

ANALISIS GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP) DAN OZONE DEPLETION POTENTIAL (ODP), PADA REFRIGERAN R32, R290, R407C, R410A, SEBAGAI PENGANTI R22

Urip Prayogi¹, Rohman Sugiono¹

¹Universitas Hang Tuah, Teknik Sistem Perkapalan

yogi@hangtuah.ac.id, rohmansugiono98@gmail.com

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah

ABSTRAK

Kondisi lingkungan saat ini menjadi topik utama seluruh dunia, terutama masalah lingkungan seperti pemanasan global, penipisan lapisan ozon dan polusi udara. Ozone Depleting Potential (ODP) dan Global Warming Potential (GWP) menjadi masalah serius yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pendingin. Refrigeran HCFC (R22) memiliki nilai ODP dan GWP tinggi yang menyebabkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, peneliti mengembangkan refrigeran ramah lingkungan berbasis hidrokarbon (HC). Refrigerant yang digunakan sebagai pembanding adalah R32, R290, R407C, dan R410A. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kualitatif dan bersifat deskriptif untuk menjelaskan refrigerant yang ramah lingkungan dari refrigerant R32, R290, R407C dan R410A, yang akan digunakan sebagai pengganti dari refrigerant R22. Penekanan utama dalam penelitian ini adalah penjelasan tentang Global Warming Potential dan Ozone Depletion Potential dari Refrigerant R32, R290, R407C, R410A. R-32 jauh lebih aman dibandingkan dengan jenis refrigerant yang lainnya, namun beberapa mesin pendingin tidak compatible dengan refrigerant tersebut sehingga R-22 masih mendominasi penggunaan refrigerant. R-290 (propane) juga termasuk ke dalam klasifikasi hidrokarbon karena memiliki ODP dan GWP yang rendah. Jadi tersisa dua refrigerant yang bisa dijadikan sebagai pengganti R22, R407C dan R410A. Dibandingkan dengan R410A, R407C jauh lebih aman untuk lingkungan, karena memiliki nilai GWP yang lebih rendah dari R410A. Jika Protokol Montreal dan Kyoto dilaksanakan secara penuh dan konsisten, maka secara umum pada saat ini belum ada pilihan refrigerant komersial selain refrigerant alami.

Kata Kunci: Refrigeran, ODP, GWP, R22

ABSTRACT

Attention to environmental conditions is the main topic of the urban village world, especially environmental problems such as global warming, ozone depleting potential and air pollution. Ozone Depleting Potential (ODP) and Global Warming Potential (GWP) is a serious issue that must be considered in development of refrigeration cooling system, because ODP and GWP have an effect ozone layer depletion and global maintenance in the industrial sector. Refrigeration system, the use of hydrochlorofluorocarbons (HCFO) refrigerants many are prohibited. This happens because the HCFC (R22) refrigerant has an ODP value and the current GWP should not cause environmental damage. The researches developed an environmentally friendly refrigerator based on hydrocarbons (HC) such as propane, iso-butane, n-butane, or mixture of several hydrocarbons as working fluids in the refrigeration system and the AC system car. The refrigerant used for comparison is R32, R290, R407C and R410A. The research method used in this study is a qualitative research method with the output in the form of numbers. Research what is done is descriptive to explain the friendly refrigerant environment from refrigerant R32, R290, R407C and R410A, which will be used as a substitute for R22 refrigerant which is not environmentally friendly. The main emphasis in this research is on Global Warming Potential and Ozone Depletion Potential from refrigerant R32, R290, R407C and R410A. the qualitative method in this study is reflected in the analysis data using descriptions in the text form. The R32 is much safer compared to other types of refrigerants, but several machines cooler is not compatible with the said refrigerant up to R22 still dominating the use of refrigerants, R290 (propane) is also included hydrocarbon properties because it has low ODP and GWP. So there are two refrigerants that can be used as replacement for R22, R407C and R410A. compared with R410A, R407C for safer

for the environment, because it has a lower GWP value of the R410A. if the montreal and Kyoto Protocols are fully implemented and consistent. So in general at this time there are no refrigerant choices commercial besides natural refrigerant.

