evaporator dengan tekanan 60 Psi sebesar 143,3 kJ/det untuk 70 Psi sebesar 161,6 kJ/det dan 80 Psi sebesar 172,2 kJ/det. Nilai laju aliran refrigeran yang dihasilkan dan daya kompresor, untuk laju aliran refrigerant berpengaruh terhadap perubahan yang terjadi pada penggunaan 60 Psi sebesar 0,003 kg/det, untuk 70 Psi sebesar 0,004 kg/det, dan 80 Psi sebesar 0,005 kg/det. Kemudian untuk daya kompresor pada penggunaan 60 Psi sebesar 0,446 kW, untuk 70 Psi sebesar 0,521 kW, dan 80 Psi sebesar 0,611 kW. Nilai laju aliran refrigeran alat uji prestasi mesin pendingin atau COP yang dihasilkan pada tekanan refrigerant 60 Psi yaitu 3,26 untuk 70 Psi yaitu 4,45 dan 80 Psi 5,11.

**Kata kunci :** Tekanan refrigeran, refrigerant R22, beban pendingin, COP.

## Pendahuluan

Mesin pendingin udara merupakan mesin konversi energi yang digunakan untuk memindahkan panas dari temperatur rendah ke temperatur tinggi dengan cara menambahkan kerja dari luar. Mesin pendingin merupakan peralatan yang digunakan dalam proses pendinginan suatu fluida sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang diinginkan, dengan jalan menyerap panas dari suatu reservoir dingin dan diberikan ke suatu reservoir panas. Koefisien prestasi dan tingkat penggunaan energi tentang AC sangat penting untuk diketahui, oleh karena itu penulis berencana membuat alat uji praktikum untuk mengetahui hal tersebut [1].

Kebutuhan akan berbagai peralatan atau alat uji dalam praktikum fenomena dasar mesin dan prestasi mesin pendingin udara perlu disiapkan alat uji praktikum yang lebih mudah berfungsi menampilkan data pada setiap energi tentang AC, atau pembacaan data yang digital berfungsi menampilkan data hasil pengujian dalam bentuk angka berpengaruh terhadap suhu udara, temperatur, dan tekanan freon dalam mesin pendingin, sebagai salah satu variabel kondisi pendingin udara pada level normal atau aman pada ruangan yang dipantau dengan alat uji praktikum prestasi mesin pengkondisi udara (*Air Conditioning/AC*). dengan kapasitas daya kompresor 1 PK [2-3].

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka perlu dianalisa beberapa variabel yang sangat berpengaruh pada kinerja sistem AC-Split yaitu perhitungan laju pendinginan, daya kerja kompresor pendingin dan COP (*Coefficient Of Performance*) dari mesin pendingin tipe AC-Split untuk suatu pengujian dan analisa pada alat uji prestasi mesin pendingin udara AC dengan kapasitas daya kompresor 1 PK ini diharapkan dapat mengembangkan sistem pemantau mesin pendingin udara dengan normal. Serta lebih terfokus pada penggunaan dan kalibrasi sensor yang akan digunakan menampilkan hasil pembacaan pendingin udara ditetapkan untuk variasi mengetahui prestasi dan tekanan 60, 70, 80, Psi yang terjadi pada mesin pendingin udara (*Air Conditioning*) AC-Split dengan pembacaan data menggunakan alat prototype. Dengan sistem yang nyata dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengambilan data, sehingga mempermudah nantinya dalam menganalisa hasil pengujian yang dapat digunakan sesuai dengan referensi pengujian atau praktikum oleh Mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Selain itu juga dapat digunakan sebagai bahan referensi untuk pengembangan mesin pendingin udara dengan kapasitas daya kompresor 1 PK (*Air Conditioning*) AC-Split tersebut [4].

Komponen utama dari mesin pendingin udara (*Air Conditioning*) *AC-Split* adalah kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator, untuk mengetahui fenomena dan prestasi sistem mesin pendingin udara tersebut diatas maka dilakukan analisa kerja alat uji prestasi mesin pendingin dengan kapasitas daya kompresor 1 PK split.

