

Perbandingan Kinerja Sistem Miniatur Seluncur Es Menggunakan Refrigeran R22 Dan R290 (Hidrokarbon)

Ismail Wellid¹, Yudi Prana Hikmat², Dini Faridah³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung.

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung.

³Refrigeration, Air Conditioning and Energy Engineering, National Chin-Yi University Of Technology (NCUT)

Korespondensi :iwellid@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji kinerja sistem miniatur seluncur es menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap yang menggunakan media transfer panas yang berbeda (refrigerant). Pada umumnya mesin menggunakan refrigeran HCFC-22 (R22) sebagai media transfer panas dalam sistemnya, sementara itu pada penelitian ini diusulkan mesin yang menggunakan refrigeran hidrokarbon (R290). Penelitian ini membandingkan kinerja sistem refrigerasi kompresi uap di arena seluncur es jika sistem menggunakan refrigerant R290 (MC22). Penggantian refrigerant ini dilakukan untuk memenuhi tujuan dari Protokol Montreal untuk menggantikan HCFC dalam peralatan pendingin yang ada, karena pengolahannya yang tidak ramah lingkungan. Beberapa parameter dipertimbangkan untuk meninjau kinerja sistem, yaitu: waktu pendinginan, COP, efisiensi, dan konsumsi energi sistem. Hasil penelitian menunjukkan COP_{actual} dan COP_{carnot} pada sistem miniatur seluncur es menggunakan refrigeran hidrokarbon R290 memiliki nilai lebih besar dibandingkan sistem menggunakan R22. Dengan demikian, efisiensi sistem dapat meningkat sebesar 3,2%. Konsumsi energi dari sistem yang diusulkan dapat menghemat 5%. Berdasarkan percobaan dapat disimpulkan bahwa sistem miniatur seluncur es dengan refrigerant R290 dapat meningkatkan kinerja sistem, menghemat konsumsi energi, dan dapat menjadi salah satu solusi alternatif untuk mengurangi pemanasan global dan penipisan ozon yang disebabkan oleh aplikasi penggunaan refrigeran CFC.

Kata kunci: mesin seluncur es, refrigerasi, sistem kompresi uap.

ABSTRACT

This study investigated the performance of a miniature ice-skating rink using refrigeration vapor compression system which using different heat transfer media (refrigerant). Typical machine using HCFC-22 refrigerant as heat transfer media in the system meanwhile proposed machine using hydrocarbon refrigerant (R290). This study compared the performance of the refrigeration vapor-compression system in ice skating rink if the system has been retrofitted with R290. The replacement of HCFC-22 is done to fulfill the objectives of the Montreal Protocol which is replace HCFC in existing refrigeration equipment, because of its environmentally unfriendly processing. Several parameters are considered to review the performance of the system, there are: chilling time, COP, efficiency, and energy consumption of the system. The results showed COP actual and COP carnot in the miniature ice skating rink system using hydrocarbon R290 refrigerant has bigger value than system using HCFC-22 as the refrigerant is the system. Thus, system efficiency could enhance for 3.2%. Energy consumption of the proposed system could save as 5%. Based on the experiment can be concluded that ice skating rink retrofitting the system with R290 could enhance the performance of the system, saving the energy consumption, and could be one of alternative solution to reduce global warming and ozon depletion caused by CFC refrigerant.

Keywords : ice skating rink, refrigeration, vapor-compression system.

1. PENDAHULUAN

Seluncur es adalah tindakan gerak oleh pemakai sepatu seluncur es untuk mendorong peserta pada lintasan es. Tujuannya untuk berbagai alasan, termasuk olahraga, rekreasi, perjalanan, dan berbagai olahraga. Seluncur es menjadi olahraga bagi rakyat jelata sampai sekitar tahun 1600, ketika daya tarik skating es mulai menyebar ke berbagai anggota bangsawan Eropa. Para bangsawan tersebut tidak mau bergaul dengan orang biasa, sehingga arena skating pertama yang dirancang khusus dibangun. Arena seluncur es buatan dalam ruangan pertama kali dibuka pada tahun 1876 di Chelsea, London, Inggris dan bernama Glaciarium. Dibangun di dekat King's Road di London oleh John Gamgee. Es yang ada pada arena itu dibekukan oleh pipa tembaga yang memiliki gliserin dan air yang dialirkan melalui pipa di bawah arena tersebut. Pada saat itu arena tersebut memiliki desain yang mahal dan tidak efisien, tetapi arena seluncur es tersebut dianggap sebuah karya seni

