

Analisa Variasi Massa Pengisian Refrigerant R407C dengan Beban Pendinginan Sebesar 320 Watt terhadap Performansi Mesin Pendingin Ruangan Tipe Split

Taufiq Pandu Dwi Utomo, N. Suarnadwipa dan Ketut Astawa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistem pendingin menggunakan air conditioning (AC) dan refrigrasi semakin diperlukan guna meningkatkan kenyamanan sirkulasi udara pada suatu ruangan perkembangan kebijakan global pada bidang lingkungan mendorong teknologi di bidang refrigerant untuk menggunakan bahan yang ramah lingkungan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan menganalisa performansi mesin pendingin ruangan tipe split dengan memvariasikan massa pengisian refrigerant R407C yang ditambahkan beban pendinginan. Pengujian diawali dengan mengukur performa mesin pendingin menggunakan refrigerant R22. Kemudian dilakukan pengisian refrigerant menggunakan refrigerant R407C dengan jumlah massa 70% massa optimal (210 gram), 100% massa optimal (300 gram), dan 130% massa optimal (390 gram). Berdasarkan data yang diperoleh refrigerant R407C 300 gram yang digunakan pada pengujian dinyatakan cukup layak untuk menggantikan refrigerant R22 karena refrigerant R407C 300 gram memiliki nilai kinerja COP rata-rata sebesar 4,1 yang mendekati kinerja COP rata-rata refrigerant R22 sebesar 4,4 dan dalam segi konsumsi energi listrik kompresor, refrigerant R407C 300 gram memiliki nilai sebesar 0,53 kWh yang lebih rendah dari refrigerant R22 sebesar 0,54 kWh. Dengan refrigerant R407C memiliki kelebihan ramah lingkungan.

Kata kunci: Massa, Refrigerant, performansi

Abstract

Air conditioning (AC) and refrigeration systems are increasingly needed to improve air comfort in a room the development of global policies in the field of environment encourages refrigerants technologies used to be environmentally friendly materials. Therefore the research aims to analyze the performance of split-type room air conditioners by varying the mass of the R407C refrigerant filling which is added to the cooling load. The test begins with measuring the performance of the engine coolant using R22 refrigerant. Then the mass is filled using R407C refrigerant with 70 % of optimal mass (210 grams), 100 % of optimal mass (300 grams), and 130 % of optimal mass (390 grams). Based on the data obtained the R407C 300 gram refrigerant used in the test is quite acceptable to replace the R22 refrigerant because the R407C 300 gram refrigerant has an average COP performance value about 4.1 which is close to the average COP performance of the R22 refrigerant which is about 4.4 and at the compressor's electrical energy consumption the R407C 300 gram refrigerant has 0.53 kWh which is lower than the R22 refrigerant, which has 0.54 kWh and R407C has the advantage of being environmentally friendly.

Keywords: Mass, Refrigerant, Performance

1. Pendahuluan

Industri berskala besar maupun kecil lebih membutuhkan sistem pendingin *air conditioning* (AC) guna mendapatkan kenyamanan udara yang lebih meningkat pada suatu ruangan. Pada masa sekarang ini untuk mengubah suhu udara pada ruangan menjadi lebih rendah dari suhu udara lingkungan menggunakan metode refrigrasi, sehingga pada suatu ruangan kualitas kenyamanan udara lebih meningkat. Suatu bangunan memiliki kenyamanan udara pada temperatur 22° - 25°C dengan kelembapan *Relative Humidity* 40% - 60% sedangkan Indonesia beriklim tropis yang memiliki temperatur 28° - 35°C [1].

Refrigerant halorkarbon yang memiliki tingkat tingkat mampu nyala yang rendah, serta tingkat racun yang rendah serta kemampuan teknik yang cukup baik, dan biaya yang rendah maka refrigerant halorkarbon sering digunakan pada mesin refrigrasi siklus kompresi uap. Radiasi ultraviolet sampai bumi

menyebabkan tingkatan produktivitas panen berkurang, pertumbuhan menjadi lambat immunisasi seseorang menjadi lemah, meningkatnya kemungkinan mengidap kanker kulit serta katarak mata. Pada September 1987 berdasarkan Protokol Montreal Penggunaan refrigerant yang mengandung zat klorin atau bromin pada tahun 2020 akan dihapuskan karena termasuk zat perusak lapisan ozon atau (*Ozon Depleting Substance*) biasa disingkat ODS sedangkan senyawa halorkarbon halogen atau senyawa CFC mengandung zat perusak lapisan ozon.