### Tinjauan Pustaka

Air Conditioner atau yang biasa disebut AC merupakan sebuah alat yang mampu mendinginkan udara. Dengan kata lain, AC berfungsi sebagai penyejuk udara. Penggunaan AC untuk memperoleh udara yang dingin dan sejuk serta nyaman bagi tubuh kita, AC lebih banyak digunakan diwilayah yang beriklim tropis dengan kondisi temperatur udara yang relative tinggi seperti di Indonesia. Refrigerasi mulai muncul pada awal abad ke-19 Mechanics Journal oleh penulis anonim. Paten pertama mesin refrigerasi yang tercatat namanya yaitu Thomas Harris dan John Long yang dipublikasikan di Great Britain pada tahun 1790 [5]. Siklus refrigerasi merupakan kebalikan dari siklus carnot yang membutuhkan kerja untuk memindahkan kalor dari memiliki temperatur lebih tinggi. Sistem refrigerasi ini sering dimanfaatkan untuk mendinginkan keadaan udara dalam suatu ruang tertentu, seperti ruang kantor, atau ruang penyimpanan barang. Selain berfungsi sebagai pendingin udara manfaat lain bisa dirasakan selama bertahun pada berbagai bidang industri seperti industri manufaktur, industri perminyakan, industri kimia, dan industri pangan. Sehingga udara dapat mengatur suhu, kelembaban, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya. Menurut Wiranto Arismunandar (1991), penyegaran udara adalah proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur, daya coefficient of performance (COP), tekanan refrigeran dan kelembaban yang sesuai dengan yang

dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu.

### Beban pendinginan

Beban pendingin ruangan adalah laju aliran kalor yang terdiri dari beban pendinginan luar, dan beban pendinginan dalam, yang harus diambil dari dalam ruangan untuk mempertahankan temperatur antara kondisi ruangan dan dalam ruangan pada kondisi yang diinginkan.

Beban pendinginan luar terdiri dari beban kalor melalui dinding, kaca, atap dan lantai. Panas melalui dinding dan lainnya terjadi oleh permukaan dinding dan oleh beban temperatur antara kondisi luar ruangan dan dalam ruangan sebesar dapat dihitung dengan persamaan dan besar beban pendinginan total yang terjadi dapat diketahui yaitu :

$$Q_{total\ pendinginan\ luar} = Q_{dinding} + Q_{kaca} + Q_{atap} + Q_{lantai}$$

Beban pendinginan dalam terdiri dari beban kalor dari lampu, kalor dari penghuni, dan kalor dari peralatan yang besarnya dapat diketahui yaitu :

$$Q_{total\ pendinginan\ dalam} + Q_{volume\ ruangan} + Q_{penghuni} + Q_{peralatan}$$

Beban pendinginan total merupakan total jumlah beban ruangan yang terdiri dari beban total pendinginan luar dan beban total pendinginan dalam. Beban pendinginan total dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$Q_{beban\ pendinginan} = Q_{total\ pendinginan\ luar} + Q_{total\ pendinginan\ dalam}$$

### Usaha pendinginan

Besarnya usaha pendinginan yang terjadi pada evaporator dapat dihitung dengan persamaan berikut [8]:

$$W = h_1 - h_4$$

Keterangan :

$$W = \text{Usaha pendinginan (kJ/kg)}$$

$$h_1 = \text{Entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)}$$

$$h_4 = \text{Entalpi refrigeran pada titik 4 (kJ/kg)}$$

### Laju aliran pendinginan

Laju aliran pendinginan refrigeran merupakan jumlah regrigeran yang disirkulasikan tiap satuan waktu besarnya

dapat dihitung dengan persamaan berikut [8]:

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{Beban pendinginan total}}}{W}$$

Keterangan :

$\dot{m}$  = Laju aliran Refrigeran (kg/det)

$Q_{\text{beban pendinginan}}$  = Beban pendinginan total (kW)

$W$  = Usaha pendinginan (kJ/kg)

### Daya kompresor

Daya kompresor berlangsung secara adiabatik yaitu tidak ada kalor yang masuk mampu keluar sistem yang besarnya dapat diketahui yaitu [8]:

$$P_{\text{komp}} = \dot{m} (h_2 - h_1)$$

Keterangan :

$P_{\text{komp}}$  = Kerja kompresor (kJ)

$\dot{m}$  = Laju aliran refrigeran (kg/det)

$h_2$  = Entalpi refrigeran pada titik 2 (kJ/kg)

$h_1$  = Entalpi refrigeran pada titik 1 (KJ/kg)