untuk saat itu [1]. Kemampuan untuk membuat lembaran es di dalam arena besar meenjadikan olahraga seluncur es dan pertunjukan es menjadi hiburan keluarga populer di abad ke-20. Hal ini juga memungkinkan seluncur es menyebar ke daerah dengan iklim hangat. Arena seluncur es buatan juga membuat seluncur es bertransformasi dari hobi yang hanya ada pada musim dingin menjadi olahraga dan hiburan utama dimana saja dan kapan saja.

Olahraga dan permainan seluncur es umumnya memiliki ketebalan es sebesar 8 cm dan luas standar olimpiade seluas 1800 m²[2] membutuhkan mesin refrigerasi yang cukup besar. Sementara itu telah kita ketahui dari banyak literatur bahwa system refrigerasi (dari segi refrigerannya yang mengandung CFC) merupakan salah satu penyumbang emisi yang menyebabkan global warming dan ozon depletion, maka dari itu perlunya dibentuk wahana ice rink yang memiliki kinerja yang baik, efisiensi tinggi dan eco-friendly guna mencapai tujuan yang diharapkan oleh montreal protocol. [3]

Maka setiap refrigeran CFC harus digantikan oleh satu jenis refrigeran ramah lingkungan. Setelah periode CFCs, R22 (HCFC) merupakan refrigeran yang paling banyak digunakan didalam mesin refrigerasi. Meski refrigeran ini, termasuk juga refrigeran jenis HCFCs lainnya yang dijadwalkan untuk dihapuskan pada tahun 2030 (untuk negara maju), namun beberapa negara eropa telah mencanangkan jadwal yang lebih progresif, yaitu lebih dulu melarang penggunaan pemakaian refrigeran jenis HCFCs mulai tahun 1998-1999.[]

Sebagai alternatif, saat ini HCFCs telah memiliki 2 kandidat pengganti, yakni R410A menggantikan R407C dan Hidrokarbon Propana yaitu R290 juga berpotensi untuk menggantikan R22. Namun selain itu, di Indonesia sebagai negara yang memiliki cadangan gas alam dan minyak bumi telah memproduksi refrigeran hidrokarbon MC22 sebagai pengganti R22.

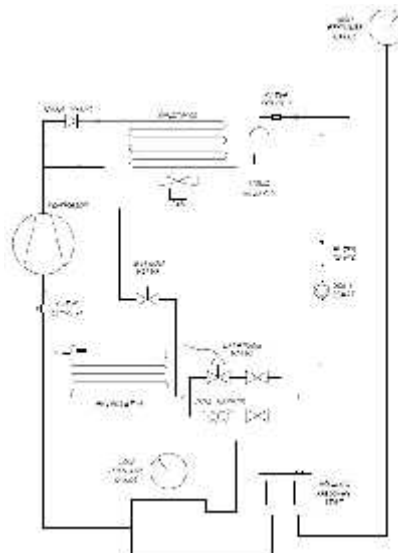
Pada penelitian ini akan dilakukan uji coba dan kaji pengaruh variasi refrigeran R22 dan MC22 terhadap kemampuan sistem miniatur seluncur es yang menggunakan sisem kompresi uap dalam pembekuan air sehingga akan ditemukan jenis bahan pendingin manakah yang lebih efektif dalam proses pembekuan air pada gelanggang seluncur es.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Langkah Pelaksanaan Penelitian

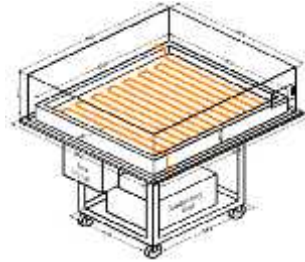
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan pengujian langsung pada sistem miniatur seluncur es di Laboratorium Refrigerasi, Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung.

Penelitian ini menganalisa sistem menggunakan refrigerant yang berbeda sebagai media transfer dalam sistem kompresi uap refrigerasi. Refrigerant yang digunakan adalah refrigerant R22 dan R290. Refrigerant hidrokarbon R290 yang digunakan pada eksperimen ini adalah MC22 dari Musikool. Analisa sistem pertama-tama dilakukan pada sistem yang menggunakan refrigerant R22. Setelah pengambilan data pertama selesai, maka dilakukan proses retrofitting refrigeran pada sistem miniatur seluncur es dari R22 ke R290 (Hidrokarbon) untuk pengambilan data kembali.



