

Kajian Variasi Campuran R-1270 dan Isobutane Sebagai Pengganti R-22

Dhyta Aulia Nurhaniffah¹, Windy Hermawan Mitrakusuma², Triaji Pangripto Pramudantoro³, Sri Murniati⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : dhyta.aulia.tptu18@polban.ac.id

²E-mail : windyhm@polban.ac.id

³E-mail : triajipangripto@gmail.com

⁴E-mail : sri.murniati@polban.ac.id

ABSTRAK

Merujuk pada Montreal Protokol dan Kyoto Protokol, refrigeran R-22 yang termasuk jenis HCFC tidak dapat digunakan lagi pada tahun 2030 di Indonesia karena mengandung senyawa klorin dan fluorin yang dapat merusak ozon. Penggunaan refrigeran R-22 dapat diretrofit dengan refrigeran yang memiliki karakteristik serupa dan harus ramah lingkungan. Salah satu refrigeran campuran berjenis hidrokarbon yang dapat menggantikan refrigeran R-22 adalah ISPRO-95, yaitu gabungan dari *Isobutane* dan R-1270 dengan perbandingan massa 5/95. Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi sistem refrigerasi kompresi uap, dan perhitungan dilakukan dengan simulasi menggunakan *software* REFPROP, variasi massa campuran *Isobutane* dengan R-1270 50/50, 45/55, 40/60, 35/65, 30/70, 5/95, variasi temperatur kabin sistem refrigerasi 0°C, 2°C, 4°C, 6°C, dan 8°C. Selain itu, beberapa variasi keadaan dalam sistem seperti sistem normal, terdapat *subcooled* 5k, *superheat* 5k, *subcooled* dan *superheat* 5k. Pada kondisi normal, temperatur kondensasi divariasikan mulai dari 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performansi refrigeran R-22 lebih baik dibandingkan ISPRO-95. Akan tetapi, ISPRO-95 memiliki karakteristik yang mendekati refrigeran R-22 dan dapat menggantikannya karena kandungan senyawa ISPRO-95 lebih ramah lingkungan dibandingkan refrigeran R-22. Untuk itu, harus dikembangkan lagi agar performansi ISPRO-95 dapat sebanding atau lebih baik dari refrigeran R-22.

Kata Kunci

R-22, *Isobutane*, R-1270, ISPRO-95, REFPROP, Retrofit

1. PENDAHULUAN

Protokol Montreal 16 September 1987 berisi tentang penghapusan penggunaan HCFC supaya lapisan ozon tidak semakin buruk [1]. Selain itu, kerusakan lapisan ozon akan membahayakan iklim di bumi. Agar kehidupan manusia terlindungi, diperlukan pengurangan emisi gas rumah kaca bagi negara-negara industri paling sedikit 5% dari tingkat emisi tahun 1990 [2]. HCFC yang paling sering digunakan pada sistem refrigerasi adalah refrigeran R-22 yang memiliki nilai ODP 0.055 dan GWP 1810 [3].

Di Indonesia, HCFC termasuk refrigeran R-22 pada 31 Desember 2030 mulai dilarang digunakan untuk pemeliharaan barang [4]. Untuk itu, diperlukan refrigeran alternatif yang dapat menggantikan refrigeran R-22. Senyawa hidrokarbon dapat mengurangi potensi pemanasan global dan penipisan lapisan ozon karena nilai ODP 0 dan GWP yang sangat rendah. Pencampuran refrigeran hidrokarbon R-1270 dan *Isobutane* diharapkan menjadi refrigeran alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan refrigeran R-22. Sebelum menggantikan refrigeran R-22 menggunakan refrigeran campuran tersebut, dilakukan simulasi menggunakan *software* REFPROP.

REFPROP (*Reference Fluid Thermodynamic and Transfer Properties*) merupakan *software* yang digunakan untuk mensimulasikan penggunaan refrigeran pada suatu sistem refrigerasi tertentu tanpa harus melakukan percobaan secara langsung. Program ini dikembangkan oleh *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Selain itu, *software* ini memiliki kemampuan untuk menghitung sifat termodinamika fluida dan campurannya yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan keunggulannya yang dapat di hubungkan dengan beberapa aplikasi seperti MATLAB dan Microsoft Excel [5]. Secara keseluruhan, pemrograman pada Microsoft Excel dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

=refprop("A","B","C","D",E)

- A: Parameter yang akan dicari
- B: Refrigeran
- C: Parameter yang diketahui
- D: Satuan
- E: Nilai parameter yang diketahui

Penamaan refrigeran campuran dilakukan dengan menggunakan singkatan dari refrigeran serta

perbandingan massa yang digunakan. Sebagai contoh: ISPRO-70 dapat diartikan refrigeran campuran *Isobutane* dan *Propylene* (R-1270) dengan perbandingan massa 30/70.

