

## UNJUK KERJA AC MOBIL DENGAN REFRIGERAN LPG-CO<sub>2</sub> PADA BERBAGAI VARIASI KANDUNGAN CO<sub>2</sub> DAN BEBAN PENDINGINAN

Mega Nur Sasongko\*, Andi Pramana, Arif Mukhlasin

Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Jl. Mayjend. Haryono 167 Malang Indonesia

megasasongko@ub.ac.id

### Abstrak

Refrigeran hidrokarbon pada saat ini merupakan refrigeran alternatif yang tidak merusak ozon dan ramah lingkungan. Dalam penggunaannya, refrigerant hidrokarbon harus dicampur dengan zat inhibitor untuk mengurangi efek mampu nyalanya. Campuran LPG-CO<sub>2</sub> merupakan salah satu refrigeran alternatif sebagai pengganti refrigeran yang digunakan pada instalasi AC mobil. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi unjuk kerja refrigerant LPG-CO<sub>2</sub> ini pada AC mobil dalam berbagai variasi beban pendinginan dan variasi kandungan CO<sub>2</sub> dalam refrigeran. Kandungan CO<sub>2</sub> dalam refrigerant campuran divariasikan dari 0% sampai 20%. Sedangkan beban pendinginan AC divariasikan dalam 1 – 3 kW. Hasil penelitian menunjukkan unjuk kerja AC mobil tertinggi ditunjukkan oleh refrigeran LPG tanpa campuran CO<sub>2</sub>. Penambahan kadar CO<sub>2</sub> dalam refrigeran akan menurunkan koefisien prestasi dari AC mobil. Refrigeran LPG dengan kandungan CO<sub>2</sub> 20 % akan menurunkan angka koefisien prestasi lebih dari 35 % jika dibandingkan dengan refrigerant LPG saja. Disisi lain, unjuk kerja AC mobil menggunakan refrigeran LPG murni cenderung konstan pada beban pendinginan yang berbeda sedangkan refrigerant LPG- CO<sub>2</sub> (5 % CO<sub>2</sub>) sedikit menurun dengan semakin bertambahnya beban pendinginan.

**Kata kunci :** Refrigeran, LPG-CO<sub>2</sub>, koefisien prestasi, beban pendinginan

### Pendahuluan

Sejak tahun 1930 an, CHCs (Chlorofluorocarbons) sudah digunakan sebagai refrigeran dalam system refrigerasi di segala bidang. Hal ini karena CFCs mempunyai karakteristik yang sangat bagus dan cocok sebagai refrigeran, misalnya murah, tidak mudah terbakar, stabil di segala perbedaan suhu dan mempunyai nilai prestasi yang paling besar dibandingkan dengan jenis refrigerant yang lain. Tetapi sejak adanya penemuan bahwa CFC adalah salah satu penyebab terhadap menipisnya lapisan ozone di atmosfer bumi dan penyebab terjadinya global warming, maka refireran ini kemudian melalui mulai dihindari. Bahkan produksinya mulai distop sejak amandemen Montreal Protocol 1989 [1]

Perkembangan selanjutnya, refrigeran HFC (hydroflourocabon) menjadi pengganti dari refrigeran CFC. Refrigeran HFC yang paling terkenal saat itu adalah R134a dan banyak digunakan dalam refrigerasi di bidang otomotif atau mobil. Sifat refrigerant ini hampir sama dengan R-12 seperti aman dan tidak mudah terbakar, tetapi R134a

mempunyai efisiensi energy yang lebih rendah dari R-12 dan lebih mahal. Kelebihan dari R134a dibanding R-12 adalah R134a tidak menyebabkan menipisnya lapisan ozone dan hanya sedikit kontribusinya dalam masalah global warming. Penggunaan R134a sebagai refrigerant masih memiliki sedikit permasalahan karena R-134a mempunyai ratio kompresi yang cukup tinggi dan koefisien perpindahan panas yang kurang baik pada temperature yang rendah [2]

