

Simulasi Kinerja Termodinamika AC *Split* Menggunakan Refrigeran R32, R1234yf, dan R290

Marianus Adventus Lamawuran¹, Gusnawati², Matheus M. Dwinanto^{*3}

¹⁻³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: matheus.dwinanto@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

AC Split merupakan proses pengaturan temperatur, kelembaban, kebersihan, dan distribusi udara di dalam sebuah ruangan sehingga tercapainya kondisi kenyamanan termal bagi penghuni di dalamnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan termodinamika *AC Split* yang menggunakan refrigeran R32, R1234YF, dan R290 yang ramah lingkungan dengan menggunakan perangkat lunak *Genetron Propertis* versi 1.4.1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi kinerja pengkondisian udara standar menggunakan refrigeran R32, R1234YF, dan R290 dengan perangkat lunak *Genetron Propertis* versi 1.4.1. Hasil simulasi kinerja sistem refrigerasi *basic cycle* dengan fluida kerja R32 untuk temperatur kondensasi dipertahankan konstan, karena temperatur gas refrigeran yang melalui kondensor harus lebih tinggi dari suhu lingkungan maka di kondensor terjadi kondensasi, sehingga refrigeran berubah wujud menjadi cair. Dari simulasi kinerja termodinamika *AC Split* bahwa peningkatan temperatur evaporasi akan sangat berdampak pada peningkatan konsumsi daya pemompaan, meningkatkan rasio massa, dan COP dalam sistem.

ABSTRACT

Split AC is the process of regulating temperature, humidity, cleanliness, and air distribution in a room so as to achieve thermal comfort conditions for the occupants in it. The purpose of this research is to simulate the thermodynamics of a *Split AC* using environmentally friendly refrigerants R32, R1234YF, and R290 using *Genetron Propertis* software version 1.4.1. The method used in this study is a standard air conditioning performance simulation using R32, R1234YF, and R290 refrigerants with *Genetron Propertis* software version 1.4.1. The simulation results of the basic cycle refrigeration system performance with the working fluid R32 for the condensation temperature are maintained constant, because the temperature of the refrigerant gas through the condenser must be higher than the ambient temperature, condensation occurs in the condenser; so that the refrigerant changes form to liquid. From the simulation of the *split AC* thermodynamic performance, an increase in the evaporation temperature will have a significant impact on increasing the consumption of pumping power, increasing the mass ratio, and COP in the system.

Keywords: *AC split*, coefficient of performance, R32, R1234YF, R290

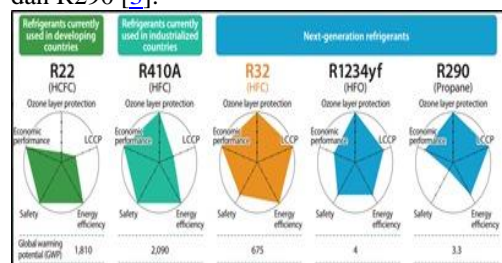
PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk, jumlah rumah, dan gedung serta meningkatnya aktivitas industri dan ekonomi disuatu kota atau wilayah maka kebutuhan akan pengkondisian udara juga mengalami peningkatan. Oleh karena itu, di daerah beriklim panas pengkondisian udara merupakan kebutuhan yang tidak lagi mengandung arti kemewahan. Salah sistem pengkondisian udara yang sangat populer adalah *AC split*. Sistem ini terdiri dari unit

indoor dan *outdoor* yang bentuknya ringkas sehingga tidak memakan banyak tempat [1].

AC split bekerja berdasarkan prinsip termodinamika siklus refrigrasi kompresi uap. Dalam siklus ini uap refrigeran dikompresi dalam kompresor, dan kemudian diembunkan menjadi cairan di dalam kondesor, lalu tekanan cairan refrigeran tersebut diturunkan di dalam alat ekspansi (pipa kapiler) agar refrigeran dalam bentuk cair tersebut selanjutnya dapat menguap di dalam evaporator sebagai akibat menyerap kalor dari ruangan yang didinginkan [1].

Sejak AC *Split* diluncurkan pertama kali, refrigeran yang digunakan di Indonesia adalah R22 (HCFC-22). Namun, perkembangan kebijakan dibidang lingkungan tentang refrigeran ramah lingkungan mewajibkan semua negara untuk menggunakan refrigeran yang tidak merusak lapisan ozon, dan mengurangi pemanasan global. Pemerintahan Indonesia melalui kementerian perindustrian mengeluarkan peraturan menteri perindustrian RI Nomor 41/MID/PER/5/2014 Tentang larangan penggunaan *Hydrochloroflourcarbon* (HCFC) di bidang perindustrian yang diundangkan pada tanggal 4 Juni 2014 [2]. Implementasi dari peraturan menteri tersebut dilakukan dengan mengganti refrigeran jenis R22 ke jenis yang lebih ramah lingkungan seperti R32, R1234yf, dan R290 [3].