### Kerja kondensor

Kondensor adalah uap refrigeran diembuskan, panas dilepas ke lingkungan dan terjadi perubahan fase refrigeran dari uap ke cair. Dari kondensor dihasilkan refrigeran cair bertekanan tinggi dan bersuhu rendah. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut [9]:

$$P_{\text{kond}} = \dot{m} (h_3 - h_2)$$

Keterangan :

$P_{\text{kond}}$  = Kerja kondensor (kJ)

$\dot{m}$  = Laju aliran refrigeran (kg/det)

$h_2$  = Entalpi refrigeran pada titik 3 (kJ/kg)

$h_3$  = Entalpi refrigeran pada titik 2 (KJ/kg)

### Kerja evaporator

Evaporator adalah refrigeran cair mengambil panas dari lingkungan yang akan didinginkan dan menguap sehingga terjadi uap refrigeran bertekanan rendah. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$P_{\text{evap}} = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

Keterangan :

$P_{\text{evap}}$  = Kerja evaporator (kJ)

$\dot{m}$  = Laju aliran refrigeran (kg/det)

$h_1$  = Entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)

$h_4$  = Entalpi refrigeran pada titik 4 (KJ/kg)

### Coefficient of Performance (COP)

Koefisien performance untuk kinerja atau COP berhubungan dengan kapasitas pendinginan dan daya yang diperlukan dan menunjukkan konsumsi daya keseluruhan untuk beban yang diinginkan. Nilai COP yang tinggi menunjukkan konsumsi energi rendah untuk penyerapan daya pendinginan ruang yang sama untuk didinginkan. Kemampuan kerja suatu refrigeranator dinilai dari besarnya koefisien kinerja. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut : [8]

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{Beban pendinginan total}}}{P_{\text{komp}}(\text{kW})}$$

Keterangan :

$P_{\text{komp}}$  = Daya kerja kompresor (kW)

$Q_{\text{Beban pendinginan total}}$  = Beban pendinginan total (kW)

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan November 2019. Penelitian ini dilaksanakan di ruangan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro sebagai tempat pengujian (kajian eksperimental) pemakaian refrigerant R22 variasi tekanan 60, 70, dan 80 Psi. Sebagai mesin pengatur udara AC Split terhadap hasil prestasi mesin pendingin dengan kapasitas daya kompresor 1 PK,

Variasi yang digunakan yaitu mengetahui hasil prestasi mesin pendingin dengan kapasitas daya kompresor 1 PK, dan mengetahui konsumsi daya listrik dari beberapa penelitian dilakukan dengan menguji bahan pendingin refrigerant Freon R22 Ac Split memvariasikan tekanan yakni 60 Psi, 70 Psi dan 80 Psi.

## 1. Tahap Perencanaan

a) Menyiapkan Alat Pelindung Diri Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi diri seseorang dari potensi bahaya ditempat kerja.

- 1) Helm keselamatan atau *safety helmet* berfungsi sebagai pelindung kepala dari benturan, pukulan, atau kejatuhan benda tajam dan berat yang melayang di udara dll.
- 2) Sepatu pelindung berfungsi untuk melindungi kaki dari benturan atau tertimpa benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, bahan kimia berbahaya dan permukaan yang licin.
- 3) Kacamata pengaman berfungsi sebagai pelindung mata dari paparan partikel yang melayang di udara atau di air, percikan benda kecil, benda panas ataupun uap panas.
- 4) Sarung tangan berfungsi untuk melindungi jari-jari tangan dari api, suhu panas, suhu dingin, radiasi, arus listrik, bahan kimia berbahaya, benturan, pukulan, virus, dan bakteri.
- 5) Rompi safety berfungsi sebagai pencegah kecelakaan pekerja dan agar terlihat oleh pekerja lain pada malam hari.

b) Pemasangan Unit AC

- 1) Memasang breket indoor disesuaikan dengan lambang
- 2) Memasang kabel yang L N ke listrik Indoor
- 3) Memasang pipa yang sudah di flaring
- 4) Memasang kabel 1 2 ke outdoor

## 2. Pevakuman AC Split

Sebelum peralatan pengisian (*manifold gauge*, pompa vakum) dipasang, AC Split harus dilengkapi dengan nepel pengisian yang dipasang di pipa hisap (*suction side*).