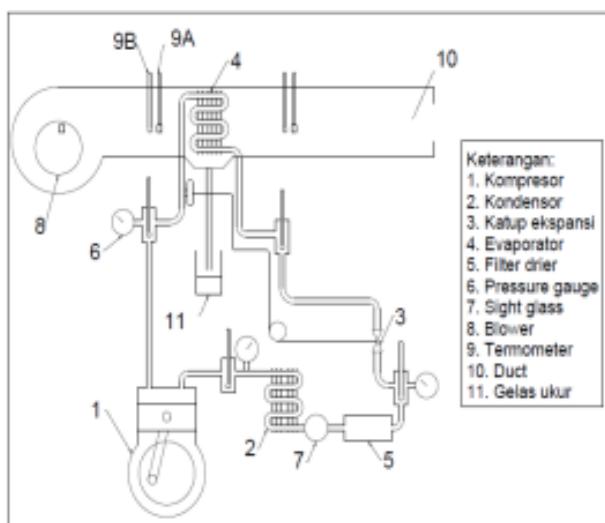
Saat ini, permasalahan lingkungan menyebabkan perkembangan refrigerant beralih kepada refrigerant natural. Refrigeran jenis hidrokarbon harus diakui tidak mempunyai efek buruk terhadap kerusakan lingkungan dibandingkan dengan refrigeran sintetis [3]. Sisi kurang baik dari refrigerant hidrokarbon adalah mudah untuk terbakar sehingga penggunanya masih memerlukan perhatian, khususnya jika digunakan di bidang otomotif. Untuk mengurangi efek mudah terbakarnya, beberapa peneliti berusaha untuk mencampur hidrokarbon dengan bahan lain yang dapat menjadi inhibitor [4-6]. Akan tetapi efek samping dari pencampuran bahan ini

menyebabkan penurunan prestasi maupun berubahan karakteristik yang tidak bisa dihindari. Oleh karena itu penelitian tentang pengaruh inhibitor dalam refrigerant hidrokarbon masih menjadi topik yang sedang diteliti oleh banyak peneliti.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan eksperimen tentang unjuk kerja campuran LPG-CO<sub>2</sub> sebagai salah satu refrigeran alternatif sebagai pengganti refrigeran yang digunakan pada instalasi AC mobil. Unjuk kerja refrigerant LPG-CO<sub>2</sub> ini pada AC mobil diuji dalam berbagai variasi beban pendinginan dan variasi kandungan CO<sub>2</sub> dalam refrigerant.

### Metode Penelitian

Instalasi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Instalasi penelitian

Satu set air conditioner dari mobil digunakan sebagai instalasi penelitian. Termometer dan pressure gage dipasang pada sisi masuk dan keluar kompresor, serta sisi keluar kondensor yang digunakan untuk menghitung entalpi di titik-titik tersebut. Sisi keluar kondensor juga dipasang sebuah slight gas untuk mengamati fase refrigerant keluar kondensor.

Simulasi beban pendinginan AC dilakukan dengan memasang sebuah saluran udara di sisi evaporator seperti terlihat pada gambar diatas. Kecepatan aliran udara diatur oleh sebuah blower sedangkan variasi beban pendinginan dan kelembaban udaranya disuplai dari sebuah

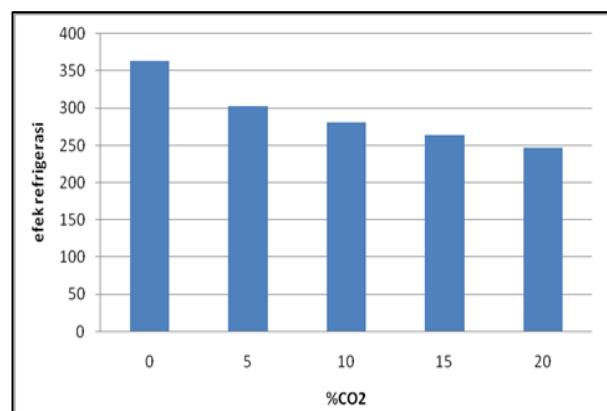
boiler yang terhubung ke sisi masuk blower. Pada penelitian ini beban pendinginan divariasikan berdasarkan variasi beban boiler dari 1 kW ke 3 kW.

Pengujian koefisien prestasi AC mobil dilakukan pada beberapa variasi campuran LPG-CO<sub>2</sub>. Fraksi CO<sub>2</sub> dalam refrigeran campuran divariasikan dalam 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

### Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 menunjukkan pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap efek refrigerasi pada evaporator. Dari gambar tersebut terlihat bahwa efek refrigerasi cenderung turun seiring dengan bertambahnya konsentrasi CO<sub>2</sub>. Karakteristik CO<sub>2</sub> yang mempunyai titik kritis pada temperatur yang rendah menyebabkan tekanan di evaporator meningkat dibandingkan dengan refrigerant LPG saja. Hal ini menyebabkan daerah evaporasi menjadi lebih sempit (beda entalpi di evaporator mengecil). Akibatnya efek refrigerasi menurun seiring dengan kenaikan prosentase CO<sub>2</sub> dalam refrigerant.

