

Kaji Numerik Penggunaan *Subcooler* LSHX pada Refrigeran R22 dan R290 dengan Variasi Temperatur Evaporasi

Hassan Muhammad Sumeru¹, Triaji Pangripto Pramudantoro², Rizki Muliawan³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : hassan.muhammad.tptu19@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : triajipangripto@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : rizki.muliawan@polban.ac.id

ABSTRAK

Refrigeran R22 sudah lama digunakan sebagai fluida kerja pada pengkondisi udara (AC) maupun mesin pendingin (*freezer*). Namun, kekurangan R22 adalah pada segi lingkungan, karena masih memiliki nilai ODP dan GWP yang masih relatif tinggi. Sehingga, penggunaan R22 sebagai fluida kerja harus dihentikan dan diganti dengan refrigeran yang lebih ramah lingkungan. Salah satu refrigeran pengganti R22 adalah R290. Refrigeran R290 memiliki nilai ODP nol dan nilai GWP yang kecil. Dari sisi tekanan kerja, R290 tidak berbeda jauh dengan R22. Salah satu metode peningkatan sistem refrigerasi dengan menggunakan metode *Liquid Suction Heat Exchanger*. Di lapangan efektivitas penggunaan LSHX mempengaruhi derajat *subcooling*. Pada penelitian ini dapat terlihat perbandingan efektivitas penggunaan LSHX pada kinerja sistem refrigerasi dengan memvariasikan derajat *subcooling* dan *superheating* yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 K. Selain itu, penelitian ini memvariasikan temperatur evaporasi 5°C yang mewakili temperatur pengkondisi udara dan temperatur evaporasi -10°C, -20°C, -30°C dan -40°C yang mewakili temperatur *freezer*. Hasil simulasi menunjukkan setiap kenaikan temperatur *superheating* dan *subcooling* sebesar 2 K pada R22 dan R290 membuat nilai temperatur *discharge* meningkat sebesar 2,44% dan 3,01%, nilai kerja kompresi meningkat sebesar 0,98% dan 1,05%, nilai efek refrigerasi meningkat sebesar 2,53% dan 3,35% dan nilai COP_{aktual} meningkat sebesar 1,51% dan 2,27%.

Kata Kunci

R22, R290, ODP, GWP, hidrokarbon.

1. PENDAHULUAN

Refrigeran R22 merupakan jenis refrigeran bersenyawa kimia *Hydro Chloro Fluoro Carbon* atau HCFC dan masuk ke 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 (*ozone depletion potential*) dan GWP (*global warming potential*) yang cukup tinggi. R22 memiliki ODP sebesar 0,055 dan GWP sebesar 1810 yang dapat bertahan selama 12 tahun di atmosfer [1]. Pelarangan penggunaan HCFC

ini dibuat oleh Montreal Protocol yang dibuat untuk melindungi lapisan ozon.

Pemakaian jenis refrigeran yang berbahaya bagi lingkungan ini akan diberhentikan secara massal, sehingga dibutuhkan refrigeran alternatif yang lebih ramah lingkungan. Dengan naiknya refrigeran alternatif seperti refrigeran R290 yang merupakan salah satu keluarga hidrokarbon dengan nilai ODP dan GWP rendah. Fluida tersebut ramah lingkungan dan tersedia melimpah di alam, karena hidrokarbon adalah refrigeran alami. Sehingga refrigeran R290 bisa menjadi salah satu pengganti refrigeran R22 dalam sistem refrigerasi dan tata udara.

Devotta, Pandaklar dan Sane [2] melakukan pengujian pergantian R22 dengan R290 pada

AC window. Hasil pengujian ini melaporkan bahwa pergantian R22 dengan R290 dapat meningkatkan COP senilai 7,9%, tetapi dapat menurunkan kapasitas pendinginan senilai 6,6%. Pergantian R22 dengan R290 pada AC split ini dilakukan oleh Zhou dan Zhang [3]. Mereka melakukan pengujian dengan memvariasikan diameter gulungan pipa kapiler. Hasil pengujian ini melaporkan bahwa untuk diameter gulungan pipa kapiler yang optimal dapat meningkatkan kinerja sistem senilai 8,5%. Penelitian yang melakukan pergantian R22 dengan R290 selanjutnya dilakukan oleh Xiao, Zhang dan Hu [4] pada AC split. Pada penelitiannya, mereka melakukan massa pengisian R290 sebanyak 50% dari massa pengisian R22. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kinerja senilai 12,6% namun kapasitas pendinginan turun senilai 2,8%. Pengujian pergantian R22 dengan R290 pada freezer dengan suhu evaporasi -25°C dilakukan oleh Choudhari dan Sapali [5]. Hasil penelitiannya serupa dengan fenomena yang terjadi pada pengkondisi udara, yaitu terjadi peningkatan kinerja (COP) dan terjadi sedikit penurunan kapasitas pendinginan. Walaupun terjadi penurunan kapasitas pendinginan pada penggantian fluida kerja R22 dengan R290 pada pengkondisi udara (AC) maupun mesin pendingin (freezer), namun karena R290 jauh lebih ramah lingkungan, maka pergantian R22 dengan R290 ini pada AC maupun freezer harus segera dilakukan, karena bila tidak segera dilakukan, pemanasan global dari emisi R22 akan terus berlangsung.

