

EVALUASI PENGELOLAAN REFRIGERAN CFC, DAN HFC DENGAN MESIN 3R DAN UJI UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN STUDI KASUS PADA BENGKEL AC MOBIL DI DENPASAR – BALI

I MADE RASTA¹, I W. KASA² DAN I GEDE MAHARDIKA³

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

^{2,3} Program Magister Ilmu Lingkungan, Unud

E-mail: rasta_imade1@yahoo.co.id

ABSTRACT

CFC refrigerant has been known to be one of causes of ozone layer diminishing and HFC is one of green house gases contributing to global warming through the leak and synthetic refrigerant waste to environment. As a response to the ozone layer diminishment on stratosphere, UNEP, in 1981, through a negotiating process of international stages of development reserve the ozone layer through Wina Convention legalized in March 1985. It was then followed up with Montreal Protocol in September 1987 consisting supervision rules on producing, consuming, and trading ozone damaging materials.

The government of Indonesia had ratified the convention through President Decree Number 23 Year 1999. The ozone layer reservation program implementation in Indonesia is facilitated by KLH. Governor of Bali issued Decree Number 523/04-B/HK/2010 on membership restructuring of ozone layer reservation and ozone damaging materials control team work in province of Bali.

This research was done in 27 car AC service companies or workshop, which received grant of 3R engine in Denpasar, Bali. The research was dominantly focused on monitoring and evaluation, that is how car AC service company or workshop manage CFC/ R-12 and HFC/R-134a refrigerant at service time using 3R engine that refrigerant does not escape to atmosphere. Cooling machine work procedure test (COP) was conducted in laboratory. Research result showed that car AC service company or workshop could manage CFC/ R-12 and HFC/R-134a effectively (88,3%). The cooling engine work procedure using CFC/R-12 as the result of 3R engine recovery and recydel resulted in 2,435 while pure CFC/R-12 resulted in 2,54. There were differences in cooling engine work procedure to the use of pure CFC/R-12 refrigerant with that resulted by 3R engine with average difference 0,089 or 3,53%.

Key words: CFC, HFC, 3R engine, car AC, refrigerant management, COP

PENDAHULUAN

Teknologi mesin pendingin saat ini sangat mempengaruhi kehidupan dunia modern, tidak hanya terbatas untuk peningkatan kualitas dan kenyamanan hidup, namun juga sudah menyentuh hal-hal esensial penunjang kehidupan manusia (Arora, 2001). Saat ini teknologi mesin pendingin (AC Mobil) yang paling banyak digunakan adalah dari jenis siklus kompresi uap (Haryanto, 2004). Mesin jenis ini kebanyakan menggunakan jenis refrigeran CFC (*chlorofluorocarbon*) dan HFC (*hydrofluorocarbon*). Refrigeran CFC adalah penyebab terjadinya penipisan lapisan ozon (WMO, 2007; IPCC, 2005) dan refrigeran HFC termasuk gas rumah kaca (Kruse, 2002; O'shea and Godge, 2007).

Teknologi mesin pendingin memiliki kontribusi langsung pada kerusakan lingkungan diantaranya penipisan lapisan ozon dan pemanasan global melalui kebocoran dan buangan refrigeran sintesis (CFC dan HFC) ke lingkungan (McMullan, 2002; Nasruddin, 2003). Terlepasnya refrigeran ke lingkungan 60 % dari

service sector (UNEP, 1999)

Sifat merusak ozon yang dimiliki oleh CFC, pertama dikemukakan oleh Molina dan Rowland (1974) yang kemudian didukung oleh pengukuran lapangan oleh Farman *et al.*, (1985). Diperkirakan terjadi kerusakan lapisan ozon sekitar 3% per-dekade (Indartono, 2006). Lapisan ozon yang terdapat di daerah *stratosphere* berfungsi untuk menghalangi masuknya sinar ultraviolet-B ke permukaan bumi (Calm, 2002). Sinar ultraviolet-B ini ditengarai akan menyebabkan masalah kesehatan bagi manusia dan gangguan pada tumbuhan di permukaan bumi.