Gambar 1. . Karakteristik *next-generation refrigerants* untuk AC hunian dan komersial [3]

Dalam penggunaan sehari-hari temperatur evaporasi AC *Split* sering diatur pada temperatur yang diinginkan oleh pengguna sesuai dengan tingkat kenyamanan termal yang diinginkan, dan secara langsung variasi temperatur evaporasi ini akan mempengaruhi kinerja AC. Oleh karena itu, penggunaan perangkat lunak (*software*) akan sangat membantu dengan cepat untuk menentukan *properties* ketiga refrigeran tersebut, dan menganalisis kinerja termodinamika AC *Split*. Hal inilah yang mendorong dilakukan penelitian ini guna menambah pengetahuan penulis dalam menganalisis kinerja AC *Split* yang menggunakan refrigeran jenis R32, R1234YF dan R290 dengan menggunakan perangkat lunak *Genetron Properties* versi 1.4.1 [4].

Perkembangan kebijakan global di bidang lingkungan mendorong penggunaan refrigeran yang lebih ramah lingkungan sehingga beberapa penelitian telah dilakukan dengan penggantian refrigeran R22 dengan R290 dan R407C. Analisis perbandingan kinerja AC kapasitas 2 HP ini menggunakan ketiga jenis refrigeran tersebut telah dilakukan oleh Mahendra, dkk. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa R22 memiliki COP dan kapasitas pendinginan yang lebih baik dibandingkan dengan R290 dan R407C. Namun, R290 memiliki kerja kompresor yang lebih kecil dibandingkan dengan kedua refrigeran lainnya sedangkan R407C memiliki kinerja yang mendekati R22 [5].

Sabatiana dan Putra melakukan studi eksperimental pengaruh variasi perubahan R22 dengan MC22 (atau R290) untuk sistem pengkondisian udara yang menggunakan *pre-cooling*. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka mereka menyimpulkan bahwa sistem yang menggunakan MC22 adalah yang mampu menghemat energi paling baik. Meskipun sistem yang menggunakan refrigeran R22 memiliki kinerja sistem yang paling tinggi akan tetapi sistem tersebut dapat dikatakan tidak hemat energi dan tidak ramah lingkungan [6].

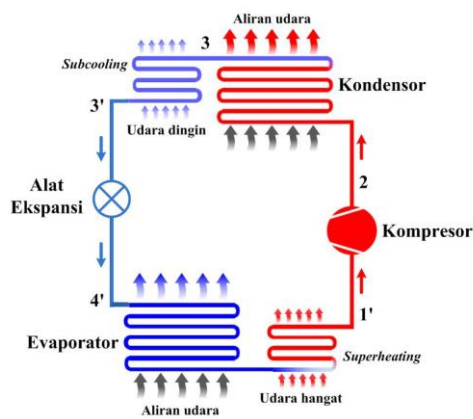
Studi teoritis R32 untuk menggantikan R410A dalam sistem pengkondisian udara dengan variabel penelitian adalah laju aliran massa refrigeran telah dilakukan oleh Yildirim, dkk. Hasil analisis teoritis ini menunjukkan bahwa koefisien kinerja R32 adalah 5% lebih tinggi dalam mode sebagai pemanas dan 6% lebih tinggi dalam mode pendingin daripada R410A. Dengan pertimbangan ini maka dipastikan bahwa R32 dapat digunakan dalam sistem pengkondisian udara sebagai pengganti R410A dalam hal kinerja [7].

Perilaku termodinamika refrigeran R1234yf dan R1234ze(E) di AC *split* yang memiliki aplikasi temperatur evaporasi sedang dan tinggi secara eksperimental diselidiki oleh Oruç dan Devocioğlu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kapasitas pendinginan R1234yf dan R1234ze(E) lebih rendah dibandingkan dengan R22. Di sisi lain, jumlah

konsumsi daya terbesar terjadi pada R22 dan dibandingkan dengan R22, jumlah pengisian refrigeran R1234ze(E) dan R1234yf masing-masing lebih rendah sekitar 16 dan 12%. Pada dasarnya, kapasitas pendinginan dan konsumsi daya dari R1234yf lebih tinggi daripada R1234ze(E), sehingga nilai COP R1234yf lebih rendah daripada R1234ze(E). Dengan demikian, adalah cocok bahwa sistem pengkondisian udara dapat diisi dengan R1234ze(E) sebagai pengganti R22 sejauh COP dipertimbangkan [8].