Berdasarkan protocol Kyoto tahun 1997, adanya pilihan pengganti refrigerant jenis halocarbon yaitu jenis refrigerant hidrokarbon dimana refrigerant jenis ini mempunyai keunggulan konsumsi energi listrik lebih rendah, karena dibandingkan refrigerant halorkarbon yang massa refrigerantnya lebih banyak dengan massa refrigerant jenis hidrokarbon, kerusakan ozon yang di timbulkan yaitu nol dan karena berbahan gas alam maka pemanasan global

sangat rendah. Jenis refrigerant hidrokarbon dapat melakukan penggantian langsung tanpa harus mengganti kompresor pada mesin refrigerant (drop ini substitute) pada mesin pendingin refrigerasi. Namun dari beberapa kelebihan refrigerant jenis hidrokarbon memiliki sifat flammable jika penggunaan sesuai standar maka refrigerant jenis hidrokarbon aman digunakan.

Dalam hal ini maka ada permasalahan yang akan dikaji, yaitu bagaimana performansi mesin pendingin ruangan tipe split dengan memvariasikan masa pengisian *refrigerant R407C* yang ditambahkan beban pendinginan sebesar 320 watt.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Temperatur awal ruangan diatur pada temperatur yang sama.
2. Pengaruh lingkungan diasumsikan konstan.
3. Tegangan listrik diasumsikan konstan.
4. Analisa prestasi kerja ataupun performansi mesin pendingin ruangan tipe split dengan *refrigerant R407C*

2. Dasar Teori

AC (*Air Conditioning*) adalah suatu alat yang berperan mengkondisikan udara dengan metode mengendalikan temperature udara dalam ruang tertentu. AC merubah kondisi suhu udara panas ke udara yang bersuhu dingin sehingga ruangan jadi lebih nyaman. Alat ini sanggup menjalankan fungsinya sebagai alat pendingin sebab dalam AC ada banyak komponen, baik mekanis ataupun elektris yang memerlukan sumber energi yang lumayan besar serta tingkat perawatan yang tinggi [2].

Parameter – parameter prestasi mesin refrigerasi kompresi uap menerangkan unjuk kerja dari suatu siklus kompresi uap yang ditinjau ialah dampak refrigerasi, kerja kompresor spesifik, daya kompresor, konsumsi energi listrik kompresor, dan COP (*Coefficient of performance*).

Dampak refrigerasi (ER) yakni besarnya panas yang sanggup diserap oleh *refrigerant* persatuan massa. Besarnya dihitung dengan selisih entalpi *refrigerant* masuk serta keluar evaporator [3]. Dampak refrigerasi ialah jumlah kalor yang diserapoleh *refrigerant* di dalam evaporator untuk tiap satu satuan massa *refrigerant* [4].

$$ER = h_1 - h_4 \text{ kJ/kg} \quad (1)$$

ER = Dampak Refrigerasi (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigerant saat keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigerant saat masuk evaporator (kJ/kg)

Kerja kompresor spesifik yaitu proses kompresi dianggap secara adiabatik yang mempunyai arti tidak terdapat kalor yang dipindahkan baik masuk ataupun keluar sistem.

$$W_k = h_2 - h_1 \quad (2)$$

W_k = Daya Kompresor (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigerant saat keluar evaporator (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigerant saat keluar kompresor (kJ/kg)

Daya yang dibutuhkan oleh kompresor untuk melakukan kerja kompresi. Daya kompresor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = I \cdot V \cdot \cos \theta \quad (3)$$

P = Daya Kompresor (watt)

I = Arus Listrik (Ampere)

V = Tegangan Listrik (Volt)

$\cos \theta$ = Faktor Daya (watt)

Konsumsi energi listrik oleh kompresor untuk melakukan kerja kompresi. Konsumsi energi listrik kompresor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_{kon} = P \cdot t \quad (4)$$

E_{kon} = Konsumsi Energi Listrik Kompresor (kWh)

P = Daya Kompresor (watt)

t = Waktu Pendinginan (Menit)

Koefisien prestasi dari sistem refrigerasi yaitu perbandingan antara kalor yang diserap dari ruangan pendingin yang dihasilkan dari efek refrigerasi dengan kerja yang dilakukan kompresor. Koefisien prestasi dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