Sebagai tanggapan terhadap kerusakan lapisan ozon di stratosfer, pada tahun 1981 UNEP memulai proses negosiasi pengembangan langkah-langkah Internasional untuk melindungi lapisan ozon melalui Konvensi Wina yang disahkan pada bulan Maret 1985. Pada bulan September 1987 ditindaklanjuti dengan pengesahan Protokol Montreal yang memuat aturan pengawasan produksi, konsumsi dan perdagangan bahan-bahan perusak ozon (Velders *et al.*, 2007).

Pemerintah Indonesia telah meratifikasi Konvensi

Wina, Protokol Montreal dan Amandemen London melalui Keputusan Presiden Nomor 23 Tahun 1992. Selanjutnya pelaksanaan program perlindungan lapisan ozon di Indonesia difasilitasi oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup sebagai lembaga yang bertanggung jawab pada upaya pelestarian lingkungan (UNDP-KLH, 2008).

Mengingat pentingnya lingkungan bagi keberlangsungan kehidupan di muka bumi ini, *World Bank* melalui KLH memberi bantuan mesin 3R kepada perusahaan/bengkel *service* mesin pendingin (AC mobil) untuk melakukan *service* mesin pendingin yang ramah lingkungan. Ini merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan mesin pendingin (KLH, 2008).

Dengan demikian, maka sangat penting dilakukan monitoring dan evaluasi terhadap pelaksanaan pengelolaan refrigeran CFC (R-12) dan HFC (R-134a) pada perusahaan/bengkel mesin pendingin (AC mobil) yang telah mendapat bantuan mesin 3R, sebagai langkah terakhir dari program perlindungan lapisan ozon. Begitu juga sangat penting untuk mengetahui unjuk kerja (COP) mesin pendingin (AC Mobil) yang menggunakan refrigeran hasil *recovery* dan *recycle* mesin 3R, sekaligus konsumsi energinya. Sehingga dapat diketahui layak-tidaknya refrigeran hasil *recovery* dan *recycle* dipergunakan lagi.

Masalah lingkungan tidak berdiri sendiri, tetapi selalu saling terkait erat. Keterkaitan antara masalah satu dengan yang lain disebabkan karena sebuah faktor merupakan sebab berbagai masalah, sebuah faktor mempunyai pengaruh yang berbeda dan interaksi antar berbagai masalah dan dampak yang ditimbulkan bersifat kumulatif. Dalam hal ini pokok permasalahannya adalah ; 1) Bagaimana pelaksanaan pengelolaan CFC (R-12) dan HFC (R-134a) pada perusahaan/bengkel *service* AC mobil yang mendapat bantuan hibah mesin 3R di Denpasar? dan 2) Bagaimana unjuk kerja (COP) mesin pendingin yang menggunakan refrigeran CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle* mesin 3R dibandingkan dengan refrigeran CFC (R-12) murni?

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah; 1) Untuk mengetahui pelaksanaan pengelolaan CFC (R-12) dan HFC (R-134a) pada perusahaan/bengkel *service* AC mobil yang mendapat bantuan hibah mesin 3R di Denpasar, dan 2) Untuk mengetahui unjuk kerja (COP) mesin pendingin yang menggunakan refrigeran CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle* mesin 3R dibandingkan dengan refrigeran CFC (R-12) murni?

METODOLOGI PENELITIAN

Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan/bengkel *service* mesin AC mobil yang mendapat bantuan mesin 3R (*Recovery*, *Recycle* dan *Recharging*) dari *World Bank* melalui KLH yang berada di Denpasar, Bali. Penelitian ini lebih di fokuskan pada monitoring dan evaluasi,

yaitu bagaimana perusahaan/bengkel *service* AC Mobil melaksanakan pengelolaan refrigeran CFC (R-12) dan HFC (R-134a) pada saat *servicing* menggunakan mesin 3R sehingga refrigeran tidak terlepas ke atmosfer.