- 1) Memasang *manifold gauge / analyzer* pada peralatan pendingin dengan ketentuan sebagai berikut: selang warna biru dihubungkan dengan nepel di sisi hisap (*low pressure*); selang warna merah dihubungkan ke nepel sisi tekan (*high pressure*) bila ada, bila tidak ditutup; selang warna kuning dihubungkan ke pompa vakum.
- 2) Memutar kran warna merah dan biru ke arah terbuka sampai maksimum (kran di *high* dan *low pressure*).
- 3) Jalankan pompa vakum selama minimum 30 Menit
- 4) Setelah sistem divakum putar kran merah dan biru ke arah tertutup. Perhatikan apabila sistem setelah divakum perlu ditambahkan oli, maka sistem perlu pevakuman ulang

## 3. Pengisian Refrigeran R22

- 1) Menyiapkan tabung freon R22 dan menghubungkan selang warna hijau ke tabung tersebut.
- 2) Membuka keran di tabung freon R22 1/3 bagian saja.
- 3) Membuka 1/3 bagian kran *low pressure* agar freon R22 bisa masuk ke dalam sistem pendingin. Karena freon R22 masuk ke dalam sistem dalam wujud cair maka pengisian harus dilakukan pelan-pelan.
- 4) Menjalankan AC sampai tekanan di dalam sistem stabil.
- 5) Bila *low* dan *high pressure* di dalam sistem sudah normal, keran warna biru dan merah ditutup dan selangnya dapat dilepas.
- 6) Melakukan pengukuran terhadap suhu dan konsumsi listrik

## 4. Pengecekan Mesin AC

- 1) Pengukuran Ampere
- 2) Pengukuran suhu indoor dan outdoor
- 3) Pencarian  $\Delta T$  °C dan konsumsi listrik.

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Beban pendinginan

Beban pendinginan terdiri dari beban panas dari lampu, beban panas dari

penghuni, beban panas dari peralatan, dan beban pendinginan total/keseluruhan ruangan dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

1. Volume ruangan  
 $(V_r) = P \times L \times T$   
 $V_r = \text{Volume ruangan (m}^3\text{)}$   
 $P = \text{Panjang ruangan} = 4 \text{ meter}$   
 $L = \text{Lebar ruangan} = 5 \text{ meter}$   
 $T = \text{Tinggi ruangan} = 2,5 \text{ meter}$   
 Diketahui :  
 $V_r = 4 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 50 \text{ m}^3$
2. Massa udara ( $M_U$ ) =  $\frac{V_r}{V_s}$   
 $M_U = \text{Massa udara (kg)}$   
 $V_r = \text{Volume ruangan} = 50 \text{ m}^3$   
 $V_s = \text{Volume spesifik} = 0,83 \text{ m}^3/\text{kg}$  [8]  
 Diketahui :  

$$M_U = \frac{50 \text{ m}^3}{0,83 \text{ m}^3/\text{kg}} = 60,2 \text{ kg}$$
3.  $Q_{\text{Volume ruangan}} = M_u \times C_p \times T$   
 $M_U = \text{Massa udara} = 60,2 \text{ kg}$   
 $C_p = \text{Kalor spesifik} = 1,0 \text{ kJ/kg.K}$  [8]  
 $T = \text{Suhu ruangan sebelum diuji}$   
 $= 31,2^\circ\text{C}$   
 Diketahui :  
 $Q_{\text{Volume ruangan}} = 60,2 \text{ kg} \times 1,0 \text{ kJ/kg.K} \times 31,2 \text{ K}$   
 $= 1878,24 \text{ kJ}$   
 $= 1878,24 \text{ kJ} : 3.600 \text{ detik}$   
 $= 0,521 \text{ kJ/detik}$   
 $= 0,521 \text{ kW} = 521 \text{ W}$   
 Waktu pengujian 60 menit = 3.600 detik  
 Hasil perhitungan dikonversikan = kW ke W x 1000
4. Beban total pendinginan dalam ruangan  
 $Q_{\text{total pendgn dalam}} = Q_{\text{penghuni}} + Q_{\text{peralatan}}$   
 $= 20 \text{ W} + 100 \text{ W}$   
 $= 120 \text{ W}$   
 $Q_{\text{penghuni}} = 100 \text{ W (1 orang)}$  [8]  
 $Q_{\text{peralatan}} = 20 \text{ W (1 lampu)}$
5. Beban pendinginan total atau keseluruhan  
 $Q_{\text{total pendinginan}} = Q_{\text{Volume ruangan}} + Q_{\text{Total pendgn dalam}}$   
 $= 521 \text{ W} + 120 \text{ W} = 641 \text{ W}$   
 $= 0,641 \text{ kW}$   
 Hasil perhitungan dikonversikan = W ke kW dibagi 1000