Dalam sistem refrigerasi kompresi uap, terdapat keadaan sistem tidak ideal dan ideal. Pada kondisi tidak ideal misalnya ketika refrigeran yang dihasilkan keluar kondensor, didinginkan hingga temperaturnya diturunkan dibawah temperatur jenuh kemudian menjadi lebih dingin atau *subcooled* dan ketika refrigeran yang keluar dari evaporator temperaturnya

dinaikkan melebihi temperatur jenuh yang sesuai dengan tekanannya atau *superheat*. Kondisi ideal merupakan kondisi saat tidak terjadi *subcooled* ataupun *superheat* [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami cara menyimulasikan sistem refrigerasi kompresi uap menggunakan *software* REFPROP. Selain itu, mengkaji kinerja sistem refrigerasi menggunakan variasi massa campuran R-1270 dan *Isobutane* dengan refrigeran R-22.

Tabel 1 Perbandingan sifat refrigeran ([3] American Society of Heating, 2017)

Refrigeran	R-1270	R-600a	R-22
<i>Chemical Name</i>	<i>Propylene</i>	<i>Isobutane</i>	<i>Chlorodifluoromethane</i>
<i>Chemical Formula</i>	C ₃ H ₆	C ₄ H ₁₀	CHClF ₂
<i>Molecular Mass (gr/mol)</i>	42.08	58.122	86.48
<i>Safety Group</i>	A3	A3	A1
ODP	0	0	0.055
GWP	1.8	~20	1810
NBP (C)	-47.62	-11.75	-40.81
Freezing Point (C)	-185.2	-159.42	-157.42
Critical Temperatur (C)	91.061	134.66	96.145
Critical Pressure (kpa)	4554.8	3629.0	4990.0
Critical Density (kg/m³)	230.03	225.5	523.84

2. PERMASALAHAN

Refrigeran R-22 masih memiliki tingkat pengurangan lapisan ozon yang tinggi dan dapat berpengaruh terhadap *global warming*. Dengan fakta tersebut, tidak dianjurkan menggunakan refrigeran R-22 dan diharuskan mencari refrigeran alternatif untuk menggantikannya. Senyawa hidrokarbon diharapkan menjadi salah satu alternatif untuk menggantikan refrigeran R-22. Namun masih diperlukan penelitian untuk mendapatkan refrigeran hidrokarbon yang dapat menggantikannya.

Telah banyak penelitian untuk membuktikan bahwa refrigeran hidrokarbon dapat menggantikan refrigeran yang memiliki ODP dan GWP tinggi. Hasilnya terdapat kekurangan penggunaan refrigeran hidrokarbon karena mudah terbakar dan meledak. Oleh karenanya, harus dikembangkan lagi jika refrigeran hidrokarbon dijadikan refrigeran alternatif.

Salah satu penelitian yang terkait hal tersebut, yaitu penelitian pada *wall room AC* dengan refrigeran R-22 oleh J.H. Wu, L.D. Yang dan J. Hou pada tahun 2012 [7]. *Wall room AC* tersebut diretrofit menggunakan refrigeran R-290 dan R-1270. Hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem yang menggunakan refrigeran R-1270 dengan kompresor yang memiliki lebih besar perpindahannya mempunyai kinerja yang lebih baik, walaupun harus dipertimbangkan masalah keamanannya.

Penelitian yang membahas refrigeran alternatif lain adalah penggunaan refrigeran R-1234ze(E) sebagai pengganti refrigeran R-22 Vedat Oruç dan Atilla G.

Devecioğlu pada 2018 [8]. Penelitian lain, yang dilakukan pada AC dengan mencoba mengganti refrigeran R-22 dengan refrigeran R-1234yf dan R-1234ze(E). Temperatur evaporasi R-1234yf lebih mendekati R-22. Namun hasil akhirnya, R-1234ze(E) lebih dapat dipertimbangkan dari segi COP-nya untuk menjadi alternatif bagi refrigeran R-22.

I wayan, Made Ery dan Luh Putu (2018) melakukan kajian eksperimental mengenai campuran refrigeran R-22 dengan R-290 sebagai pengganti refrigeran R-32 pada AC split domestik menunjukkan bahwa perbandingan kinerja atau COP refrigeran campuran meningkat 14%, penggunaan daya sebesar 47%, dan penurunan kapasitas pendinginan 33% di banding dengan refrigeran R-32 [9].