Salah satu metode yang dapat meningkatkan sistem refrigerasi dengan menggunakan metode *Liquid Suction Heat Exchanger* (LSHX). Metode ini memanfaatkan suhu yang dingin pada keluaran evaporator (*suction line*) digunakan untuk menurunkan suhu keluaran kondenser (*liquid line*). Pertukaran kalor ini dilakukan menggunakan penukar kalor (*heat exchanger*). Dengan menggunakan metode ini, selain terjadinya *subcooling* pada keluaran kondenser, juga dapat terjadi *superheating* pada *suction*. Terjadinya *superheating* pada saluran *suction* akan berdampak positif, tetapi juga dapat berdampak negatif. Dampak positifnya yaitu dengan terjadinya *superheating*, fasa refrigeran yang akan masuk *suction* kompresor berfasa gas *superheat*. Fasa refrigeran dalam kondisi *superheat* akan lebih aman dibandingkan dengan refrigeran dalam kondisi fasa campuran karena fasa cair refrigeran dapat merusak kompresor. Dampak

negatifnya adalah apabila *superheating* terlalu tinggi, akan menyebabkan tingginya suhu pada *discharge* kompresor. Tingginya suhu *discharge* selain akan meningkatkan daya input juga akan mengurangi usia kompresor [6].

Pada penelitian dapat mengetahui efektifitas penggunaan LSHX pada kinerja sistem refrigerasi refrigeran R22 dan R290 dengan memvariasikan derajat *subcooling* yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 K. Selain variasi derajat *subcooling* penelitian ini memvariasikan temperatur evaporasi 5°C yang mewakili temperatur pengkondisi udara dan temperatur evaporasi -10°C , -20°C , -30°C , dan -40°C yang mewakili temperatur freezer.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan aplikasi *CoolPack* dengan asumsi temperatur kondensasi 40°C , temperatur evaporasi 5°C sampai -40°C , temperatur *superheating* dan *subcooling* 0 sampai 10K, serta nilai efisiensi isentropik 0,7. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur *superheating* dan *subcooling* terhadap kinerja sistem. Sistem yang dimaksud adalah kerja kompresi, efek refrigerasi dan $\text{COP}_{\text{aktual}}$.

Untuk mendapatkan kerja kompresi spesifik, efek refrigerasi dan $\text{COP}_{\text{aktual}}$ menggunakan persamaan berikut:

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (2)$$

$$\text{COP}_a = \frac{q_e}{q_w} \quad (3)$$

Dimana,

q_w = Kerja Kompresi Spesifik (kJ/kg)

q_e = Efek Refrigerasi (kJ/kg)

COP_a = *Coefficient of performance*

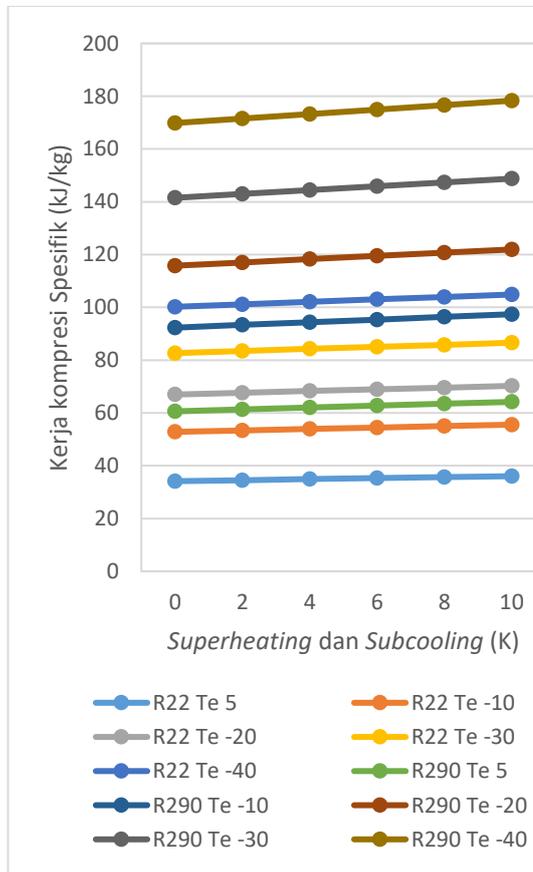
h_1 = Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigeran masuk kondensator (kJ/kg)

h_4 = Entalpi refrigeran keluar evaporator (kJ/kg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