Gambar 1. Skematik diagram pemipaan dan titik pengukuran

Sistem kompresi uap menyerap panas dari air yang telah menyebar ke arena es dan air akan membeku untuk menjadi arena *ice skating*. Alat yang digunakan untuk dianalisis adalah mesin miniatur seluncur es yang dirancang dengan metode *defrost hotgass bypass*. Mesin ini menggunakan condensing unit dengan daya input kompresor sebesar 1/2 PK.



Gambar 2. Sistem Miniatur Seluncur Es

Spesifikasi peralatan yang digunakan secara lengkap dalam penelitian ini adalah:

a. *Mesin miniatur seluncur es*

Refrigerant : R22 and MC22 (430 gram dan 210 gram)

Compressor : Tecumseh hermetic ½ HP

Expansion Valve : Danfoss Thermostatic expansion valve

Temperature setting : -13 C with 4 differential

b. *Thermometer*

Type : Autonics Digital Thermometer T4MW

Akurasi : $\pm 0.5\%$

Daya Input : 100-240 VAC 50/60Hz

Rentang Tegangan : 90 ~ 100% dari tegangan

Power input : 3VA

Input sensor : Thermocouples : K (CA), J (IC), RTD : Pt 100 Ω

c. *Low pressure gauge*

Merk : STARMEC

Type : Compound gauge

Connection : 1/4 inchi

Range Pressure Capacity : 0-250psi / 0-17,5 kgf/cm² (LP)

d. *High pressure gauge*

Merk : HGRgsen

Type : Compound gauge

Connection : 1/4 inchi

f. *Kwh Meter, Volt Meter dan Ampere Meter*

Merk series : HQ Brand/ Digital Watt Power Meter

Measurement : Dual measurement of AC voltage, AC current with AC current transformer

Voltage Measuring Range : AC 80 ~ 300V

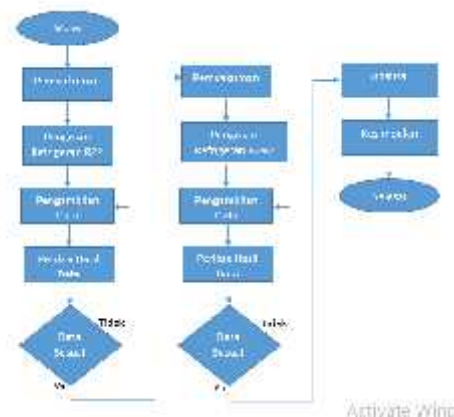
Current Measuring Range : AC 0 ~ 100A

Power Measuring Range : 0 ~ 30000W

Operating Temperature : -10 °C ~ 65 °C

Operating Humidity : 35~85% RH

Dimensions : 79mm x 43mm x 48mm



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini dapat dilihat pada diagram alur Gambar 3. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan aplikasi software CoolPack untuk menampilkan nilai entalpi sesuai dengan tekanan dan temperatur yang dimasukkan. Pada nilai temperatur yang dimasukkan, Australian Refrigeration and Air Conditioning (1988)[5] menjelaskan, bahwa selisih temperatur refrigeran dan permukaan pipa refrigeran yaitu sebesar 2 atau 3 K. oleh karena itu, nilai temperatur yang didapat pada saat pengambilan data, nilainya ditambah atau dikurang 3°C, karena sensor temperatur yang digunakan ditempatkan menempel di permukaan pipa refrigeran.

Dengan mendapatkan nilai entalpi maka dapat dihitung COP_{actual} sistem yaitu perbandingan antara efek refrigerasi dan kerja kompresi, dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$COP_a = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (1)$$