COP = *Coefficient of performance*

h_1 = Entalpi refrigerant saat keluar evaporator (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigerant saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigerant saat keluar kompresor (kJ/kg)

3. Metode Penelitian

Persiapan awal yang perlu dilakukan sebelum melakukan penelitian yaitu mengecek keadaan alat dan melakukan kalibrasi pada alat ukur dan bahan yang hendak digunakan untuk pengujian. Tujuan melaksanakan persiapan pengujian ialah untuk memperoleh data yang akurat pada hasil pengujian. Pada pengujian ini dilakukan 2 tahap yaitu tahap pertama menggunakan *refrigerant R22* dan tahap kedua menggunakan *refrigerant R407C*.

Adapun langkah persiapan alat meliputi :

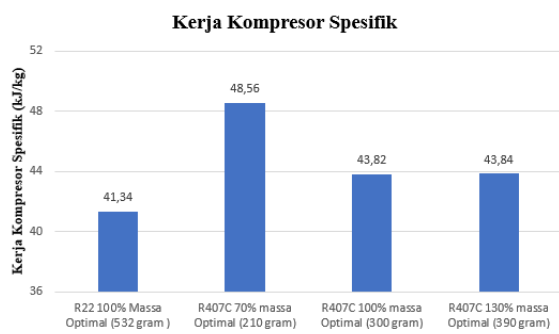
1. Persiapkan peralatan dan perlengkapan yang hendak digunakan dalam pengujian, pasang thermometer di tempat yang sudah ditentukan

2. Hidupkan AC, setelah itu melakukan pemvakuman, pengisian *refrigerant* R22 dengan 100% Massa Optimal yang memiliki nilai ampere kompresor sebesar 3,5A dan tes kebocoran pada alat pengujian
3. Langkah pengujian atau pengambilan data dilakukan sesudah sistem beroperasi 30menit (sampai sistem bekerja normal).
4. Melakukan pengukuran data tekanan serta temperature masuk / keluar *refrigerant* tiap komponen sistem kompresor, kondensor, serta evaporator.
5. Seluruh pengukuran dilakukan pada waktu yang bersamaan. Seluruh data dicatat pada lembaran data.
6. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali dengan interval waktu 50 menit untuk satu pengujian massa pengisian *refrigerant*.
7. Ulangi langkah (1–6) untuk variasi massa pengisian *refrigerant* 100% massa optimal pada AC.
8. Ulangi. langkah (1–6) untuk variasi massa pengisian *refrigerant* 130% massa optimal pada AC.
9. Ulangi. langkah (1–) untuk variasi massa pengisian *refrigerant* 70% massa optimal pada AC.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perbandingan Kerja Kompresor Spesifik

Berikut hasil perbandingan kerja kompresor spesifik mesin refrigerasi yang diuji dengan 2 jenis *refrigerant* yaitu *refrigerant* R22 dan R407C, dimana diberlakukannya variasi massa pada *refrigerant* R407C sebanyak 3 variasi yaitu 70% massa optimal (210 gram), 100% massa optimal (300 gram), 130% massa optimal (310 gram) (Gambar 1).



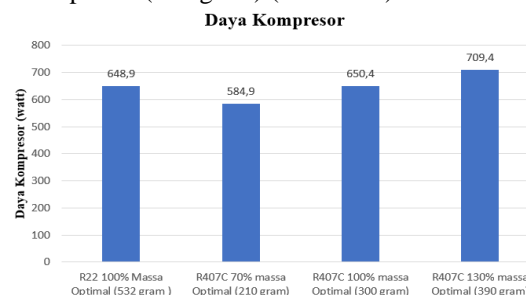
Gambar 1. Perbandingan Kerja Kompresor Spesifik

Gambar 1 menunjukkan kerja kompresor spesifik menggunakan *refrigerant* R407C ($m=210g$, $m=300g$ dan $m= 390g$) lebih tinggi dari mesin pendingin yang menggunakan *refrigerant* R22 karena

kompresor yang digunakan khusus untuk *refrigerant* R22. Pada gambar terlihat bahwa mesin pendingin menggunakan *refrigerant* R407C 210 gram memiliki nilai kerja kompresor spesifik sebesar 48,56 kJ/kg yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kerja kompresor spesifik *refrigerant* R22. *Refrigerant* massa 300 gram dan 390 gram memiliki nilai kerja kompresor spesifik rata - rata sebesar 43,82 kJ/kg dan 43,84 kJ/kg yang mendekati kerja kompresor spesifik rata - rata yang menggunakan *refrigerant* R22 sebesar 41,34 kJ/kg.