Pengujian unjuk kerja (COP) mesin pendingin hanya dilakukan untuk refrigeran CFC (R-12) hasil *recovery* and *recycle* mesin 3R dibandingkan dengan refrigeran CFC (R-12) murni.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada 2 tempat yaitu : 1) untuk mengetahui pelaksanaan pengelolaan CFC (R-12) dan HFC (R-134a), pada perusahaan/bengkel *service* mesin pendingin (AC mobil) yang mendapat bantuan hibah mesin 3R dari *World Bank* melalui KLH di Denpasar; dan 2) untuk menguji unjuk kerja (COP), di Laboratorium.

Waktu penelitian direncanakan selama lima bulan; 1) Bulan Pebruari : Persiapan bahan kuesioner, 2) Bulan Maret : Persiapan bahan dan alat, 3) Bulan April : Permohonan surat pengantar ke Direktur Politeknik Negeri untuk ke PPLH regional Bali-Nusra dan BLH Propinsi Bali Bali, 4) Bulan Mei : Melakukan survei dan penyebaran kuesioner ke perusahaan/bengkel AC mobil yang mendapat bantuan mesin 3R di Denpasar-Bali, 5) Bulan Juni : Pengambilan kuesioner yang masih di perusahaan/bengkel *service* AC mobil, pengolahan data dan pembuatan laporan.

Subyek Penelitian

Sebagai populasi dalam penelitian ini adalah semua perusahaan/bengkel *service* mesin pendingin (AC mobil) yang mendapat bantuan hibah mesin 3R di Denpasar-Bali dalam program perlindungan lapisan ozon dan mencegah pemanasan global..Kemungkinan yang terjadi ada kecendrungan pada populasi tidak semuanya memiliki CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle*. Maka sebagai subyek penelitian diambil perusahaan yang masih memiliki CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle*.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian unjuk kerja mesin pendingin (AC mobil) ini antara lain :1) Refrigeran CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle* mesin 3R, dan 2) Refrigeran CFC murni. Refrigeran CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle* didapat dari perusahaan/bengkel *service* mesin pendingin (AC mobil) yang mendapat bantuan mesin 3R dari *world bank* melalui KLH di Denpasar. Sedangkan refrigeran CFC murni didapat dari supplier. Untuk menentukan kemurniaan refrigeran CFC akan di tes dengan refrigeran identi-

fier.

Ada dua jenis data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data tentang pengelolaan refrigeran dan unjuk kerja (COP). Data pengelolaan refrigeran merupakan data primer berupa yang pelaksanaan pengelolaan CFC (R-12) dan HFC (R-134A) pada masing-masing bengkel *service* AC mobil yang mendapat bantuan hibah mesin 3R di Denpasar-Bali. Data tersebut didapat melalui kuesioner yang disebar pada masing-masing bengkel. Data Unjuk kerja (COP) didapat dengan pengujian refrigeran di laboratorium. Adapun alat uji yang dipakai dalam penelitian ini adalah simulator mesin pendingin (AC mobil) di laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara Program Studi Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, dengan spesifikasi sebagai berikut : 1) AC mobil, 2) ,Kompresor, 3) *Pressure Gauge*, 4) *Infrared/Digital Thermometer*, 5) *Stop Watch* dan 6) *Gauge Manifold*

Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki dua variabel yaitu variabel pengelolaan refrigeran dan unjuk kerja mesin pendingin.

Variabel pengelolaan refrigeran CFC dan HFC dengan mesin 3R; 1) proses *recovery*, 2) proses *recycle*, dan 3) proses *recharging*, kaitannya dengan sektor *servicing* pada bengkel AC mobil diukur dengan mewawancarai pada bengkel dan menanyakan dengan kuesioner. Efektivitas pengelolaan dilihat dari efektivitas pada masing-masing tahap pengelolaan. Nilai efektivitas pengelolaan dihitung dengan cara: Nilai efektivitas pengelolaan = $A/B \times 100\%$
dimana : A = Total skor pengelolaan
B = Skor maksimum pengelolaan

Nilai ini dibandingkan dengan Pedoman Acuan Patokan (PAP) tingkat pencapaian sebagai berikut (Modifikasi Dirjen. Pendidikan Tinggi, Departemen P dan K, 1980) yaitu:

- 90% – 100 % : Sangat efektif (SE)
- 80% – 89 % : Efektif (E)
- 65% – 79 % : Cukup (C)
- 40 % – 64 % : Kurang Efektif (KE)
- 0% – 39% : Sangat Kurang Efektif (SKE)

Tabel 1 Kisi-kisi alat evaluasi pengelolaan refrigeran dengan menggunakan mesin 3R

| No Dimensi | Indikatornya | Jumlah butir |
|--------------|---|--------------|
| 1 Recovery | Refrigeran yang diambil dari AC mobil dipindahkan ke dalam tangki penampung | 5 |
| 2 Recycle | 1. Meningkatkan kemurnian refrigeran dengan mesin 3R. 2. Pemisahan minyak pelumas dan penyaringan kotoran refrigeran | 5 |
| 3 Recharging | Pengisian kembali refrigeran hasil <i>recovery</i> dan <i>recycle</i> ke AC mobil | 4 |
| Jumlah | | 19 |

b) Variabel unjuk kerja (COP) mencakup; 1)

Efek refrigerasi (ER), 2) Kerja kompresi (Wk), dan 3) Unjuk kerja mesin pendingin. Beberapa variabel yang diukur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Variabel unjuk kerja mesin pendingin (AC mobil)

| No. | Variabel yang diukur | Satuan | Alat ukur |
|-----|----------------------|--------|----------------|
| 1 | Tekanan (P) | Psig | Pressure gauge |
| 2 | Temperatur (T) | °C | Thermometer |
| 3 | Frekwensi (f) | Hz | Tachometer |
| 4 | Tegangan | Volt | Volt meter |
| 5 | Arus | Ampere | Ampere meter |
| 6 | Kelembaban | % | Higrometer |

Data sekunder didapat dengan bantuan diagram Mollier (p-H diagram) CFC (R-12) atau program CoolPack, sifat-sifat termodinamika refrigeran CFC (R-12) sehingga dapat ditentukan unjuk kerja (COP) mesin pendingin (AC mobil) tersebut.

Rumus-rumus :

- Besarnya efek refrigerasi adalah: $ER = h^1 - h^4$ (kJ/kg)
- Besarnya kerja kompresi adalah: $Wk = h^2 - h^1$ (kJ/kg)
- Besarnya kerja kompresi adalah: $COP = ER/ Wk$

Analisa data

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan uji T. Statistik deskriptif untuk melihat pengelolaan CFC dan HFC pada perusahaan/bengkel sedangkan uji T untuk membandingkan unjuk kerja CFC (R-12) hasil *recovery* dan *recycle* mesin 3R dibandingkan dengan CFC (R-12) murni.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan Refrigeran CFC/R-12 dan HFC/R-134a

Analisis deskriptif variabel pengelolaan disajikan pada rangkuman analisis deskriptif pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dijelaskan bahwa variabel *recovery* diperoleh mean (nilai rerata hitung) sebesar 21,78. Artinya secara rata-rata skor hasil pengukuran secara keseluruhan responden adalah 21,78, median (nilai tengah) sebesar 22,00. Artinya di bawah dan di atas nilai tersebut masing-masing terdapat 50% nilai (data). Modus (frekuensi yang paling sering muncul) didapat sebesar 24, skor minimum 16, skor maksimum 25, simpangan baku (standar deviasi) 2,439, dan variansi sebesar 5,949.

Hasil Pengukuran variabel *recycle* diperoleh mean (nilai rerata hitung) sebesar 20,89. Artinya, secara rata-rata skor hasil pengukuran secara keseluruhan responden adalah 20,89 median (nilai tengah) sebesar 22, Modus (frekuensi yang paling sering muncul) didapat sebesar 24, skor minimum 16, skor maksimum 25, simpangan baku (standar deviasi) yaitu rata-rata penyimpangan hasil pengukuran dari rata-rata sebesar 2,665, dan variansi sebesar 7,1.