Pada laju aliran udara yang konstan melewati evaporator, refrigeran LPG tanpa campuran CO<sub>2</sub> mempunyai efek refrigerasi sebesar 364 kJ/kg. Sedangkan pada konsentrasi CO<sub>2</sub> 20% mempunyai efek refrigerasi sebesar 247,234 kJ/kg. Terlihat bahwa penambahan CO<sub>2</sub> dalam refrigeran LPG menurunkan efek refrigerasi hingga lebih dari 30 %.

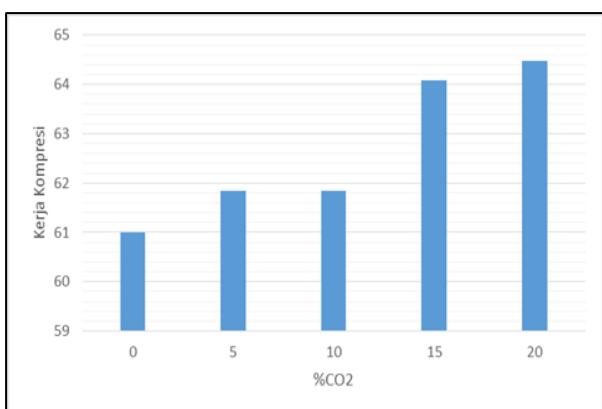


Gambar 2 Pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam refrigerant terhadap efek refrigerasi

Gambar 3 menunjukkan pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub> terhadap kerja kompresi. Efek

CO<sub>2</sub> terhadap kerja kompresi berbanding terbalik dengan efek CO<sub>2</sub> terhadap efek refrigerasi. Terlihat pada gambar tersebut, kerja kompresi cenderung naik seiring dengan bertambahnya CO<sub>2</sub> dalam campuran refrigerant. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa Penambahan CO<sub>2</sub> menyebabkan tekanan sisi masuk kompresi meningkat cukup tajam, begitu juga tekanan refrigeran keluar kompresor. Hal ini menyebabkan kerja kompresi pada campuran LPG- CO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan dengan LPG murni.

Mesin Pendingin dengan refrigeran LPG saja mempunyai kerja kompresi sebesar 61 kJ/kg. Sedangkan pada refrigerant campuran dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 20% mempunyai kerja kompresi sebesar 64,479 kJ/kg.

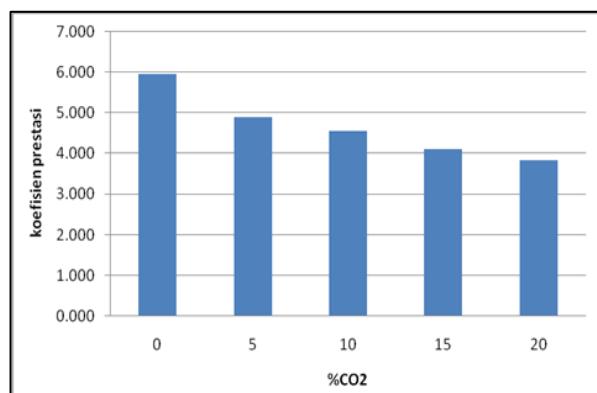


Gambar 3 Pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam refrigerant terhadap kerja kompresi

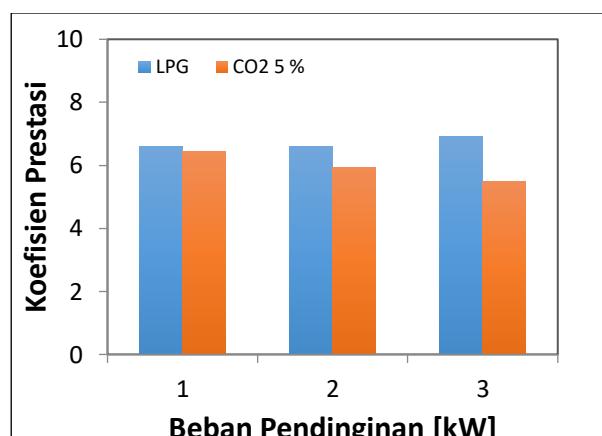
Gambar 4 memperlihatkan pengaruh presentase CO<sub>2</sub> dalam refrigerant LPG- CO<sub>2</sub> terhadap koefisien prestasi mesin pendingin. Pada sistem mesin pendingin, koefisien prestasi merupakan ratio antara efek refrigerasi dengan kerja kompresi. Konsekuensi dari hasil penelitian diatas tentang efek refrigerasi dan kerja kompresi, maka dapat disimpulkan bahwa koefisien prestasi semakin menurun seiring dengan penambahan prosentase CO<sub>2</sub> dala refrigerant campuran, seperti terlihat pada gambar 4.