Keywords: Refrigerants, ODP, GWP, R22

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada dekade terakhir ini, perhatian terhadap kondisi lingkungan menjadi topik utama seluruh dunia. Meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil diduga menjadi penyebab utama masalah lingkungan seperti pemanasan global, penipisan lapisan ozon dan polusi udara. Banyak negara telah menetapkan target untuk menurunkan emisi karbon guna mengurangi efek buruk pemanasan global. Pemerintah Indonesia menargetkan akan mengurangi emisi karbon hingga 20% sampai tahun 2020. Mengurangi emisi karbon berarti mengurangi konsumsi energi fosil dan melakukan efisiensi energi. Salah satu langkah yang sedang dilakukan pemerintah adalah meningkatkan penggunaan energi baru dan terbarukan sampai dengan 17% pada tahun 2025 (Perpres No 5 Tahun 2006)

Dalam dekade terakhir, ozone depleting potential (ODP) dan global warming potential (GWP) menjadi masalah serius yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pendingin. Dalam bidang industri sistem pendingin, penggunaan refrigeran *hydrochloroflourocarbons* (HCFC) sudah banyak dilarang di seluruh dunia. Hal tersebut terjadi karena refrigeran HCFC memiliki nilai ODP (*ozone depletion potential*) dan GWP (*global warming potential*) yang tinggi sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Kerusakan tersebut antara lain penipisan lapisan ozon dan pemanasan global [1].

Refrigeran chlorofluorocarbons (CFCs) dan hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) secara bertahap dikurangi dan digantikan oleh refrigeran generasi baru. Refrigeran komersial yang digunakan dalam beberapa dekade terakhir dan efeknya pada lingkungan[2][3]Sebenarnya, refrigeran CFCs dan HCFCs memiliki kinerja yang baik dan dapat diterapkan secara luas pada berbagai model sistem AC dan sistem refrigerasi lain selama bertahun tahun [4][5][6][7].

Namun demikian, kedua refrigerant tersebut (CFCs dan HCFCs) memiliki berkontribusi terhadap penipisan ozon dan pemanasan global. Bahkan, Protokol Kyoto telah membatasi produksi dan penggunaan refrigeran yang memiliki dampak pada lingkungan tersebut (United Nations 1998). Oleh karena itu, para peneliti mengembangkan refrigeran ramah lingkungan yang berbasis pada hidrokarbon (HC) seperti propana, iso-butana, n-butana, atau campuran dari beberapa hidrokarbon sebagai fluida kerja pada sistem refrigerasi dan sistem AC mobil.

Banyak jenis refrigeran yang sering dipakai untuk sistem refrigerasi, salah satunya R-22. R-22 merupakan refrigeran bersenyawa kimia hydrochloroflourocarbons atau HCFC dan masuk ke dalam klasifikasi refrigeran A1 (tidak beracun dan tidak mudah terbakar). Pada tahun 1990-an, refrigeran ini paling sering digunakan pada sistem refrigerasi, tetapi ketika memasuki tahun 2000-an refrigeran ini mulai menjadi bahan pertimbangan untuk tidak digunakan lagi karena memiliki ODP dan GWP yang cukup tinggi. R-22 memiliki ODP sebesar 0.055 dan GWP sebesar 1810 yang bisa bertahan selama 12 tahun di atmosfer [8]

Salah satu refrigeran pengganti yang banyak direkomendasikan adalah refrigerant hidrokarbon. Refrigeran hidrokarbon adalah refrigeran yang memiliki ODP dan GWP rendah. Beberapa refrigeran hidrokarbon antara lain: R-600 (butane), R-600a (isobutane), R-601 (pentane), R-601 (isopentane). Selain refrigeran hidrokarbon di atas, R-290 (propane) juga termasuk ke dalam klasifikasi hidrokarbon karena memiliki ODP dan GWP yang rendah (ODP = 0 dan GWP = ~20^d). R-290 memiliki rumus senyawa kimia CH₃CH₂CH₃ dengan Normal Boiling Point (NBP) sebesar -42°C yang memiliki sifat mudah terbakar (flammable) [9].