Hasil Pengukuran variabel *recharging* diperoleh mean (nilai rerata hitung) sebesar 19,15. Artinya, secara rata-rata skor hasil pengukuran secara keseluruhan responden adalah 19,15, median (nilai tengah) sebesar 20, Modus (frekuensi yang paling sering muncul) didapat sebesar 20, skor minimum sebesar 16, skor maksimum sebesar 20, simpangan baku (standar deviasi) yaitu rata-rata penyimpangan hasil pengukuran dari rata-rata sebesar 1,5 dan variansi 2,285

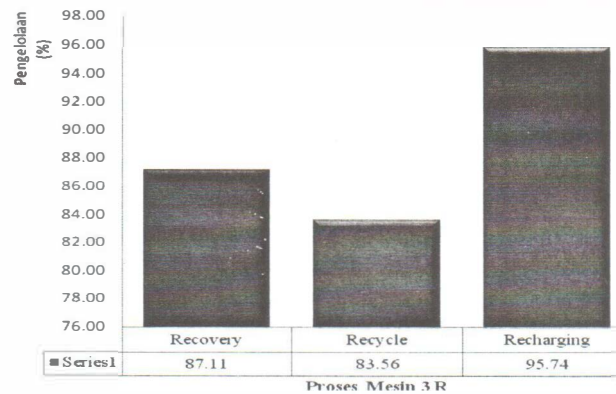
Secara total pengelolaan refrigeran R12 dan HFC pada perusahaan/bengkel *service AC* mobil menggunakan mesin 3 R, mean (nilai rerata hitung) sebesar 61,81. Artinya secara rata-rata skor hasil pengukuran secara keseluruhan responden adalah 61,81, median (nilai tengah) sebesar 62,0, Modus (frekuensi yang paling sering muncul) didapat sebesar 56, skor minimum 50, skor maksimum 69, simpangan baku (standar deviasi) yaitu rata-rata penyimpangan hasil pengukuran dari rata-rata sebesar 5,63, dan variansi 31,849. Histogramnya dapat disajikan pada Gambar 1.

Data hasil pengukuran variabel *recovery* terhadap responden menunjukkan bahwa rata-rata skor 21,78, proporsi pencapaian skor maksimum ideal 87,11 % terkategori efektif. Hasil pengukuran variabel *recycle* terhadap responden menunjukkan bahwa rata-rata skor 20,89, proporsi pencapaian skor maksimum ideal 83,56 % terkategori efektif. Hasil pengukuran variabel *recharging* terhadap responden menunjukkan bahwa rata-rata skor 19,15, proporsi pencapaian skor maksimum ideal 95,74 % terkategori sangat efektif.

Selanjutnya secara keseluruhan dapat direkapitulasi tingkat efektivitas masing-masing proses pada variabel pengelolaan refrigeran CFC dan HFC menggunakan

Tabel 4 Rangkuman Analisis Deskriptif Data Hasil Pengukuran Variabel pengelolaan Refrigeran CFC dan HFC

| Statistics | Proses | | | |
|----------------|----------|---------|------------|--------------|
| | Recovery | Recycle | Recharging | Total Proses |
| N | 27 | 27 | 27 | 27 |
| Mean | 21,78 | 20,89 | 19,15 | 61,81 |
| Median | 22,00 | 20,00 | 20,00 | 62,00 |
| Mode | 24 | 24 | 20 | 56 |
| Std. Deviation | 2,439 | 2,665 | 1,512 | 5,643 |
| Variance | 5,949 | 7,103 | 2,285 | 31,849 |
| Minimum | 16 | 16 | 16 | 50 |
| Maximum | 25 | 25 | 20 | 69 |
| Sum | 588 | 564 | 517 | 1669 |



Gambar 1 Histogram Pengelolaan Refrigeran CFC dan HFC pada Bengkel AC Mobil di Denpasar - Bali

mesin 3R pada perusahaan/bengkel AC mobil di Denpasar – Bali seperti disajikan pada Tabel 5

Secara keseluruhan rata-rata skor menunjukkan 61,81, proporsi pencapaian skor maksimum ideal 88,3% terkategori efektif. Pengelolaan refrigeran CFC/R-12 dan HFC/R-134a pada perusahaan/bengkel AC mobil yang menggunakan mesin 3 R di Denpasar - Bali dapat