Dari diagram p-h diperoleh temperatur evaporasi (T_e) dan temperatur kondensasi (T_k). Dengan mendapatkan temperatur kondensasi dan temperatur evaporasi maka dapat dihitung COP_{carnot} pada sistem dengan persamaan

$$COP_c = \frac{T_e}{T_k - T_e} \quad (2)$$

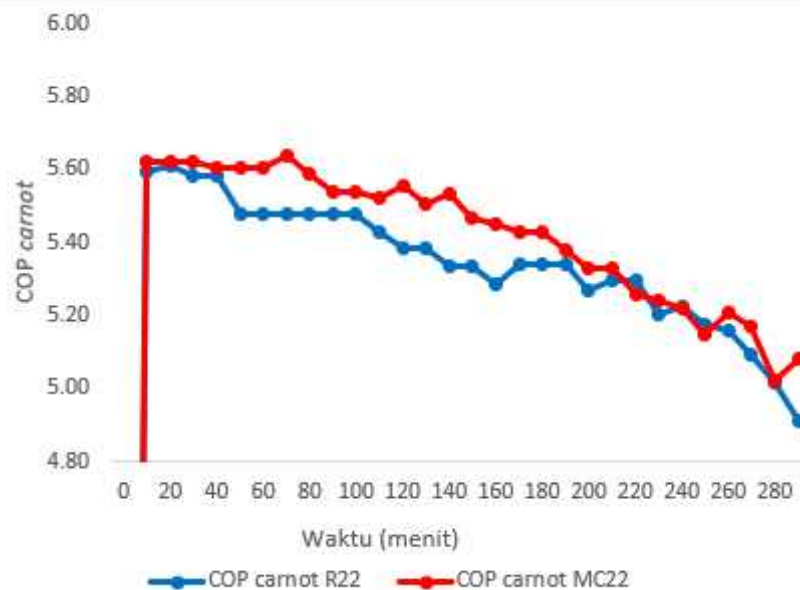
Perhitungan efisiensi dari sistem diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{COP_a}{COP_c} \quad (3)$$

Metode perhitungan tersebut dilakukan pada semua data yang menggunakan bahan pendingin R-22 maupun R290 (Hidrokarbon).

3. HASIL DAN ANALISIS

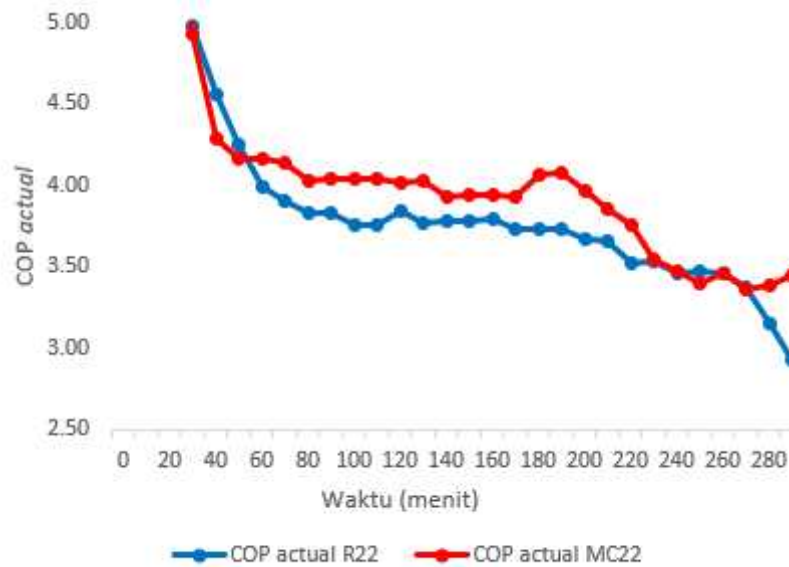
3.1. Perbandingan Hasil COP_{carnot} pada Sistem dengan Refrigerant R22 dan MC22 (R290)



Gambar 4. Perbandingan COP_{actual} menggunakan bahan pendingin R22 dan MC22

COP_{carnot} merupakan prestasi ideal mesin refrigerasi yang digunakan sebagai nilai pembandingan untuk menentukan efisiensi dari suatu sistem. Pada gambar 4, perbandingan nilai COP_c menggunakan bahan pendingin R22 dan R290 setelah dirata-rata dalam keadaan sistem *steady* atau stabil didapatkan COP_c R290 adalah 5,39 sedangkan untuk R22 adalah 5,31. Selisih kedua COP_c tersebut adalah 0,08. COP_c dapat dipengaruhi dari massa refrigeran yang masuk ke sistem yang nantinya akan mempengaruhi tekanan dan berdampak pada nilai COP_{carnot}.