Dari hasil perhitungan Beban pendinginan total/keseluruhan mendapatkan hasil 0,641 kW. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu beban pendinginan volume ruangan, massa udara, dan beban pendinginan dalam ruangan. Yang cukup besar pengaruhnya yaitu pada beban dalam ruangan karena banyak jumlah kalor yang berada di dalam ruangan. Untuk beban pendinginan dalam yaitu setiap komponen yang ada di dalam ruangan yang dapat menimbulkan panas dari lampu, handphone, dan penghuni/orang. Faktor yang cukup besar yaitu orang, karena setiap orang akan mengeluarkan panas, semakin gemuk orang dan semakin banyak orang maka akan semakin panas yang dikeluarkan, kemudian lampu karena memang mengeluarkan panas dan cahaya sehingga panas yang dihasilkan besar. Untuk beban pendingin yang lainnya dirasa tidak begitu besar pengaruhnya, karena panas yang dihasilkan kecil, seperti volume ruangan dan volume spesifik serta handphone.

Kemudian untuk mengatasi besarnya daya panas yang ditimbulkan pada ruang Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro tersebut, maka beban pendinginan yang diperlukan untuk menciptakan kondisi ruangan yang nyaman didapat dari daya alat pendingin ruangan AC (daya kompresor) 0,156 kW setara kapasitas pendinginan 9000 Btu/h atau 1 PK.

Berdasarkan cara perhitungan beban pendinginan AC di lapangan atau toko yang biasa dilakukan yaitu hanya dengan menggunakan dasar ukuran panjang dan lebar saja. Maka untuk ruangan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro yang berukuran panjang ruangan 4 meter, lebar ruangan 5 meter, dan tinggi ruangan 2,5 meter di dapat daya alat pendingin AC yang ideal atau sesuai yaitu sebesar 1 PK.

## 2. Perhitungan mesin pendingin alat AC

### 1) Menghitung usaha pendinginan refrigerasi

Dalam menentukan usaha pendinginan refrigeran dapat dihitung sebagai berikut [8]:

$$W = h_1 - h_4$$

$$W = \text{Usaha pendinginan (kJ/kg)}$$

$$h_1 = \text{Entalpi refrigeran} = 402,6 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = \text{Entalpi refrigeran} = 234,3 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} W &= 402,6 \text{ kJ/kg} - 234,3 \text{ kJ/kg} \\ &= 159,3 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

### 2) Laju aliran pendinginan refrigerant

Dalam menentukan laju aliran pendinginan mengandung banyaknya aliran pendinginan refrigeran dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{Beban pendinginan total}}}{W}$$

$$\dot{m} = \text{Laju aliran refrigerant (kg/det)}$$

$$\text{Beban total pendinginan} = 0,641 \text{ kW}$$

$$\text{Usaha pendinginan} = 159,3 \text{ kJ/kg}$$

Diketahui :

$$\dot{m} = \frac{0,641 \text{ kW}}{159,3 \text{ kJ/kg}} = 0,004 \text{ kg/det}$$

Dari hasil perhitungan usaha pendinginan oleh refrigeran tiap massa pada evaporator mendapatkan hasil 159,3 kJ/kg dan laju aliran refrigerant yang terjadi mensapakan hasil 0,004 kg/det

### 3) Daya kompresor

Dalam menentukan daya yang dibutuhkan oleh kompresor adalah kerja kompresi per-kilogram dikalikan dengan laju aliran refrigeran dapat dihitung sebagai berikut [8]:

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

$$P_{komp} = \text{Kerja kompresor (kJ)}$$

$$\dot{m} = \text{Laju aliran refrigerant} = 0,004 \text{ kg/det}$$

$$h_2 = \text{Entalpi refrigerant} = 436,3 \text{ kJ/kg}$$

$$h_1 = \text{Entalpi refrigerant} = 402,6 \text{ KJ/kg}$$

Diketahui :

$$P_{komp} = 0,004 \text{ kg/det} \cdot (436,3 \text{ kJ/kg} - 402,6 \text{ kJ/kg})$$

$$= 0,134 \text{ kJ/det} = 0,134 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan daya kompresor