METODE PENELITIAN

Studi ini menggunakan perangkat lunak *Genetron Properties* versi 1.4.1 yang dapat mensimulasikan dengan baik siklus kompresi uap standar dengan menggunakan refrigeran R32, R1234yf, dan R290. *Genetron Properties* berisi kumpulan program simulasi yang mudah digunakan dan kuat secara numerik [9].

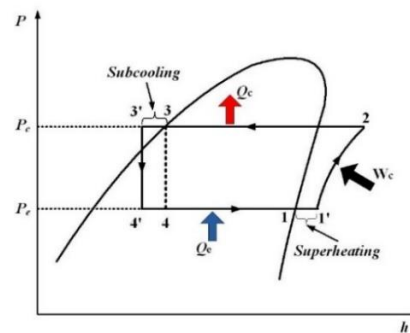


Gambar 2. Skematik siklus kompresi uap dengan *subcooling* dan *superheating*

AC *split* bekerja berdasarkan siklus kompresi uap standar, di mana uap refrigeran diasumsikan memasuki kompresor sebagai uap jenuh, dan cairan refrigeran sebelum memasuki alat ekspansi diasumsikan sebagai cairan jenuh. Pipa yang menghubungkan unit *indoor* dan *outdoor* mengakibatkan uap jenuh refrigeran akan terus menyerap kalor, dan

karenanya menjadi uap *superheated* sebelum mencapai kompresor. Dalam praktiknya, ini dikendalikan oleh alat ekspansi. Pipa penghubung unit *indoor* dan *outdoor* juga akan menyebabkan refrigeran dalam bentuk cairan jenuh akan terus melepaskan kalor, dan menjadi cairan *subcooled* sebelum memasuki alat ekspansi (Gambar 2). *Superheating* dan *subcooling* ini akan meningkatkan efisiensi sistem [10].

Gambar 3 menyajikan perbandingan diagram P-h dan T-s untuk siklus kompresi uap dengan *subcooling* dan *superheating* (1'-2-3'-4'-1') dan siklus kompresi uap jenuh (1-2-3-4-1). Kapasitas pendinginan per unit massa lebih besar untuk siklus *subcooled* dan *superheated* sehingga laju aliran massa refrigeran per unit kapasitas lebih kecil untuk siklus tersebut daripada siklus jenuh. Disamping itu, peningkatan kapasitas pendinginan secara proporsional lebih besar daripada peningkatan kalor kompresi, sehingga COP siklus *subcooled* dan *superheated* lebih tinggi daripada siklus jenuh. Beberapa parameter *cold storage* yang dianalisis dan asumsi yang digunakan disajikan dalam Tabel 1 dan temperatur *subcooling* dan *superheating* yaitu 5 Kelvin.



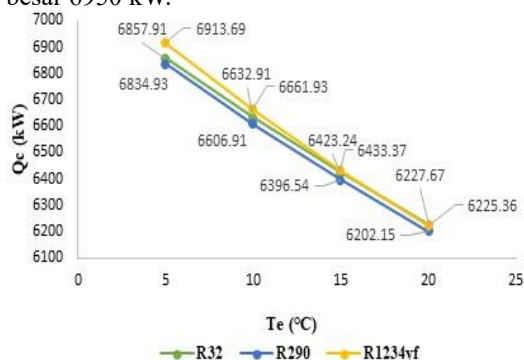
Gambar 3. Diagram P – h

Tabel 1. Parameter analisis dan asumsi

Parameter	Nilai
Kapasitas refrigerasi, Q_E	5,3 kW
Temperatur evaporasi, T_E	5 - 20°C
Temperatur kondensasi, T_C	50°C
Efisiensi isentropik kompresor	0,75
Efisiensi volumetrik kompresor	0,85