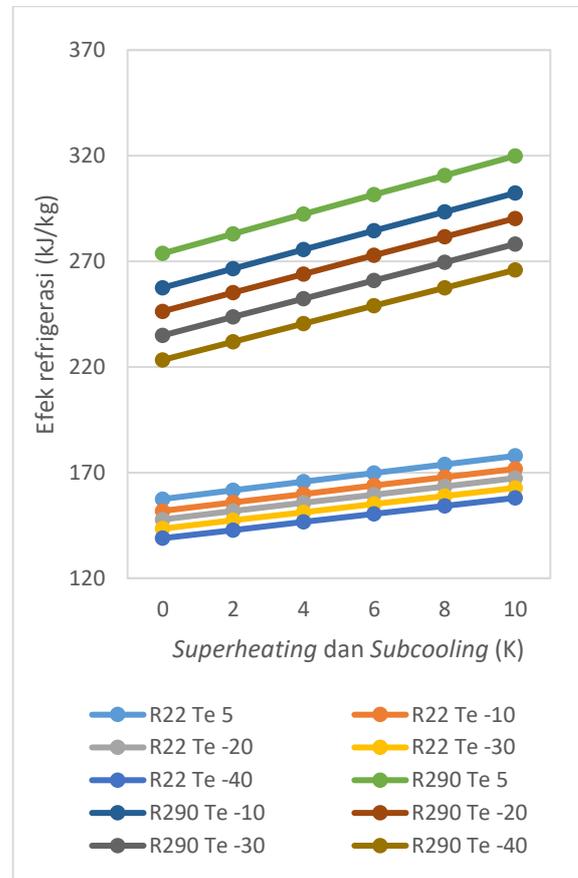
Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat terlihat bahwa, semakin tinggi temperatur *superheating* & *subcooling* maka kerja kompresi spesifik semakin naik hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerja Kompresi Spesifik dengan Variasi Temperatur Evaporasi

Tampak pada Gambar 1 menunjukkan bahwa setiap kenaikan temperatur *superheating* dan *subcooling* sebesar 2 K dengan nilai efisiensi isentropik yang tetap terhadap terhadap R22 dengan R290 pada temperatur evaporasi 5°C maka terjadi perbedaan kerja kompresi spesifik rata-rata sebesar 78%, pada temperatur evaporasi -10°C maka terjadi perbedaan kerja kompresi spesifik rata-rata sebesar 75%, pada temperatur evaporasi -20°C maka terjadi perbedaan kerja kompresi spesifik rata-rata sebesar 73%, sedangkan pada temperatur evaporasi -30°C maka terjadi perbedaan kerja kompresi spesifik rata-rata sebesar 71%, dan pada temperatur evaporasi -40°C maka terjadi perbedaan kerja kompresi spesifik rata-rata sebesar 70%, hal tersebut dapat terlihat pengaruh temperatur evaporasi terhadap kerja kompresi spesifik bahwa

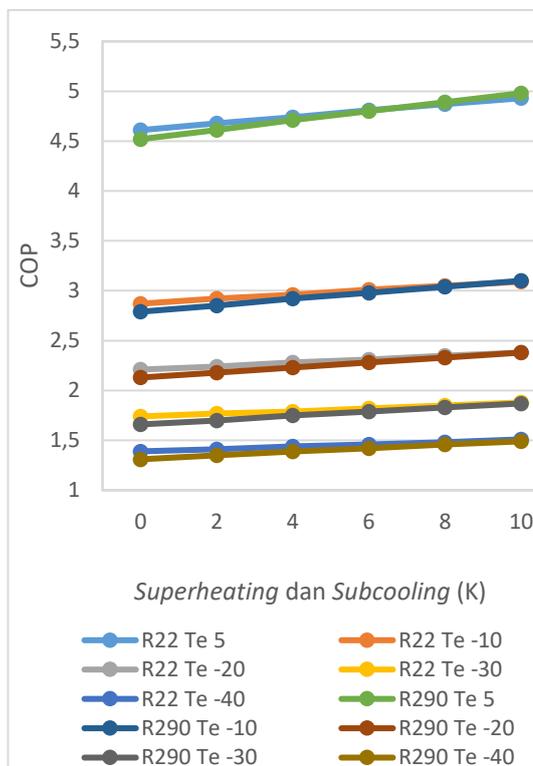
semakin rendah temperatur evaporasi maka semakin rendah pula perbandingan kerja kompresi spesifik antara refrigeran R22 dan R290