$P_{komp}$  yang terjadi mendapatkan hasil 0,134 kW

### 4) Laju refrigeran dilepaskan di kondensor

Dalam menentukan panas yang dilepaskan oleh kondensor dapat dihitung sebagai berikut [8]:

$$P_{kond} = (h_2 - h_3)$$

$$P_{kond} = \text{Kerja kondensor (kJ)}$$

$$h_2 = \text{Entalpi refrigeran} = 436,3 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = \text{Entalpi refrigeran} = 243,3 \text{ KJ/kg}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} P_{kond} &= 436,3 \text{ kJ/kg} - 243,3 \text{ KJ/kg} \\ &= 193 \text{ kJ/det} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya kompresor

$P_{kond}$  yang terjadi mendapatkan hasil 193 kJ/det

### 5) Laju penyerapan panas di evaporator

Dalam menentukan penyerapan panas evaporator dapat dihitung sebagai berikut [8]:

$$P_{evap} = (h_1 - h_4)$$

$$P_{evap} = \text{Kerja evaporator (kJ)}$$

$$h_1 = \text{Entalpi refrigeran} = 402,6 \text{ kJ/kg}$$

(Tabel A-6 Stoeker, 1982)

$$h_4 = \text{Entalpi refrigeran} = 243,3 \text{ KJ/kg}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} P_{evap} &= 402,6 \text{ kJ/kg} - 243,3 \text{ KJ/kg} \\ &= 159,3 \text{ kJ/det} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya kompresor

$P_{evap}$  yang terjadi mendapatkan hasil 159,3 kJ/det

### 6) Coefficient Of Performance (COP)

Kemampuan kerja suatu refrigerator dinilai dari besaran nya koefisien kerja yang tercapai sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut [8]:

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{Beban pendinginan total}}}{P_{\square}}$$

Diketahui :

$$\text{COP} = \frac{0,641 \text{ kW}}{0,134 \text{ kW}} = 4,78$$

Dari hasil perhitungan *Coefficient Of Performance* (COP) mendapatkan hasil yaitu 4,11.

### 3. Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian dapat diketahui bahwasanya untuk hasil pendingin udara AC dalam waktu pengambilan 30 menit terhadap analisa dan perhitungan sistem pendingin adalah perubahan suhu yang terjadi pada tiap titik di dalam komponen pendingin. Dapat diketahui selisih tekanan daya kompresor, panas yang dilepaskan kondensor, dan penyerapan panas evaporator.

Perubahan suhu yang terjadi tekanan refrigerant 60 Psi pada suhu awal sebelum diuji 1,3 °C sesudah diuji 405,7°C, T2 yaitu suhu awal sebelum diuji 18,8°C sesudah diuji 437,2°C, T3 yaitu suhu awal sebelum diuji 29,4°C sesudah diuji 235,4°C, dan T4 yaitu suhu awal sebelum diuji 21,17°C sesudah diuji 235,4°C. Pendinginan total keseluruhan yang dihasilkan pada tekanan 60 Psi yaitu 0,44,6 kW.

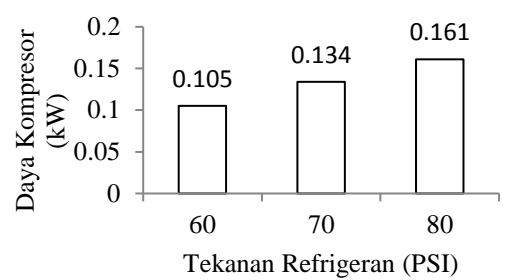
Perubahan suhu yang terjadi tekanan refrigerant 70 Psi yaitu suhu awal sebelum diuji 1,9°C sesudah diuji 406,1°C, T2 yaitu suhu awal sebelum diuji 24,1°C sesudah diuji 443,0°C, T3 yaitu suhu awal sebelum diuji 36,0°C sesudah diuji 244,5°C, dan T4 yaitu suhu awal sebelum diuji 6,4°C sesudah diuji 224,5°C. Pendinginan total keseluruhan yang dihasilkan pada tekanan 70 Psi yaitu 0,521 kW.

Perubahan suhu yang terjadi tekanan refrigerant 80 Psi yaitu suhu awal sebelum diuji 6,4°C sesudah diuji 407,5°C, T2 yaitu suhu awal sebelum diuji 19,1°C sesudah diuji 450,0°C, T3 yaitu suhu awal sebelum diuji 26,4°C sesudah diuji 249,6, dan T4 yaitu suhu awal sebelum diuji 11,2°C sesudah diuji 249,6°C. Pendinginan total keseluruhan yang dihasilkan pada tekanan 80 Psi yaitu 0,71,1 kW.