HASIL DAN PEMBAHASAN

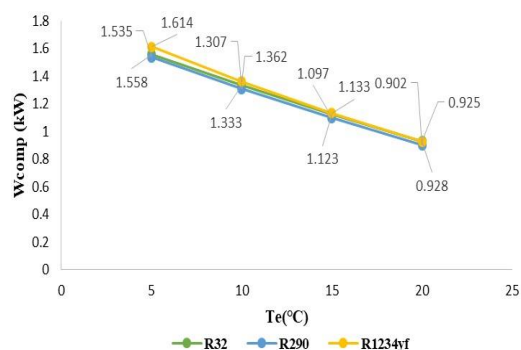
Gambar 4 menyajikan hubungan antara evaporasi terhadap pelepasan kalor di kondensor. Nilai pelepasan kalor diperlukan untuk merancang kondensor, dan menghitung besarnya aliran fluida pendingin kondensor. Terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur evaporasi maka pelepasan kalor di kondensor akan menurun, begitu pun sebaliknya. Pada grafik dapat dibandingkan dari tiga jenis refrigeran pada dua keadaan suhu kondensasi konstan. R1234yf dengan temperatur evaporasinya 20 memiliki nilai kerja kondensor tertinggi dari refrigeran lainnya berkisar 6950 kW dengan R32 dengan temperatur evaporasinya 20 berada dibawahnya berkisar 6850 kW dan pada R290 dengan temperatur evaporasi yang sama yaitu 20 memiliki nilai kerja kondensor terendah berkisar 6800 kW. Hal ini disebabkan nilai entalpi R1234yf lebih besar dibandingkan dengan R32 dan R290, sehingga kalor yang dilepaskan ke udara lingkungan oleh sistem pengondisian udara yang menggunakan R1234yf memiliki nilai tertinggi. Penggunaan R32 akan menghasilkan pelepasan kalor lebih besar 6950 kW.



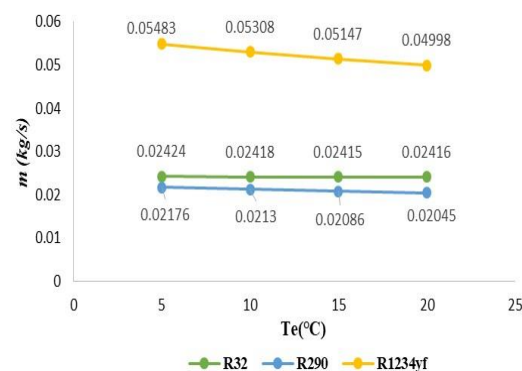
Gambar 4. Perbandingan R32, R290 dan R1234yf terhadap pelepasan kalor di kondensor

Gambar 5 menyajikan penurunan temperatur evaporasi akan sangat berdampak pada konsumsi daya pada kompresor, dimana penurunan temperatur evaporasi akan meningkatkan daya kompresor yang dibutuhkan, begitupun sebaliknya. Dengan

demikian, dapat dikatakan bahwa untuk sistem refrigrasi yang menggunakan *basic cycle* akan membutuhkan dimensi kompresor yang lebih besar. Pada grafik dapat dibandingkan dari tiga jenis refrigeran pada keadaan suhu kondensasi konstan R1234yf dengan temperatur evaporasi 20 memiliki nilai kerja kompresor tertinggi berkisar 1,7 kW, R32 dengan temperatur evaporasi 20 memiliki nilai berkisar 1,5 kW, dan R290 dengan temperatur evaporasi yang sama yaitu 20 memiliki nilai berkisar 1,5 kW. Hal ini juga disebabkan oleh nilai entalpi R1234yf lebih besar dibandingkan R32 dan R290 sehingga daya kompresor yang menggunakan R1234yf akan menjadi lebih besar, Penggunaan R32 akan menghasilkan daya yang sama besar berkisar 1,5 kW begitu juga dengan penggunaan R290.

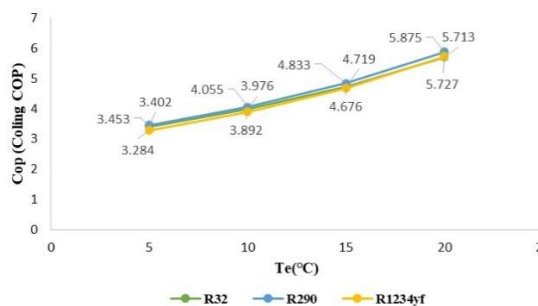


Gambar 5. Perbandingan R32, R290 dan R1234yf terhadap daya kompresor



Gambar 6. Perbandingan R32, R290 dan R1234yf terhadap laju aliran massa

Gambar 6 menyajikan pengaruh variasi temperatur evaporasi terhadap laju aliran massa refrigeran dalam sistem refrigrasi *basic cycle*. Dengan temperatur dipertahankan konstan pada 50°C, terlihat meningkatnya temperatur evaporasi mengakibatkan penurunan laju aliran massa refrigeran dalam sistem, begitupun sebaliknya dan dari sistem refrigrasi *basic cycle* yang ditinjau terlihat bahwa laju aliran massa R32, R290 dan R1234yf di kompresor didalam sistem refrigrasi *basic cycle*. Pada grafik dari tiga jenis refrigeran didapatkan besar kerja laju aliran massa pada R1234yf dengan temperatur evaporasi 20 lebih meningkat dengan besar nilai berkisar 0,055 kg/s dan R32 dengan temperatur evaporasi memiliki nilai sedikit lebih rendah dibawah R290 dengan nilai berkisar 0,025 kg/s dan R290 dengan temperatur evaporasi yang sama yaitu 20 memiliki nilai kerja laju aliran massa lebih rendah dibanding R1234yf dan R32 dengan nilai berkisar 0,02 kg/s.