Salah satu poin yang dinyatakan dalam protocol Montreal dan Kyoto (1897&1997) adalah penghapusan penggunaan refrigeran R-22 (HCFC-22) dan mengubahnya dengan refrigeran yang ramah

lingkungan. Alternatifnya adalah refrigerant hidrokarbon tetapi karena mudah terbakar penggunaannya terbatas [10]. Penelitian terbaru tentang topik mengarah ke HFC dan refrigeran alami seperti air (R-718), amonia (R-717) dan CO₂ (R-744) dengan ODP dan GWP yang sangat rendah dan dapat digunakan untuk menggantikan HCFC dalam sistem pendingin dan AC [9]

Produsen dan importir pendingin lebih memilih refrigerant seperti R-32 dan R-410a untuk diterapkan pada sistem pendingin udara dan diperdagangkan. Kedua refrigerant ini memiliki ODP nol dan GWP yang cukup rendah sebesar 675 untuk R-32 dan 2088 untuk R-410a serta tidak mudah terbakar karena sifat nyala api yang rendah [11]. Mesin pendingin R-22 masih dapat digunakan dengan metode retrofit refrigeran dari R-22 ke R-290 karena minyak kompresor yang digunakan pada R-22 dapat digunakan untuk R-290 [12]. Berbagai upaya telah dilakukan untuk menemukan refrigeran alternatif ramah lingkungan. Perhatian Pemerintah Indonesia terhadap perlindungan lapisan ozon dinyatakan dalam Keputusan Presiden No.23/1992 dan keputusan dari Kementerian Perdagangan dan Perindustrian No. 110 / MPP / Kep / 1/1998 yang memuat pembatasan pada penggunaan dan produksi zat yang dapat lapisan ozon menipis.

Dalam studi yang telah dilakukan peneliti lain, refrigeran R-290 dicampur dengan refrigeran yang tidak mudah terbakar yaitu R-134a. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi melalui peningkatan kinerja (COP) dalam sistem pendingin udara tipe pendingin air. Peningkatan kinerja ini dilakukan melalui penggunaan refrigeran primer yang tepat, serta penambahan aditif Trimethylolethane dan Ethoquad ke refrigeran air sekunder yang dapat memberikan efek penghematan energi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kinerja terbaik dicapai dalam kombinasi refrigeran utama R-290 dengan 0,7 Air + 0,3 Trimethylolethane (mass base) sebagai refrigerant sekunder[10]).

Pengujian dilakukan pada 6 refrigeran lainnya, termasuk R290 di bawah kondisi suhu lingkungan yang berbeda di mana suhu luar ruangan bervariasi dari 27,8 °C hingga 55 °C. Optimasi dimungkinkan dengan penggunaan software, yang menetapkan diameter tabung kapiler, dari 2,0 mm menjadi 1,65 mm dan mengubah panjang dari 508 mm menjadi 254 mm, menggunakan AC yang sama di mana

hasilnya menunjukkan bahwa propane adalah refrigeran yang paling cocok untuk alternative R-22 [11]. Katup ekspansi elektronik dan variable speed compressor digunakan dengan tujuan membandingkan kinerja termal refrigeran R-22, R-290, R-1270, R-438A, R-404A, R-410A dan R-32 dengan suhu evaporator bervariasi dari -15 °C hingga -5 °C.

Dalam penelitian ini, refrigeran R-22 digunakan sebagai dasar perbandingan hanya dengan mengganti refrigerant bukan dengan mengkombinasikan dengan refrigerant lain atau senyawa kimia lainnya seperti penelitian diatas. Refrigerant yang digunakan sebagai pembanding adalah R32, R290, R407C, dan R410A. Dampak lingkungan diukur dengan parameter TEWI (Total Equivalent Warming Impact). Hasilnya akan menunjukkan refrigerant yang paling optimal untuk menggantikan R22 berdasarkan parameter keramahan terhadap lingkungan untuk melindungi lapisan ozon.

Global Warming Potential

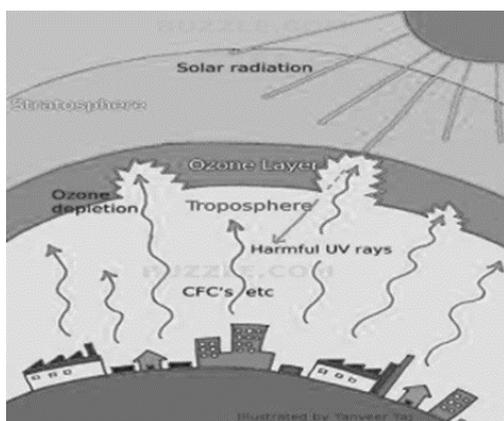
Global Warming Potential (GWP) adalah ukuran relatif jumlah kalor yang terjebak gas rumah kaca. GWP merupakan nilai perbandingan jumlah kalor yang dijebak suatu gas dalam satuan massa tertentu terhadap gas CO₂. GWP adalah besaran efek radioaktif Gas Rumah Kaca dibandingkan terhadap CO₂, dengan kata lain, GWP ialah indikasi berapa ton emisi CO₂ setara dengan satu ton dari setiap Gas Rumah Kaca lainnya. GWP untuk gas CH₄ adalah 21 (relatif terhadap CO₂) sedangkan N₂O adalah 310 dan SF adalah 23.900, sesuai dengan Laporan Penilaian IPCC (International Panel on Climate Change) yang kedua, nilai dari GWP tidak berubah untuk masa komitmen pertama (2008 – 2012) [13]