Tabel 3 Hasil pengukuran Pengelolaan Refrigeran CFC/R-12 dan HFC/R-134a

| No Resp. | Recovery | | | | | Recycle | | | | | Recharging | | | | | ST | | |
|------------------|--------------|-----------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|-----------|---|------------|----|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| R1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 69 |
| R2 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 | 23 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 23 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 66 |
| R3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 68 |
| R4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 22 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 62 |
| R5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 60 |
| R6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 21 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 5 | 4 | 5 | 4 | 18 | 59 |
| R7 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 23 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 67 |
| R8 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 23 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 23 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 66 |
| R9 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 69 |
| R10 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 69 |
| R11 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 23 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 22 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 65 |
| R12 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 22 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 16 | 5 | 4 | 5 | 5 | 19 | 57 |
| R13 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 68 |
| R14 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 24 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 5 | 5 | 4 | 19 | 67 |
| R15 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | 56 |
| R16 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 18 | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | 54 |
| R17 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 20 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 17 | 4 | 4 | 4 | 5 | 17 | 54 |
| R18 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 24 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 22 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 66 |
| R19 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 19 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 59 |
| R20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 | 23 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 67 |
| R21 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 16 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 18 | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | 50 |
| R22 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 24 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 19 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 63 |
| R23 | 5 | 5 | 5 | 4 | 2 | 21 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 21 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 62 |
| R24 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 22 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 19 | 4 | 4 | 4 | 4 | 16 | 57 |
| R25 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 17 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 | 19 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 56 |
| R26 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 19 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 17 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 56 |
| R27 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 19 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 18 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 | 57 |
| Rata-rata | 21.78 | 87 | E | 20.89 | 83.56 | E | 19.15 | 95.74 | SE | | | | | | | | | |

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Analisis Tingkat Efektivitas Variabel Pengelolaan Refrigeran CFC dan HFC Menggunakan Mesin 3 R

| No. | Proses | Skor Rata-Rata | Persentase Pencapaian (%) | Kategori |
|--------------|------------|----------------|---------------------------|----------------|
| 1. | Recovery | 21,8 | 87,11 | Efektif |
| 2. | Recycle | 20,9 | 83,56 | Efektif |
| 3. | Recharging | 19,1 | 95,74 | Sangat Efektif |
| Total Proses | | 61,8 | 88,3 | Efektif |

disimpulkan efektif. Jadi perusahaan/bengkel service AC mobil yang mendapatkan bantuan mesin 3R telah dapat melaksanakan pengelolaan refrigeran CFC/R-12 dan HFC/R-1234a secara efektif.

Unjuk Kerja (COP) Mesin Pendingin

Prestasi mesin pendingin dapat dilihat dari pengujian massa optimum masing-masing refrigeran yang ditunjukkan oleh koefisien unjuk kerja (COP) mesin pendingin. Rekapitulasi data hasil pengujian tingkat unjuk kerja (COP) mesin pendingin menggunakan refrigeran murni dibandingkan dengan unjuk kerja (COP) mesin pendingin menggunakan refrigeran hasil recovery dan recycle mesin 3R disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Data Hasil Pengujian Tingkat Unjuk Kerja (COP) Mesin Pendingin Menggunakan Refrigeran Murni Dibandingkan dengan Hasil Recovery dan Recycle

| No | m _{ref} (gram) | COP | | |
|-----------|-------------------------|------------|---------------------------------|--|
| | | R-12 murni | R-12 hasil recovery dan recycle | R-12 murni – R-12 hasil recovery dan recycle |
| 1 | 330 | 2,51 | 2,5 | 0,01 |
| 2 | 330 | 2,52 | 2,49 | 0,03 |
| 3 | 330 | 2,53 | 2,45 | 0,08 |
| 4 | 330 | 2,52 | 2,4 | 0,12 |
| 5 | 330 | 2,55 | 2,4 | 0,15 |
| 6 | 330 | 2,5 | 2,37 | 0,13 |
| Rata-rata | | 2,524 | 2,435 | 0,089 |