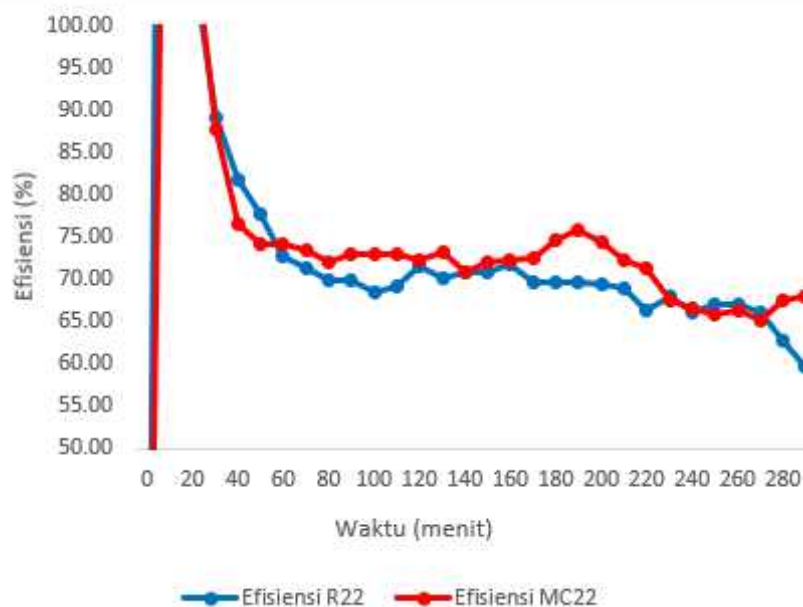
3.2. Perbandingan Hasil COP_{actual} pada Sistem dengan Refrigerant R22 dan MC22 (R290)



Gambar 5. Perbandingan COPactual menggunakan bahan pendingin R22 dan MC22

Gambar 5 menjelaskan tentang perbandingan COPa menggunakan bahan pendingin R22 dan R290. Dari grafik kurang lebih nilai COPa akan terus mengalami penurunan namun saat sistem mati nilai COPa akan meningkat karena kompresor tidak bekerja untuk menghisap dan menekan refrigeran lalu dari grafik diatas nilai COPa sistem dengan bahan pendingin R290 lebih besar dibanding yang menggunakan bahan pendingin R22. Nilai rata-rata COPa saat sistem stabil atau *steady* untuk R290 adalah 3,85 sedangkan untuk R22 adalah 3,67. Hal ini mengidentifikasi bahwa dengan menggunakan bahan pendingin R290 kinerja sistem akan lebih baik.

3.3. Perbandingan Nilai Efisiensi Sistem dengan Refrigerant R22 dan MC22 (R290)

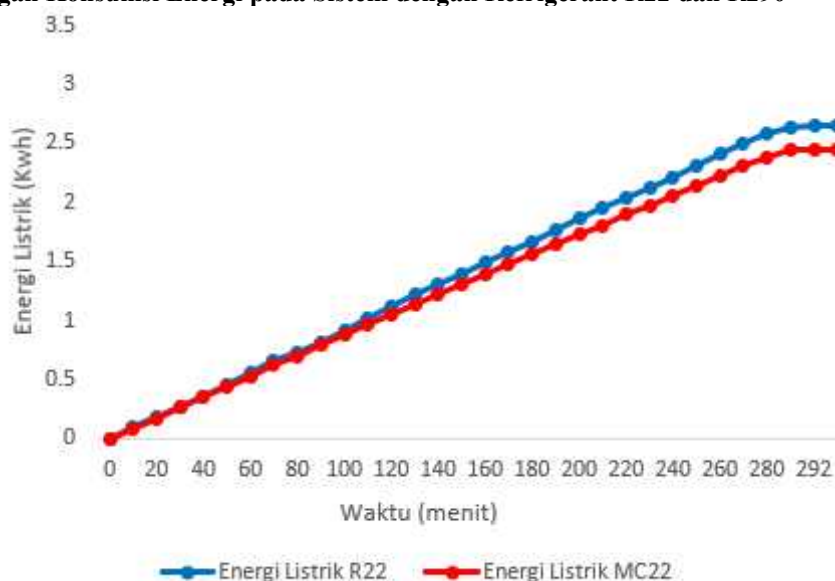


Gambar 6. Perbandingan efisiensi sistem menggunakan bahan pendingin R22 dan MC22

Gambar 6 menjelaskan perbandingan efisiensi kerja sistem menggunakan bahan pendingin R22 dan MC22. Untuk menit-menit awal efisiensi dari kedua bahan pendingin cukup tinggi bahkan melebihi 100%, hal itu terjadi karena sistem belum *steady* dengan temperatur *discharge* yang dibilang masih rendah dan temperatur *suction* yang masih tinggi. Dari grafik tidak begitu terlihat perbandingan nilainya namun setelah nilai efisiensi saat sistem *steady* atau stabil dirata-ratakan menunjukkan bahwa efisiensi sistem yang menggunakan bahan