4.2. Perbandingan Daya Kompresor

Berikut hasil perbandingan daya kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan 2 jenis *refrigerant* yaitu *refrigerant* R22 dan R407C, dimana diberlakukannya variasi massa pada *refrigerant* R407C sebanyak 3 variasi yaitu 70% massa optimal (210 gram), 100% massa optimal (300 gram), 130% massa optimal (310 gram) (Gambar 2).

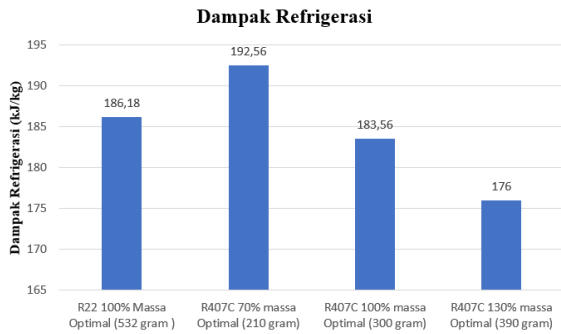


Gambar 2. Perbandingan Daya Kompresor

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada pengujian awal yang menggunakan *refrigerant* R22 memiliki nilai daya kompresor rata- rata sebesar 648,9 watt sedangkan *refrigerant* R407C 210 gram memiliki daya kompresor rata- rata di bawah daya kompresor *refrigerant* R22 sebesar 584,9 watt. Sedangkan pada *refrigerant* R407C 300 gram memiliki nilai daya kompresor rata- rata sebesar 650,4 watt yang mendekati nilai dampak refrigerasi rata- rata *refrigerant* R22. Kemudian nilai daya kompresor rata-rata yang dimiliki oleh *refrigerant* R407C 390 gram jauh lebih tinggi dibandingkan nilai kerja kompresor rata- rata *refrigerant* R22 yang sebesar 709,4 watt

4.3. Perbandingan Dampak Refrigerasi

Berikut hasil perbandingan dampak refrigerasi mesin refrigerasi yang diuji dengan 2 jenis *refrigerant* yaitu *refrigerant* R22 dan R407C, dimana diberlakukannya variasi massa pada *refrigerant* R407C sebanyak 3 variasi yaitu 70% massa optimal (210 gram), 100% massa optimal (300 gram), 130% massa optimal (310 gram) (Gambar 3).

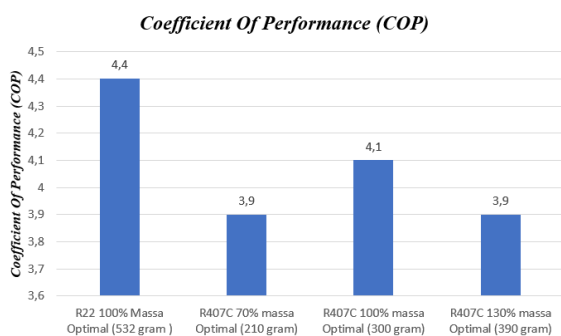


Gambar 3. Perbandingan Dampak Refrigerasi

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada pengujian awal yang menggunakan *refrigerant* R22 memiliki nilai dampak refrigerasi rata-rata sebesar 186,18 kJ/kg sedangkan *refrigerant* R407C 210 gram memiliki nilai dampak refrigerasi rata-rata jauh lebih tinggi dari nilai dampak refrigerasi rata-rata *refrigerant* R22 sebesar 192,56 kJ/kg. Sedangkan pada *refrigerant* R407C 300 gram memiliki nilai dampak refrigerasi rata-rata sebesar 183,56 kJ/kg yang mendekati nilai dampak refrigerasi rata-rata *refrigerant* R22. Kemudian nilai dampak refrigerasi rata-rata yang dimiliki oleh *refrigerant* R407C 390 gram jauh lebih rendah dibandingkan nilai dampak refrigerasi rata-rata *refrigerant* R22 yang sebesar 176 kJ/kg.

4.4. Perbandingan Coefficient Of Performance (COP)

Berikut hasil perbandingan *Coefficient Of Performance* (COP) mesin refrigerasi yang diuji dengan 2 jenis *refrigerant* yaitu *refrigerant* R22 dan R407C, dimana diberlakukannya variasi massa pada *refrigerant* R407C sebanyak 3 variasi yaitu 70% massa optimal (210 gram), 100% massa optimal (300 gram), 130% massa optimal (310 gram) (Gambar 4).