Berdasarkan pengujian refrigeran pada massa optimum 330 gram dari rekapitulasi hasil pengujian pada tabel 3.4 didapatkan bahwa rata-rata unjuk kerja (COP) mesin pendingin yang menggunakan refrigeran CFC-12/R-12 murni, yaitu 2,54. Sedangkan unjuk kerja (COP) mesin pendingin yang menggunakan refrigeran hasil recovery dan recycle mesin 3R satu laluan didapatkan 2,435. Terdapat perbedaan unjuk kerja (COP) mesin pendingin terhadap penggunaan refrigeran CFC-12/R-12 murni dengan refrigeran hasil recovery dan recycle mesin 3R dengan rata-rata pebedaannya 0,089 atau 3,53 %.

Signifikansi perbedaan rata-rata unjuk kerja (COP) mesin pendingin selanjutnya diuji menggunakan uji beda rata-rata dengan taraf signifikan 5%.

Kriteria Pengujian dengan taraf signifikan 5%, jika sig t < 0,05 hipotesis H₀ ditolak dan dalam kondisi lainnya H_a diterima.

Hasil pengujian mendapatkan t_{hitung} = 3,397

dengan sig t = 0,004. Nilai sig t < 0,05 maka Hipotesis H₀ ditolak dan H_a diterima. Artinya, secara signifikan unjuk kerja (COP) AC mobil yang menggunakan refrigeran CFC-12/R-12 hasil recovery dan recycle mesin 3R laluan tunggal lebih rendah dibanding dengan unjuk kerja AC mobil yang menggunakan refrigeran CFC-12/R-12 murni. Unjuk kerja (COP) AC mobil yang menggunakan refrigeran CFC-12/R-12 murni 3,53% lebih tinggi dibandingkan unjuk kerja (COP) AC mobil yang menggunakan refrigeran CFC-12/R-12 hasil recovery dan recycle mesin 3R.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan hasil penelitian didapatkan simpulan penelitian ini sebagai berikut.

1. Hasil evaluasi pengelolaan refrigeran CFC-12/R-12 dan HFC-134a/R-134a pada perusahaan/bengkel service AC mobil yang mendapat bantuan mesin 3R di Denpasar-Bali termasuk katagori efektif, dengan skor nilai 88,31 %.
2. Unjuk kerja AC mobil yang menggunakan refrigeran CFC-12/R-12 hasil recovery dan recycle mesin 3R didapat 2,435 sedangkan unjuk kerja CFC-12/R-12 murni 2,54. Terdapat perbedaan unjuk kerja mesin pendingin terhadap penggunaan refrigeran CFC/R-12 murni dengan refrigeran hasil recovery dan recycle mesin 3R dengan rata-rata pebedaannya 0,089 atau 3,53 %.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan pada penelitian, beberapa saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Pengelolaan refrigeran CFC dan HFC pada perusahaan/bengkel service AC mobil dengan mesin 3R perlu ditingkatkan. Optimalisasi dapat dilakukan dengan adanya dukungan after sales service alat 3R di wilayah Bali, karena perusahaan/bengkel service menemukan kendala besar dalam maintenance service mesin 3R dan pengadaan spare part (suku cadang) alat tersebut.
2. Refrigeran hasil recovery-recycle mesin 3R masih layak digunakan kembali pada sistem AC mobil yang sama karena masih mempunyai unjuk kerja yang masih baik sehingga emisi refrigeran CFC-12/R-12 ke atmosfer dapat dihindari, namun disarankan untuk tidak menggunakan refrigeran yang bercampur atau terkontaminasi karena akan mengakibatkan kerusakan baik pada alat mesin 3R maupun AC mobil tersebut.
3. Bagi perusahaan/bengkel service AC mobil, hal pertama yang harus diingat dalam melakukan service pada AC mobil adalah jangan membuang re-

frigeran CFC-12/R-12 dan HFC-134a/R-134a ke atmosfer.