Hydroclorofluorokarbon (HCFCs) merupakan salah satu jenis Gas Rumah Kaca yang memiliki nilai potensi pemanasan global cukup tinggi. HCFCs digunakan untuk bahan pendingin, bahan pengembang busa (blowing agent), pemadam api dan solvent (pelarut) di Indonesia. Selain HCFCs, terdapat beberapa jenis Perusak Ozon yang lainnya meliputi CFCs, Halon, HBFCs, bromochloromethane, methyl chloroform, carbon tetrachloride dan methyl bromide.

Ozone Depletion Potential

Potensi suatu jenis bahan kimia untuk merusak ozon dinyatakan dengan istilah Ozone Depletion Potential (ODP). Masing-masing jenis Perusak Ozon memiliki nilai ODP yang berbeda, dimana nilai ODP mengacu pada nilai ODP CFC 11/CFC 12 yang diberi indeks angka 1. Ozone Depletion Potential (ODP) adalah ukuran relatif degradasi lapisan ozon yang disebabkan suatu senyawa. ODP merupakan nilai perbandingan degradasi lapisan ozon suatu senyawa dalam satuan massa tertentu terhadap CFC-11 dengan massa yang sama.

Ozon terbentuk dari ketika radiasi energi-tinggi memecah molekul oksigen (O₂) dan membebaskan atom oksigen. Atom oksigen ini kemudian bereaksi dengan molekul oksigen yang masih utuh, yang terdiri atas dua atom oksigen yang terikat, dan membentuk ozon yang memiliki tiga oksigen (O₃). Ozone depleting potential adalah potensi berkurangnya jumlah ozon di lapisan ozon (stratosphere). Adanya penipisan lapisan ozon ditandai dengan ditemukannya lubang ozon di Antartika. Ozon berfungsi untuk menahan radiasi sinar ultraviolet dari matahari agar tidak menembus hingga permukaan bumi. Paparan sinar ultraviolet yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, seperti kanker kulit, katarak, dan terganggunya sistem imun.[9].



Gambar 1. Ilustrasi ODP [1]

Refrigerant R22

Refrigerant R22 adalah refrigerant atau pendingin yang ditemukan pada tahun 1990-an. Saat pertama kali ditemukan, pendingin ini bernama CFC yang mana singkatan dari *chlorofluorocarbons*. Seiring perkembangan zaman, maka CFC ini telah diperbarui menjadi HCFC yang mana singkatan dari

hydrochlorofluorocarbon. Gas refrigerant ini tidak berwarna, biasanya digunakan sebagai propelan. R22 sedang dihapus di negara maju karena berpotensi menipiskan ozon dan berpotensi dalam pemanasan global.

Tabel 1. Sifat Fisik Refrigerant R22

Formula Molekul	CHClF ₂
Berat Molekul	86.47
Titik Didih 101,3 KPa °C	-40.80
Titik Beku 101,3 KPa	-160.00
Densitas 30°C (Kg/m ³)	1174.20
Suhu Kritis (°C)	96.20
Tekanan Kritis (MPa)	4.99
ODP	0.0034
GWP	1700

R22 digunakan sebagai refrigerant yang umum dipakai dalam unit pendingin ruangan/AC, biasanya digunakan untuk aplikasi suhu medium dan suhu tinggi. Selain tidak berwarna, R22 juga tidak beracun dan tidak mudah terbakar serta memiliki cairan yang jernih. Memiliki kestabilan termal dan kimia yang sangat baik dan tidak membuat korosi logam. Aplikasi utama meliputi refrigerant (-80 °C grade), bahan baku untuk produksi PTFE.