Tabel 1. Hasil Perhitungan

No	Psi	W kJ/kg	m kg/det	P <sub>k</sub> kW	h <sub>cond</sub> kJ/det	h <sub>evap</sub> kJ/det	COP
1	60	136,5	0,002	0,105	155	130,3	2,06
2	70	159,3	0,004	0,134	193	159,3	4,78
3	80	206,1	0,006	0,161	202	172,2	6,26

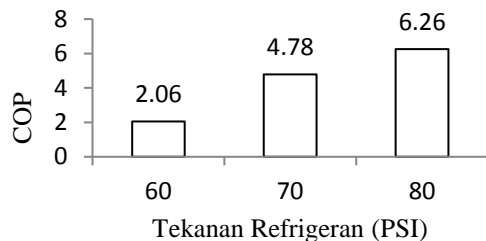
Dari data di atas dapat dilihat untuk hasil pengujian pada alat pendingin udara AC memvariasikan tekanan refrigerant 60 Psi, 70 Psi, 80 Psi, dan waktu pengujian 30 menit. Hasil tersebut berbeda beda dari setiap tekanan refrigerant untuk pendinginan yang lebih baik ke tekanan 70 Psi dapat dibuat grafik di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik daya kompresor tekanan refrigerant 60 Psi, 70 Psi, dan 80 Psi

Pada gambar 1 diatas menunjukkan data hasil pengujian dan perhitungan suatu daya kompresor dengan memvariasikan tekanan refrigerant didapat maksimum pada masing-masing tekanan refrigerant yaitu pada penggunaan 60 Psi terdapat sebesar 0,105 kW, dan untuk penggunaan 70 Psi memperoleh sebesar 0,134 kW, kemudian untuk penggunaan 80 Psi memperoleh daya kompresor yaitu sebesar 0,161 kW. Hal ini dapat dijabarkan pengaruh oleh setiap perubahan yang berbeda-beda setiap daya kompresor, berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan nilai yang dianggap baik yaitu pada tekanan refrigerant 70 Psi sebesar 0,134 kg/det, menunjukkan kompresor mempunyai prestasi terbaik pada perbandingan tekanan tertentu untuk sejumlah kompresor yang berbeda perbandingan tekanan terpasangnya. Kerja normal dari kebanyakan sistem refrigerasi berlangsung pada suatu daerah perbandingan tekanan, seiring dengan perubahan kondisi kondensor dan evaporator, sehingga kompresor tidak

selalu bekerja pada efisiensi puncak melainkan efisiensi terdapat pengurangan bila perbandingan tekanan tidak berubah terlalu banyak dan daya yang dibutuhkan oleh suatu kompresor adalah hasil antara laju aliran massa dan kenaikan entalpi selama proses kompresi.



Gambar 2. Grafik COP tekanan refrigeran 60 Psi, 70 Psi, dan 80 Psi

Dari gambar 2 menunjukkan data hasil pengujian dan perhitungan dengan memvariasikan tekanan refrigeran didapat maksimum pada masing-masing dapat diketahui bahwa nilai COP untuk tekanan refrigerant 60 Psi yaitu 2,06 untuk 70 Psi yaitu 4,78 dan 80 Psi yaitu 6,26. Dari grafik batang COP tertinggi pada penggunaan variasi refrigerant adalah 80 Psi nilai COP yaitu sebesar 6,26. Hal ini dikarenakan pengaruh oleh beban pendinginan dan daya kompresor, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban pendinginan dan semakin tinggi temperatur uji, maka nilai COP akan meningkat.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa perubahan suhu yang terjadi pada setiap titik alat prestasi mesin pendingin udara dan penyerapan panas berpengaruh terhadap perubahan suhu dari setiap prestasi mesin pendingin yaitu pada penggunaan 60 Psi sebesar 20,6 °C untuk 70 Psi sebesar 17,3 °C dan 80 Psi sebesar 14,7 °C. Kemudian perubahan terhadap penyerapan panas oleh kondensor dan evaporator yaitu pada tekanan refrigerant 60 Psi sebesar 155 kJ/det untuk 70 Psi sebesar 193 kJ/det dan 80 Psi sebesar 202 kJ/det. Dan penyerapan panas yang terjadi evaporator dengan tekanan 60 Psi sebesar 130,3 kJ/det untuk