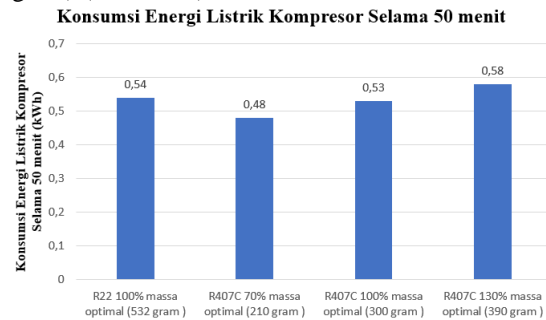
Gambar 4. Perbandingan Coefficient Of Performance (COP)

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada pengujian awal yang menggunakan *refrigerant* R22 memiliki nilai kinerja COP rata-rata sebesar 4,4 sedangkan *refrigerant* R407C 210 gram dan R407C 390 gram memiliki nilai kinerja COP rata-rata jauh lebih rendah dari nilai kinerja COP rata-rata *refrigerant* R22 sebesar 3,9. Sedangkan pada *refrigerant* R407C 300 gram memiliki nilai kinerja COP rata-rata

sebesar 4,1 yang mendekati nilai kinerja COP rata-rata *refrigerant* R22.

4.5 Perbandingan Konsumsi Energi Listrik Kompresor Selama 50 Menit

Berikut hasil perbandingan konsumsi energi listrik kompresor selama 50 menit mesin refrigerasi yang diuji dengan 2 jenis *refrigerant* yaitu *refrigerant* R22 dan R407C, dimana diberlakukannya variasi massa pada *refrigerant* R407C sebanyak 3 variasi yaitu 70% massa optimal (210 gram), 100% massa optimal (300 gram), 130% massa optimal (310 gram) (Gambar 5).



Gambar 5. Konsumsi Energi Listrik Kompresor Selama 50 Menit

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada pengujian awal yang menggunakan *refrigerant* R22 memiliki nilai konsumsi energi listrik kompresor sebesar 0,54 kWh sedangkan *refrigerant* R407C 210 gram memiliki nilai konsumsi energi listrik kompresor jauh lebih rendah dari nilai konsumsi energi listrik kompresor *refrigerant* R22 sebesar 0,48 kWh. Sedangkan pada *refrigerant* R407C 300 gram memiliki nilai konsumsi energi listrik kompresor sebesar 0,53 kWh yang lebih rendah dari konsumsi energi listrik kompresor *refrigerant* R22. Kemudian nilai konsumsi energi listrik kompresor yang dimiliki oleh *refrigerant* R407C 390 gram jauh lebih tinggi dibandingkan nilai konsumsi energi listrik kompresor *refrigerant* R22 yang sebesar 0,58 kWh.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa terhadap hasil pengujian alat mesin pendingin menggunakan *refrigerant* R407C dengan variasi massa pengisian *refrigerant* dapat disimpulkan beberapa hal anantara lain :

1. *Refrigerant* R407C 300 gram yang digunakan pada pengujian terbukti cukup layak untuk menggantikan *refrigerant* R22 karena *refrigerant* R407C 300 gram memiliki nilai kinerja COP rata-rata sebesar 4,1 yang mendekati kinerja COP rata-rata *refrigerant* R22 sebesar 4,4
2. *Refrigerant* R407C 300 gram memiliki nilai konsumsi energi listrik kompresor sebesar 0,53 kWh yang lebih rendah dari nilai konsumsi energi listrik kompresor *refrigerant* R22 sebesar 0,54 kWh dengan kelebihan ramah lingkungan.

Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE, 1989, *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioner Engineers*, United State Of America.
- [2] I. Priyadi, 2009, Jurnal Ilmiah Bidang Sains Volume II, No. 6, **Optimasi Penggunaan AC Sebagai Alat Pendingin Ruangan**, 47-51.
- [3] Jones, Stoecker, 1989, **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**, Erlangga, Jakarta.
- [4] Moran, Shapiro , 2006, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics (Fifth Edition)*, Wiley, United State of America.

	<p>Taufiq Pandu Dwi Utomo menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan perpindahan panas dan termodinamika.</p>	