Tabel 2. INDEKS

Kemurnian	>99,90 %
Kandungan Air	<0.001%
Keasaman	<0.00001%
Residu Penguapan	<0.01%
Kadar Klorida	-
Penampakan	Tidak Berwarna dan Jernih
Aroma	Tidak Beraroma

Tabel 3. Perbandingan Nilai ODP GWP Refrigerant R22 R32, R290 R407C R410A

Type	R-Number	ODP	flam mability	GWP	flam mability
HCFC	22	0.055	Medium	1810	Medium
HFC	32	0	Zero	675	Medium
HFC	407C	0	Zero	1774	Medium
HFC	410A	0	Zero	2088	Medium
Natural	290	0	Zero	3	Low

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan penelitian ini menggunakan jurnal dan penelitian terdahulu yang membahas tentang refrigerant yang ramah lingkungan dan dikaitkan dengan data Global Warning Potential dan Ozon Depletion Potential dari Refrigerant R32, R290, R407C, R410A yang akan menggantikan Refrigerant R22.

Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif dengan keluaran berupa angka. Penelitian yang dilakukan bersifat deskriptif untuk menjelaskan refrigerant yang ramah lingkungan dari refrigerant R32, R290, R407C dan R410A, yang akan digunakan sebagai pengganti dari refrigerant R22 yang tidak ramah lingkungan. Data yang digunakan adalah data sekunder dari peneliti terdahulu yang hasil luarannya berupa angka sebagai penentu refrigerant yang paling ramah lingkungan. Penekanan utama dalam penelitian ini adalah penjelasan tentang Global Warning Potential dan Ozon Depletion Potential dari Refrigerant R32, R290, R407C, R410A. Metode kualitatif dalam penelitian ini tercermin pada analisis data dengan menggunakan deskripsi dalam bentuk teks [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Refrigerant Ramah Lingkungan

Perkembangan mutakhir di bidang refrigerant didorong oleh dua masalah lingkungan, yakni lubang ozon dan pemanasan global. Setelah keberadaan lubang ozon di lapisan atmosfer

diverifikasi secara saintifik, perjanjian internasional untuk mengatur dan melarang penggunaan zat-zat perusak ozon disepakati pada 1987 yang dikenal sebagai Protokol Montreal. CFCs dan HCFCs merupakan dua refrigerant utama yang dijadwalkan untuk dihapuskan masing-masing pada tahun 1996 dan 2030.

Pelarangan penggunaan HCFC dibuat oleh Montreal Protocol yaitu sebuah traktat internasional yang dibuat untuk melindungi lapisan ozon. Pemakaian refrigeran yang berbahaya bagi lingkungan akan diberhentikan secara massal, sehingga dibutuhkan refrigeran pengganti yang lebih ramah lingkungan dan memenuhi syarat sebagai refrigeran pengganti. Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh refrigeran pengganti, yaitu :

1. Memiliki sifat-sifat termodinamika yang berdekatan dengan refrigerant yang hendak digantikannya, utamanya pada tekanan maksimum operasi refrigeran baru yang diharapkan tidak terlalu jauh berbeda dibandingkan dengan tekanan refrigeran lama yang ber-klorin.
2. Tidak mudah terbakar.
3. Tidak beracun dan berbau.
4. Bisa bercampur (miscible) dengan pelumas yang umum digunakan dalam mesin refrigerasi.
5. Setiap refrigeran CFC hendaknya digantikan oleh satu jenis refrigeran ramah Lingkungan [1]

Alternatif Refrigeran R22

Saat ini, HCFCs (yang pada dasarnya merupakan pengganti transisional untuk CFCs) telah memiliki 2 kandidat pengganti, yakni R410A (campuran dengan sifat mendekati zeotrop) dan R407C (campuran azeotrop) (Kruse, 2000). Hidrokarbon Propana (R290) juga berpotensi menjadi pengganti R22 (Kruse, 2000). R407C merupakan campuran antara R32/125/132A dengan komposisi 23/25/52, sedangkan R410A adalah campuran antara R32/125 dengan komposisi 50/50 [13]. Saat ini, beberapa perusahaan terkemuka di bidang refrigerasi dan pengkondisian udara telah menggunakan R410A dalam produk mereka. Berikut adalah masing-masing ODP dan GWP dari R22, R32, R290, R407C dan R410A.