Jika dilihat lebih detail pada gambar 4, koefisien prestasi pada mesin pendingin dengan refrigeran LPG- CO<sub>2</sub> dengan prosentase CO<sub>2</sub> tertinggi (20 %), menunjukkan angka 3,834. Sedangkan koefisien prestasi untuk refrigerant LPG saja sebesar 5,967.

Terlihat bahwa penambahan CO<sub>2</sub> sebagai inhibitor pda refrigeran LPG mengakibatkan penurunan koefisien prestasi yang cukup signifikan sekitar 35 %.



Gambar 4 Pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam refrigerant terhadap koefisien prestasi



Gambar 5 Pengaruh beban pendinginan terhadap koefisien prestasi

Selain pengaruh konsentrasi CO<sub>2</sub>, penelitian ini juga melakukan investigasi pengaruh beban pendinginan terhadap koefisien prestasi AC mobil. Pada penelitian ini, konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam refrigeran LPG- CO<sub>2</sub> ditetapkan pada prosentase 5 %.

Gambar 5 menunjukkan perbandingan koefisien prestasi antara refrigerant LPG murni dengan refrigerant campuran LPG- CO<sub>2</sub> dengan prosentase CO<sub>2</sub> sebesar 5 %. Untuk refrigeran LPG saja, koefisien prestasi AC cenderung konstan pada beban pendinginan yang berbeda. Disisi lain, pada refrigerant campuran LPG- CO<sub>2</sub> dengan prosentase CO<sub>2</sub> 5%, semakin besar beban pendinginan menyebabkan koefisien prestasi AC cenderung semakin kecil.

Penurunan koefisien prestasi untuk AC mobil dengan refrigeran campuran LPG- CO<sub>2</sub> pada beban pendinginan yang semakin besar mungkin disebabkan karena efek perpindahan panas menyeluruh di komponen AC yang berubah karena beban pendinginan yang berbeda.

### **Kesimpulan**

Penelitian ini menampilkan unjuk kerja AC mobil dengan refrigerant campuran LPG- CO<sub>2</sub>. Pengaruh prosentase CO<sub>2</sub> dalam campuran refrigerant terhadap efek refrigerasi, kerja kompresi dan koefisien prestasi diamati dalam penelitian ini. Beberapa hasil penelitian yang bisa dijadikan kesimpulan adalah sebagai berikut.

1. Semakin besar prosentase CO<sub>2</sub> dalam refrigeran LPG- CO<sub>2</sub> akan menurunkan efek refrigerasi dan menaikkan kerja kompresi.
2. Koefisien prestasi AC mobil menurun seiring dengan semakin besarnya kadungan CO<sub>2</sub>. Kadungan 20 % CO<sub>2</sub> akan menurunkan koefisien prestasi lebih dari 35 % dibandingkan dengan refrigeran LPG saja.
3. Koefisien prestasi AC mobil menggunakan refrigeran LPG murni cenderung konstan pada beban pendinginan yang berbeda sedangkan refrigerant LPG-CO<sub>2</sub> (5 % CO<sub>2</sub>) sedikit menurun dengan semakin bertambahnya beban pendinginan.

### **Referensi**

- [1] Aisbett E.K., Pham Q.T., Natural replacements for ozone-depleting refrigerants in eastern and southern Asia, Int J.Refrigeration 1998;21(1):18–28.
- [2] Rachidi T, Bernatchou A, Charia M, Loutfi H. New fluids as substitute refrigerants of R12. Solar Energy Mater Solar Cells 1997;46(4):333–47
- [3] Eric Granryd, Hydrocarbons as refrigerants-an overview, International Journal of Refrigeration 24 (2001) 15-24.
- [4] Giovanni .N., Fabio Polonara A, R. Stryjek, A. Arteconi, Performance of cascade cycles working with blends of CO<sub>2</sub> D natural refrigerants, International Journal of Refrigeration 34 (2011).
- [5] Nicola, G., Giuliani, G., Polonara, F., Stryjek, R., Blends of carbon dioxide and HFCs as working fluids for the low-temperature circuit in cascade refrigerating systems. Int. J. Refrig. 28 (2005)
- [6] Niu, B., Zhang, Y., Experimental study of the refrigeration cycle performance for the R744/R290 mixtures. Int. J. Refrig. 30. 2007