70 Psi sebesar 159,3 kJ/det dan 80 Psi sebesar 172,2 kJ/det. Nilai laju aliran refrigeran yang dihasilkan dan daya kompresor, untuk laju aliran refrigerant berpengaruh terhadap perubahan yang terjadi pada penggunaan 60 Psi sebesar 0,002 kg/det, untuk 70 Psi sebesar 0,004 kg/det, dan 80 Psi sebesar 0,006 kg/det. Kemudian untuk daya kompresor pada penggunaan 60 Psi sebesar 0,105 kW, untuk 70 Psi sebesar 0,134 kW, dan 80 Psi sebesar 0,161 kW. Nilai laju aliran refrigeran alat uji prestasi mesin pendingin atau COP yang dihasilkan pada tekanan refrigerant 60 Psi yaitu 2,06 untuk 70 Psi yaitu 4,78 dan 80 Psi 6,26.

### Referensi

- [1] Afridian Rachman, Sulaiman, Syafrul Hadi. 2018. Peningkatan Kinerja Sistem Pendingin Kompresi Uap Menggunakan Gabungan Kondensor-Pendingin Evaporatif, *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*, Vol.8, No.1. 2598-8263
- [2] Budiyanto, E. (2014). Hubungan tegangan input kompresor dan tekanan refrigeran terhadap COP mesin pendingin ruangan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(1).
- [3] Eqwar Saputra, Marwan Effendy. 2017. Studi Ekperimental Pengaruh Variasi Beban Waktu Dan Temperatur Pendingin Terhadap *Coefficient Of Performance (COP)* Pada Split Air Conditioning. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Muhammadiyah Surakarta*.
- [4] Heroe poernomo. 2015. Analisis Karakteristik Ujuk Kerja Sistem Pendingin (*Air Conditoning*) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Pendingin Kondensor. *Jurusan Teknik Pemesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negri Surabaya*.
- [5] Kemas Ridhuan, Andi Rifai. 2013. Analisa Kebutuhan Beban Pendingin Dan Daya Alat Pendingin (AC)

- Untuk Aula Kampus 2 Um Metro. Jurnal TURBO, Vol.2 No.2. 2301-6663.
- [6] Muktihiaramirulhaq. 2015. Perencanaan Alat Uji Prestasi Sistem Pengondisian Udara (*Air Conditioning*) Jenis Split.
- [7] Moch, Rizal A. Y, Nasrul Iiminnafik, Digdo Listyadi. 2013. Pengaruh Variasi Beban Pendingin Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin Refrigeran R-22 Dan LPG. Jurnal ROTOR, Vol.6, No. 1..
- [8] Stoeker, W,F Jones, J.W. 1982. Refrigeran dan Pengondisian Udara. Jakarta Penerbit Erlangga Jakarta.
- [9] Amrullah, Zuryati Djafar, Wahyu H. Piarah. 2017. Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Variasi Refrigeran.
- [10] Sungadiyanto. 2006. Studi ekperimental Performa Mesin Pengondisin Udara (AC) MC Quay dengan Refrigeran R-22 pada Laboratorium Semarang universitas Negri Semarang.
- [11] Ozkar F. Homzah. 2016. Studi Kinerja Pengondisian Udara Tipe Terpisah (AC Split) Pada Gerbong Ruangan Penumpang Kerata Api Ekonomi.
- [12] Purwanto, E., & Ridhuan, K. (2014). Pengaruh Jenis Refrigerant dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. Universitas Muhammadiyah Metro
- [13] Risky Nelar Lestari, Yusnita Rahayu. 2016. Membangun Sistem Kualitas Udara Dalam Ruangan Dengan Mengaplikasikan Sensor CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> Berbasis Leb View.
- [14] Rosmayanti, D. (2019). *Analisis Performansi Air Conditioning 1 PK Dengan 3 Fluida Kerja*. Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin, 9(3), 29-35.
- [15] Kemas Ridhuan, Andi Rifai. 2013. Analisa Kebutuhan Beban Pendingin Dan Daya Alat Pendingin (AC) Untuk Aula Kampus 2 Um Metro. Jurnal TURBO, Vol.2 No.2. 2301-6663.