3. HASIL ANALISIS

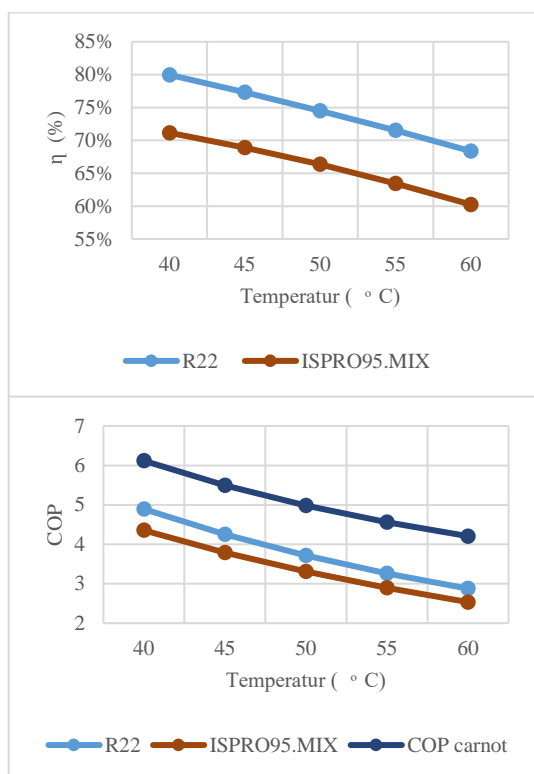
Penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi refrigeran campuran R-1270 dan *Isobutane* yang di antaranya adalah 50/50, 45/55, 40/60, 35/65, 30/70, 5/95, kondisi siklus sistem refrigerasi kompresi uap, temperatur kondensasi, dan temperatur pada kabin sistem. Pada langkah awal, dilakukan pengambilan data pada tekanan kerja dari setiap refrigeran campuran untuk mencari tekanan *liquid* dan tekanan *vapor* agar ditemukan refrigeran yang mendekati tekanan refrigeran R-22.

Pada hasil analisis temperatur kerja dapat disimpulkan, bahwa pada tekanan *liquid* refrigeran campuran ISPRO-70 mendekati tekanan refrigeran R-22. Pada tekanan *vapor*, refrigeran campuran yang mendekati refrigeran

R-22 adalah ISPRO90 dan ISPRO-95. Untuk selanjutnya, variasi yang digunakan untuk analisis pada simulasi ini, yaitu refrigeran campuran ISPRO-95 dengan beberapa pertimbangan.

3.1 Variasi Refrigeran Campuran Pada Kondisi Normal

Siklus kompresi uap yang disimulasikan pada kondisi normal dilakukan pada temperatur evaporasi -4°C dengan variasi refrigeran campuran dan temperatur kondensasi pada 40°C , 45°C , 50°C , 55°C , dan 60°C .



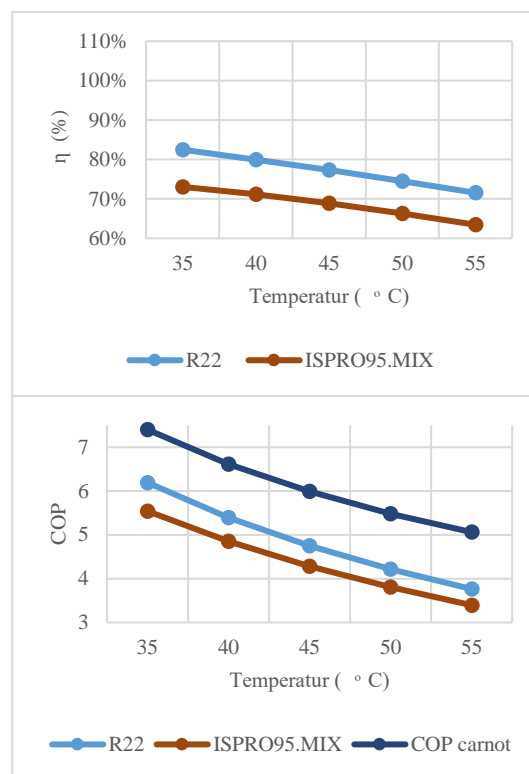
Gambar 1 Grafik ISPRO-95 dengan refrigeran R-22 dalam keadaan temperatur evaporasi konstan -4°C pada kondisi normal terhadap Efisiensi dan COP