pendingin MC22 adalah 71,27% sedikit lebih baik dari pada yang menggunakan bahan pendingin R22 yaitu sebesar 69%. Saat nilai efisiensi turun secara drastis yang terlihat pada grafik, itu menandakan bahwa sistem dalam keadaan mati.

3.4. Perbandingan Konsumsi Energi pada Sistem dengan Refrigerant R22 dan R290



Gambar 7. Perbandingan konsumsi energi listrik menggunakan bahan pendingin R22 dan MC22

Gambar 7 memperlihatkan konsumsi energi listrik sistem yang menggunakan bahan pendingin R22 dan MC22 dari awal sistem beroperasi sampai sistem berhenti beroperasi. Dari gambar tersebut terlihat bahwa konsumsi energi listrik sistem yang menggunakan bahan pendingin MC22 lebih sedikit dibanding yang R22. Selama sistem beroperasi, untuk sistem yang menggunakan bahan pendingin R22 konsumsi energi listriknya adalah 2,885 Kwh dan apabila 1 Kwh = Rp. 1.364,86 maka biaya yang diperlukan selama sistem beroperasi adalah Rp. 3.938 sedangkan untuk sistem yang menggunakan bahan pendingin MC22 konsumsi energi listriknya adalah 2,752 Kwh dan biaya yang diperlukan selama sistem beroperasi adalah Rp. 3.756. Dengan menggunakan bahan pendingin MC22, konsumsi energi listrik lebih hemat sekitar 4,61% dibanding dengan menggunakan bahan pendingin R22.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian dan membandingkan pada sistem miniatur seluncur es (Ice skating) yang menggunakan refrigeran R22 dan R290 (Hidrokarbon), maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Arus listrik pada sistem menggunakan refrigeran R290 sebesar 3,01 A lebih kecil dibandingkan saat sistem menggunakan refrigeran R22 sebesar 3.05.
2. Coefficient of performance actual (COPa) rata-rata sistem yang menggunakan refrigeran R290 lebih besar yaitu 3,85 dibandingkan dengan sistem yang menggunakan refrigeran R22 sebesar 3,67.
3. Coefficient of performance carnot (COPc) rata-rata sistem yang menggunakan refrigeran R290 lebih besar yaitu 5,39 dibandingkan dengan sistem yang menggunakan refrigeran R22 sebesar 5,31.
4. Efisiensi rata-rata sistem seluncur es menggunakan refrigeran R290 adalah 71,27 % lebih besar dibandingkan menggunakan refrigeran R22 sebesar 69 %.
5. Konsumsi energi listrik sistem seluncur es beroperasi selama 340 menit dengan menggunakan refrigeran R290 sebesar 2,752 kWh lebih kecil dibandingkan dengan sistem seluncur es yang menggunakan refrigeran R22 sebesar 2,885 kWh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Teyssedou, R. Zmeureanu, D. Giguère, Thermal response of the concrete slab of an indoor ice rink, HVAC&R Research 15(3) (2009) 509-523.
- [2] Frank Gonzalez. "IIHF ICE RINK GUIDE." IIHF ICE RINK GUIDE, International Ice Hockey Federation, 2002, www.iihf.com/fileadmin/user_upload/PDF/Rink_Guide/IIHF_Ice_Rink_Guide_web_pdf.
- [3] ASHRAE, Ice rinks, in: ASHRAE Handbook-Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Inc., Atlanta, Chapter 35 (2006).
- [4] Nowotny S., Gessese N., Environmental impact assessment of CFCS recycling technology and retrofitting of refrigeration machinery: 20th International Congress of Refrigeration, Sydney, 1999.
- [5] Boyle, G. (1988), Australian refrigeration and air conditioning. Perth, W.A.: Technical Publication Trust.