Gambar 2 Efek Refrigerasi dengan Variasi Temperatur Evaporasi

Tampak pada gambar 2, menunjukkan bahwa setiap kenaikan temperatur *superheating* dan *subcooling* sebesar 2 K dengan nilai efisiensi isentropik yang tetap antara refrigeran R22 dengan R290 pada temperatur evaporasi 5°C maka terjadi perbedaan nilai efek refrigerasi sebesar 77%, pada temperatur evaporasi -10°C maka terjadi perbedaan nilai efek refrigerasi sebesar 73%, pada temperatur evaporasi -20°C maka terjadi perbedaan nilai efek refrigerasi sebesar 70%, sedangkan pada temperatur evaporasi -30°C maka terjadi perbedaan nilai efek refrigerasi sebesar 67%, dan pada temperatur evaporasi -40°C maka terjadi perbedaan nilai efek refrigerasi sebesar 65%, hal tersebut dapat terlihat pengaruh temperatur evaporasi terhadap nilai efek refrigerasi bahwa semakin rendah temperatur evaporasi maka semakin rendah pula perbandingan rata-

rata nilai efek refrigerasi antara refrigeran R22 dan R290.



Gambar 3 COP dengan Variasi Temperatur Evaporasi

Tampak pada gambar IV.5, menunjukkan bahwa setiap kenaikan temperatur *superheating* dan *subcooling* sebesar 2 K dengan nilai efisiensi isentropik yang tetap antara refrigeran R22 dengan R290 pada temperatur evaporasi 5°C maka terjadi perbedaan nilai COP_{aktual} sebesar 0,96%, pada temperatur evaporasi -10°C maka terjadi perbedaan nilai COP_{aktual} sebesar 1,39%, pada temperatur evaporasi -20°C maka terjadi perbedaan nilai COP_{aktual} sebesar 1,82%, sedangkan pada temperatur evaporasi -30°C maka terjadi perbedaan nilai COP_{aktual} sebesar 2,42%, dan pada temperatur evaporasi -40°C maka terjadi perbedaan nilai COP_{aktual} sebesar 3,28%. COP_{aktual} pada R290 memiliki perbandingan yang cukup signifikan dengan R22, hal tersebut dapat terlihat pengaruh temperatur evaporasi terhadap nilai COP_{aktual} bahwa semakin rendah temperatur evaporasi maka semakin tinggi kenaikan perbandingan COP_{aktual} antara R22 dan R290. Pada Gambar IV.5 dapat terlihat nilai COP_{aktual} yang cenderung sama antara refrigeran R22 dengan R290. Nilai ini menunjukkan bahwa kinerja

siklus yang menggunakan refrigeran R22 dan R290 tidak jauh berbeda.

4. SIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan temperatur *superheating* dan *subcooling* 2 K dengan nilai efisiensi isentropik dan temperatur kondensasi yang tetap pada R22 membuat nilai temperatur *discharge* meningkat rata-rata sebesar 2,44%, nilai kerja kompresi (q_w) meningkat sebesar 0,98%, nilai efek refrigerasi (q_e) meningkat sebesar 2,53% dan nilai COP_{aktual} meningkat sebesar 1,51%. Sedangkan, untuk R290 membuat nilai temperatur *discharge* meningkat rata-rata sebesar 3,01%, nilai kerja kompresi (q_w) meningkat rata-rata sebesar 1,05%, nilai efek refrigerasi (q_e) meningkat rata-rata sebesar 3,35%, nilai COP_{aktual} meningkat rata-rata sebesar 2,27%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah memberi fasilitas dan bantuan dana untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook of Fundamental*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.
- [2] Devotta, S., Padalkar, A., Sane, N. (2005). Performance assessment of HC-290 as a dropin substitute to HCFC-22 in a window air conditioner. *International Journal of Refrigeration*, 594-604.
- [3] Zhou, G., Y. Zhang, Y. (2010). Performance of a split-type air conditioner matched with coiled adiabatic capillary tubes using HCFC22 and HC290. *Applied Energy*, 1522-1528.
- [4] Xiao, H.H., Zhang, T., Hu, Y. (2006). Experimental research on performance of small room air conditioner with R290. *Journal of Refrigeration*, 26-30.
- [5] Choudhari, C.S., Sapali, S.N. (2017). Performance investigation of natural refrigerant R290 as a substitute to R22 in refrigeration system. *Energy Procedia*, 346-352.
- [6] K, Sumeru. (2020). *Teknologi Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Refrigerasi dan Tata Udara*. Bandung: ITB Press.