Semakin besar temperatur kondensasi, efisiensi refrigerasi akan semakin kecil. Pada Gambar 1 temperatur kondensasi 60°C efisiensi refrigerasi ISPRO-95 sebesar 60.24%, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki efisiensi refrigerasi 68.36%. Jadi, sistem yang menggunakan refrigeran R-22 akan bekerja lebih optimal dibandingkan sistem yang menggunakan refrigeran campuran ISPRO-95. Pada temperatur yang sama, $\text{COP}_{\text{aktual}}$ ISPRO-95 adalah 2.53, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki $\text{COP}_{\text{aktual}}$ 2.87. Semakin besar temperatur kondensasi, $\text{COP}_{\text{aktual}}$ semakin kecil. Dengan demikian, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22.

3.2 Variasi Refrigeran Campuran Pada Kondisi Subcooled

Siklus kompresi uap yang disimulasikan pada kondisi *superheat* dilakukan pada temperatur evaporasi -4°C

dengan variasi refrigeran campuran dan temperatur kondensasi pada 35°C , 40°C , 45°C , 50°C , dan 55°C .

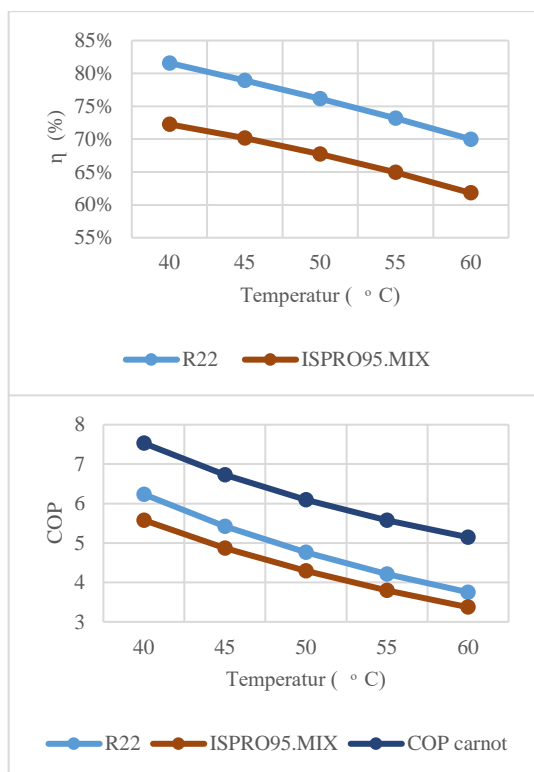


Gambar 2 Grafik ISPRO-95 dengan refrigeran R-22 dalam keadaan temperatur evaporasi konstan -4°C pada kondisi *subcooled* 5K terhadap Efisiensi dan COP

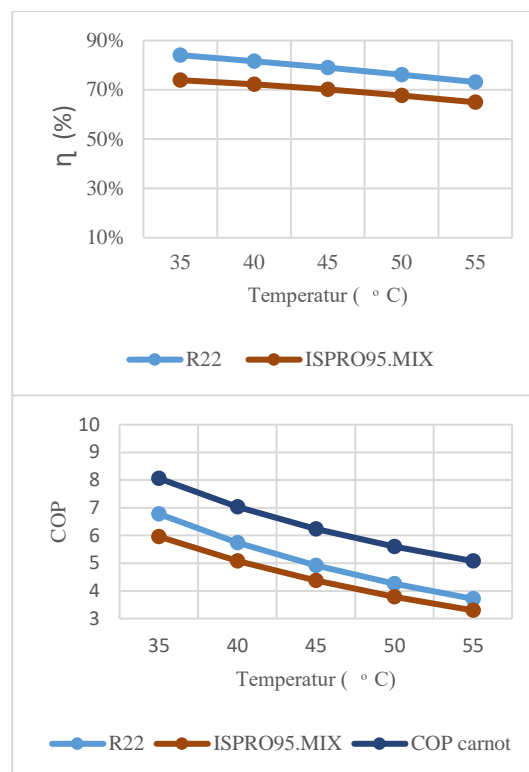
Semakin besar temperatur kondensasi, efisiensi refrigerasi akan semakin kecil. Pada Gambar 2, temperatur kondensasi 55°C efisiensi refrigerasi ISPRO-95 sebesar 63.45%, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki efisiensi refrigerasi 71.54%. Jadi, sistem yang menggunakan refrigeran R-22 akan bekerja lebih optimal dibandingkan sistem yang menggunakan refrigeran campuran ISPRO-95. Pada temperatur yang sama, $\text{COP}_{\text{aktual}}$ ISPRO-95 adalah 2.89, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki $\text{COP}_{\text{aktual}}$ 3.26. Maka, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22. Semakin besar temperatur kondensasi $\text{COP}_{\text{aktual}}$ semakin kecil. Maka, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22.