Gambar 7. Perbandingan R32, R290 dan R1234yf terhadap koefisien prestasi

Gambar 7 menyajikan pengaruh temperatur evaporasi terhadap koefisien prestasi (COP) dari sistem refrigrasi yang ditinjau, dimana terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur evaporasi maka koefisien kinerja sistem makin meningkat, begitupun sebaliknya. Pada grafik dapat dibandingkan dari tiga jenis refrigeran berikut. R290 dengan temperatur evaporasi 20 memiliki nilai kerja terhadap koefisien prestasi tertinggi berkisar 3,5, R32 dengan

temperatur evaporasi 20 memiliki nilai sedikit lebih rendah dibawah R290 berkisar 3,4 dan R1234yf dengan temperatur evaporasi sama yaitu 20 memiliki nilai kerja koefesien prestasi terendah berkisar 3,2. Disini bisa kita lihat bahwa semakin besar koefisien prestasi maka semakin baik kerja suatu mesin pendingin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi kinerja termodinamika AC split, menggunakan refrigeran R32, R290 dan R1234yf maka dapat disimpulkan bahwa, Peningkatan temperatur evaporasi akan sangat berdampak pada meningkatkan konsumsi daya pemompaan, meningkatkan rasio massa, dan COP dalam sistem. Dibutuhkan daya pemompaan yang lebih besar untuk mensirkulasikan R1234yf dibandingkan dengan mensirkulasikan R32 dan R290. Sistem Ac split yang menggunakan R290 memiliki nilai COP yang lebih tinggi dibandingkan dengan R32 dan R1234yf, sehingga pada masa yang akan datang fluida kerja tersebut dapat menjadi salah satu alternatif dalam penggunaan sistem Ac split.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Arismunandar and H. Saito, *Penyegaran udara*, Cetakan ketujuh. Jakarta: Pradnya Paramitha, 2005.
- [2] *Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 41/M-IND/ PER/5/2014 Tentang Larangan Penggunaan Hydrochlorofluorocarbon (HCFC) di Bidang Perindustrian*. 2014. [Online]. Available: www.djpp.kemenumham.go.id
- [3] "Corporate Social Responsibility Report 2014 The Air You Live In Taking the Next-Generation Refrigerant R32 around the World Feature," 2014. Accessed: May 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.responsibilityreports.co>

- m/HostedData/ResponsibilityReport
Archive/d/OTC_DKILF_2014.pdf
- [4] “Genetron Properties”.
- [5] M. Mahendra, M. Adrian, and O. F. Homzah, “Analisa Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin Air Conditioner Kapasitas 2 HP Menggunakan Refrigeran R22, R290 Dan R407c,” *Petra: Jurnal Teknologi Pendingin Dan Tata Udara*, vol. 1, no. 1, pp. 11–19, 2015.
- [6] A. C. Sabatiana and A. B. K. Putra, “Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Perubahan Refrigeran-22 Dengan Musicool-22 Pada Sistem Pengkondisian Udara Dengan Pre-cooling,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [7] C. Yıldırım, D. B. Özkan, and C. Onan, “Theoretical study of R32 to replace R410A in variable refrigerant flow systems,” *International Journal of Ambient Energy*, vol. 39, no. 1, pp. 87–92, 2018.
- [8] V. Oruç and A. G. Devecioğlu, “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*, vol. 40, pp. 1–9, 2018.
- [9] A. Şencan, R. Selbaş, Ö. Kızılkkan, and S. A. Kalogirou, “Thermodynamic analysis of subcooling and superheating effects of alternative refrigerants for vapour compression refrigeration cycles,” *Int J Energy Res*, vol. 30, no. 5, pp. 323–347, 2006.
- [10] S. Sukarman, A. D. Shieddiqie, I. B. Rahardja, A. I. Ramadhan, and Y. Handoyo, “Energy Analysis Of Vapor-Compression Refrigeration (VCR) System,” *International Journal of Scientific & Technology*, vol. 8, no. 09, pp. 1285–1289, 2019.