Meskipun R-32 jauh lebih aman dibandingkan dengan jenis refrigerant yang lainnya, beberapa mesin pendingin tidak compatible dengan refrigerant tersebut sehingga R-22 masih

mendominasi penggunaan refrigerant. Sesuai dengan alasan tersebut, R-290 (propane) juga

termasuk ke dalam klasifikasi hidrokarbon karena memiliki ODP dan GWP yang rendah (ODP = 0 dan GWP = 3). R-290 memiliki rumus senyawa kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ dengan Normal Boiling Point (NBP) sebesar -42°C yang memiliki sifat mudah terbakar (flammable) [9]. Jadi tersisa dua refrigerant yang bisa dijadikan sebagai pengganti R22, yakni R407C dan R410A. Berdasarkan tabel diatas, dibanding dengan R410A, R407C jauh lebih aman untuk lingkungan, karena memiliki nilai GWP yang lebih rendah dari R410A

Sejak disepakatinya protokol Montreal dan Kyoto terdapat dua kriteria lainnya yang harus dipenuhi suatu jenis refrigerant agar dapat digunakan secara aman dan komersial. Dua kriteria tersebut adalah ODP (Ozone Depletion Potential) merupakan nilai yang menunjukkan potensi suatu jenis refrigerant terhadap kerusakan ozon dan GWP (Global Warming Potential) merupakan nilai yang menunjukkan potensi suatu jenis refrigerant terhadap pemanasan global. Meskipun suatu refrigerant memiliki tingkat keamanan dan kinerja yang sangat baik, tapi jika memiliki dampak yang buruk terhadap lingkungan maka penggunaannya juga perlu dibatasi.

Global Warming Potential (GWP) telah dikembangkan untuk memungkinkan perbandingan dampak pemanasan global dari masing-masing jenis gas. Secara spesifik, GWP merupakan sebuah ukuran seberapa banyak energi yang akan diserap oleh 1 ton emisi Gas Rumah Kaca dalam suatu periode tertentu, relatif terhadap 1 ton emisi karbon dioksida (CO_2). Dalam hal ini, rentan waktu yang dipertimbangkan adalah 100 tahun. Semakin besar GWP, semakin besar peran gas tersebut dalam pemanasan global dalam periode tertentu.

Jika Protokol Montreal dan Kyoto dilaksanakan secara penuh dan konsisten, maka secara umum pada saat ini belum ada pilihan refrigerant komersial selain refrigerant alami. Meskipun perlu dicatat bahwa baru-baru ini terdapat produsen refrigerant yang mengklaim keberhasilannya membuat refrigerant yang tidak merusak ozon dan tidak menimbulkan pemanasan global [9]. Beberapa refrigerant alami yang sudah digunakan pada mesin refrigerasi adalah ammonia (NH_3), Hidrokarbon

(HC), Karbondioksida (CO_2), air dan udara [14]. Kata “alami” menekankan keberadaan zat-zat tersebut yang berasal dari sumber biologis ataupun geologis. Meskipun saat ini beberapa produk refrigerant alami masih didapatkan dari sumber daya alam yang tidak terbarukan, misalnya hidrokarbon yang didapatkan dari gas alam. Penggunaan refrigeran alami yang bertujuan untuk mencegah penipisan ozon dan pemanasan global. Refrigeran alami memiliki GWP (Global Warming Potential) dan ODP (Ozone Depleting Potential) yang bernilai nol, fluida kerja tersebut dapat dikatakan ramah lingkungan.

Penggunaan karbondioksida, air, dan udara pada refrigerator komersial masih memerlukan riset yang mendalam, sedangkan penggunaan ammonia dan hidrokarbon, meskipun sudah cukup banyak dilakukan, masih memiliki peluang riset yang cukup banyak [14]. Amonia bersifat racun dan cukup mudah terbakar, sedangkan hidrokarbon termasuk dalam zat yang sangat mudah terbakar. Oleh karena itu refrigerant tersebut secara umum sulit digunakan pada sistem ekspansi langsung. Sistem refrigerasi tak-langsung bisa digunakan untuk mengatasi kelemahan kedua refrigerant tersebut. beberapa peneliti berusaha menekan tingkat keterbakaran refrigerant hidrokarbon dengan cara mencampurkannya bersama refrigerant lain yang rak mudah terbakar. Penggunaan refrigerant saat ini merupakan isu penting menyangkut pemanasan global.