3.3 Variasi Refrigeran Campuran Pada Kondisi Superheat

Siklus kompresi uap yang disimulasikan pada kondisi *superheat* dilakukan pada temperatur evaporasi 1°C dengan variasi refrigeran campuran dan temperatur kondensasi pada 40°C , 45°C , 50°C , 55°C , dan 60°C .



Gambar 3 Grafik ISPRO-95 dengan refrigeran R-22 dalam keadaan temperatur evaporasi konstan 1°C pada kondisi *superheat* 5K terhadap Efisiensi dan COP



Gambar 4 Grafik ISPRO-95 dengan refrigeran R-22 dalam keadaan temperatur evaporasi konstan 1°C pada kondisi *subcooled* dan *superheat* 5K terhadap Efisiensi dan COP

Semakin besar temperatur kondensasi, efisiensi refrigerasi akan semakin kecil. Pada Gambar 3, temperatur kondensasi 60°C efisiensi refrigerasi ISPRO-95 sebesar 61.81%, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki efisiensi refrigerasi 69.98%. Jadi, sistem yang menggunakan refrigeran R-22 akan bekerja lebih optimal dibandingkan sistem yang menggunakan refrigeran campuran ISPRO-95. Pada temperatur yang sama, COP_{aktual} ISPRO-95 adalah 2.87, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki COP_{aktual} 3.25. Maka, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22. Semakin besar temperatur kondensasi COP_{aktual} semakin kecil. Maka, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22.

3.4 Variasi Refrigeran Campuran Pada Kondisi Campuran

Siklus kompresi uap yang disimulasikan pada kondisi campuran dilakukan pada temperatur evaporasi 1°C dengan variasi refrigeran campuran dan temperatur kondensasi pada 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C.

Semakin besar temperatur kondensasi, efisiensi refrigerasi akan semakin kecil. Pada Gambar 4, temperatur kondensasi 55°C efisiensi refrigerasi ISPRO-95 sebesar 64.95%, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki efisiensi refrigerasi 73.16%. Jadi, sistem yang menggunakan refrigeran R-22 akan bekerja lebih optimal dibandingkan sistem yang menggunakan refrigeran campuran. Pada temperatur yang sama, COP_{aktual} ISPRO-95 adalah 3.30, sedangkan pada temperatur yang sama refrigeran R-22 memiliki COP_{aktual} 3.71. Maka, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22. Semakin besar temperatur kondensasi COP_{aktual} semakin kecil. Dengan demikian, kinerja siklus akan semakin optimal jika menggunakan refrigeran R-22.

Dari semua siklus refrigerasi yang telah disimulasikan menggunakan *software* REFPROP, baik siklus refrigerasi kompresi uap ideal maupun tidak ideal, dapat dilihat bahwa refrigeran R-22 penggunaannya lebih optimal dan efisien jika dibandingkan refrigeran campuran ISPRO-95.

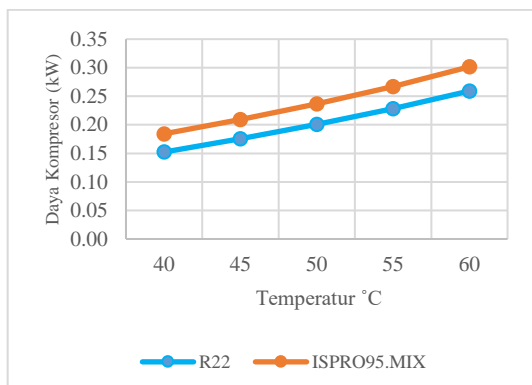
Sistem mengalami peningkatan COP_{aktual} dari kondisi yang divariasikan. Saat sistem mengalami *superheat* sebesar 5K, peningkatan COP_{aktual} pada refrigeran R-22 sebesar 12.44% dan refrigeran ISPRO-95 11.70%. Selanjutnya, saat sistem mengalami *subcooled* sebesar 5K, peningkatan COP_{aktual} pada refrigeran R-22 sebesar

12.20% dan refrigeran ISPRO-95 11.11%. Saat sistem mengalami *subcooled* dan *superheat* sebesar 5K, peningkatan COP_{aktual} pada refrigeran R-22 sebesar 27.63% dan refrigeran ISPRO-95 25.10%.