4. Perlu adanya pusat reklamasi refrigeran di Bali sehingga kualitas hasil refrigeran hasil *recovery* dan *recycle* dapat ditingkatkan kemurniaannya. Refrigeran hasil reklamasi harus ditampung dalam tabung refill khusus untuk refrigeran yang sejenis sehingga refrigeran tidak bercampur antara refrigeran satu dengan yang lainnya. Apabila ada bengkel *service* AC mobil yang membutuhkan refrigeran R-12 dapat membeli di pusat reklamasi.
5. Mengingat pada MAC (*Mobil Air conditioning*) kebocoran refrigeran selalu terjadi selama operasinya, maka jumlah MAC yang besar memberikan kontribusi yang besar pula terhadap pelepasan BPO (Bahan Perusak Ozon) ke atmosfer. Sejalan dengan kebijakan pemerintah yang berkewajiban menjalankan program penghapusan BPO, maka sosialisasi pencegahan pelepasan BPO kepada pihak-pihak terkait merupakan hal yang sangat penting. Tujuannya untuk memberikan pemahaman tentang cara pencegahan emisi BPO (refrigeran CFC) dari MAC dengan melakukan *service* serta penanganan refrigeran yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora, C.P. 2001. *Refrigeration and Air Conditioning*. Second Edition. McGraw-Hill inc., Singapore.
- Calm, J.M. 2002. Options and Outlook for Chiller Refrigerants. *International Journal of Refrigeration* 25 (2002) 705–715.
- Farman, J.G., Gardiner, B.G., Sanklin, J.D., 1985. *Journal Nature* 315. 207-210.
- Haryanto, J.B. 2004. *Teknik Mesin Pendingin*. Volume kedua, Jakarta : Erlangga.
- Intergovernmental Panel on Climate Change Technology and Economic Assesment Panel. 2005. *Special Report Safeguarding the Ozone Layer and Global Climate System Issues Related to Hydrocarbons and Perfluorocarbons* (Cambridgw Univ. Press, New York).
- Indartono, Y.S. 2006. Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi (1). Berit@Iptek.com. Available from: URL: <http://www.beritaiptek.com>.
- KLH. 2008. Kontribusi Perusahaan Servis AC/Refrigeration Terhadap Upaya Perlindungan Lapisan Ozon dan Pengendalian Pemanasan Global. Deputi Bidang Peningkatan Konservasi Sumber Daya Alam dan Pengendalian Kerusakan Lingkungan. Sosialisasi Daur Ulang CFC-12/R-12. MAC Sector Phase Out Plan. Kementerian Lingkungan Hidup. Bali, 12 Setember 2008.
- Kruse, H, 2000. Refrigerant Use In Europe. *ASHRAE Journal*, September 2000. Available from: URL: <http://www.ashraejournal.org>
- McMullan, J.T. 2002. Refrigeration and The Environment-Issues and Strategies for the Future. *International Journal of Refrigeration* Vol.25, pp. 89-99.
- Nasruddin. 2003. Natural Refrigerants in Indonesia : Challenge and Opportunity (Presented in ISSM Delft, The Netherland). Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, the University of Indonesia.
- O'shea, K.P., Goodge, D.D. 2007. Equipment, Standards In New Refrigerants. *RSES Journal*. April 2007.
- Rowland, F.S., Molina, M.J. 1974. Stratospheric Sink for Chloroflouromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction Ozone. *Jounal Nature*, 249, pp.810-2.
- UNDP-KLH. 2008. Kumpulan Peraturan Pemerintah Tentang Program Perlindungan Lapisan Ozon. Unit Ozon Nasional. Asdep Urusan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta, Februari 2008.
- UNEP. 1999. Study on the Potential for Hydrocarbon Replacements in Existing Domestic and Small Commercial Refrigeration Appliances.
- Velders, G.J.M., Andersen, S.O., Daniel, J.S., Fahey, D.W., McFarland, M. 2007. The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proc Nat Acad Sci* 104:4814–4819.
- World Meteorologi Organization Global Ozon Research and Monitoring Project. 2007. *Scientific Assesment of Ozon Depletion 2006* (World Meteorological Organization, Geneva), Report 50.