KESIMPULAN

Ozone Depleting Potential (ODP) dan Global Warming Potential (GWP) menjadi masalah serius yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan sistem pendingin/refrigerasi, karena ODP dan GWP berpengaruh pada penipisan lapisan ozon dan pemanasan global. HCFC (R22) memiliki nilai ODP dan GWP yang tinggi sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, para peneliti mengembangkan refrigeran ramah lingkungan yang berbasis pada hidrokarbon (HC) seperti propana, iso-butana, n-butana, atau campuran dari beberapa hidrokarbon. Refrigerant yang digunakan sebagai pembanding adalah R32, R290, R407C, dan R410A. R-32 jauh lebih aman dibandingkan dengan jenis refrigerant yang lainnya, namun beberapa mesin pendingin tidak compatible dengan refrigerant tersebut sehingga R-22 masih mendominasi penggunaan refrigerant. R-290 (propane) juga

termasuk ke dalam klasifikasi hidrokarbon karena memiliki ODP dan GWP yang rendah (ODP = 0 dan GWP = 3), namun memiliki sifat mudah terbakar. Jadi tersisa dua refrigerant yang bisa dijadikan sebagai pengganti R22, yakni R407C dan R410A. Dibandingkan dengan R410A, R407C jauh lebih aman untuk lingkungan, karena memiliki nilai GWP yang lebih rendah dari R410A. Namun, jika Protokol Montreal dan Kyoto dilaksanakan secara penuh dan konsisten, maka secara umum pada saat ini belum ada pilihan refrigerant komersial selain refrigerant alami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunardi, Cecep., Sutandi T., Putra ADD., Kosasih A. 2019. Pengaruh Refrigeran R-22 Dan Mc-22 Terhadap Performansi Sistem Refrigerasi Brine Cooling. Bandung
- [2] Wang, K. et al., 2010. Review of secondary loop refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 33(2), pp.212–234.. Seminar Nasional Edusainstek ISBN : 2685-5852 FMIPA UNIMUS 2019
- [3] Li, G. et al., 2014. Experimental investigation of energy and exergy performance of secondary loop automotive airconditioning systems using low-GWP (global warming potential) refrigerants. *Energy*, 68, pp.819–831.
- [4] Mahajan, R.Y. & Borikar, S.A., 2014. Performance Evaluation of Domestic Refrigerator Using Hc- 12a Refrigerant as an Alternative Refrigerant to R12 And R134a. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3(10), pp.26–37.
- [5] Brown, J.S., Yana-motta, S.F. & Domanski, P. a, 2002. Comparitive analysis of an automotive air conditioning systems operating with CO 2 and R134a. *International Journal of Refrigeration* 25 (2002) 19–32, 25, pp.19–32.
- [6] Nagalakshmi, K. & Yadav, G.M., 2014. The Design and Performance Analysis of Refrigeration System Using R12 & R134a Refrigerants. *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(2), pp.638–643.
- [7] Yadav, P. & Sharma, A., 2015. Exergy Analysis of R134a Based Vapour Compression Refrigeration Tutor. In *National Conference on Advances in Engineering, Technology and Management*. Sadopur: Maharishi Markandeshwar University, pp. 73–77.
- [8] United Nations, 1998. *Kyoto Protocol To the United Nations Framework Convention and Climate Change*, 1998
- [9] Ashrae, “*Handbook of Fundamental*”, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2009.
- [10] Taib, M. Y., Aziz, A. A. & Alias, A. B. S. (2010). Performance analysis of a domestic air conditioner. *National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Students*, 582-291.
- [11] Yıldırım, C., Özkan, D. B. & Onan, C. (2017). Theoretical study of R32 to replace R410A in variable refrigerant flow systems. *International Journal of Ambient Energy*, 39(1), 87-92.
- [12] Granryd, E. (2001). Hydrocarbons as refrigerants—an overview. *International Journal of Refrigeration*, 24, 15–24. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(00\)00065-7](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(00)00065-7),
- [13] Antunes, A. H. P. & Filho, E. P. B. (2016). Experimental investigation on the performance and global environmental impact of a refrigeration system retrofitted with alternative refrigerants. *International Journal of Refrigeration*, 16(3019), 1-8.
- [14] Riffat, S. B., Afonso, C. F., Oliveira, A. C., & Reay, D. A. (1997). Natural refrigerants for refrigeration and air-conditioning systems. *Applied Thermal Engineering*, 17(1), 33-42.