Kemudian, sistem mengalami peningkatan efisiensi dari kondisi yang divariasikan. Saat sistem mengalami *superheat* sebesar 5K, peningkatan efisiensi pada refrigeran R-22 sebesar 1.82% dan refrigeran ISPRO-95 1.16%. Selanjutnya, saat sistem mengalami *subcooled* sebesar 5K, peningkatan efisiensi pada refrigeran R-22 sebesar 3.19% dan refrigeran ISPRO-95 2.21%. Pada saat sistem mengalami *subcooled* dan *superheat* sebesar 5K, peningkatan efisiensi pada refrigeran R-22 sebesar 5.00% dan refrigeran ISPRO-95 3.02%.

3.5 Daya Kompresor

Semakin besar temperatur kondensasi dan semakin kecil temperatur evaporasi maka, pada sistem akan memiliki daya kompresor yang lebih tinggi dan sebaliknya. Pada gambar di berikut, ditampilkan contoh daya kompresor dengan temperatur evaporasi konstan sebesar -4°C.



Gambar 5 Grafik ISPRO-95 dengan refrigeran R-22 dalam keadaan temperatur evaporasi konstan -4°C pada kondisi normal terhadap daya kompresor

Gambar 5 menunjukkan bahwa refrigeran campuran ISPRO-95 memiliki daya kompresor yang lebih tinggi dibanding dengan refrigeran R-22.

4. KESIMPULAN

Penggunaan refrigeran R-22 dapat digantikan dengan refrigeran campuran *Isobutane* dan R-1270 pada perbandingan massa 5/95 yang dinamakan ISPRO-95.

1. Segi teknis refrigeran R-22 lebih unggul dari refrigeran campuran ISPRO-95. Dilihat dari presentase, COP dan efisiensi dalam sistem refrigeran R-22 lebih tinggi dibandingkan ISPRO-95.
2. Refrigeran campuran ISPRO-95 dapat menggantikan refrigeran R-22 dengan alasan tekanan pada temperatur kerja yang mendekati refrigeran R-22 dan beberapa pertimbangan

lain seperti: lebih ramah lingkungan, terbuat dari gas alam, tidak merusak ozon karena ODP=0, tidak berpotensi terhadap *global warming* karena GWP pada ISPRO-95 dapat diabaikan, dan mengingat bahwa refrigeran R-22 tidak boleh digunakan lagi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dari kegiatan Tugas akhir dan penelitian mandiri dosen pembimbing dengan nomor kontrak: 105.14/PL1.R7/PG.00.03/202

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (2005). Peraturan presiden Republik Indonesia nomor 33 tahun 2005 tentang pengesahan beijing amendment to the montreal protocol on substances that deplete the ozone layer (amandemen beijing atas protokol montreal tentang bahan-bahan yang merusak lapisan ozon. 4.
- [2] Indonesia, P. R. (2004). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2004 Tentang Pengesahan Kuoto Protocol to the United Nations framewrok convention on climate change. *Nasional*, 1–6.
- [3] American Society of Heating, R. and A. C. E. (2017). *2017 ASHRAE Handbook-Fundamentals* (M. Owen (ed.)). ASHRAE; Cdr edition (May 29, 2017).
- [4] *Permenperin No.41/M-IND/PER/5/2014*.
- [5] Lemmon, E. W., Bell, I. H., Huber, M. L., & McLinden, M. O. (2018). *REFPROP Documentation*.
- [6] Dossat, R. . (1981). *Principle Of Refrigeration* (Second Edi). John Wiley & Sons.
- [7] Wu, J. H., Yang, L. D., & Hou, J. (2012). Experimental performance study of a small wall room air conditioner retrofitted with R290 and R1270. *International Journal of Refrigeration*, 35(7), 1860–1868. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.06.004>
- [8] Oruç, V., & Devocioğlu, A. G. (2018). Retrofitting an air-conditioning device to utilize R1234yf and R1234ze(E) refrigerants as alternatives to R22. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 40(4), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s40430-018-1154-0>
- [9] Temaja, I. W., Arsana, I. M. E., & Midiani, L. P. I. (2018). Kajian Eksperimental Campuran R-32/R-290 Pengganti Refrigeran R-32 Pada Ac Split Domestik. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 8(3), 74–78. <https://doi.org/10.31940/matrix.v8i3.1068>

