

ANALISIS EFEK REFRIGERASI DAN DAYA KOMPRESI PADA AIRCOOLED CHILLER MENGGUNAKAN REFRIGERAN R404A SEBAGAI REFRIGERAN ALTERNATIF PENGGANTI R22

Iskandar Dzulkarnaen, Ega Taqwali Berman, Mutaufiq
Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudhi no. 207 Bandung 40154 Tel dan Fax (022) 2020162, Bandung
Email : iskandardz18@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari pengujian kinerja ini adalah untuk mendapatkan data kinerja dari sistem pendingin udara dengan menggunakan refrigerant R404A sebagai refrigerant alternatif untuk R22. Studi ini menggunakan sebuah AC split 9000 BTU yang didesain dengan sistem kerja air cooled chiller. Sistem tersebut disetel sebagai aliran air dengan laju 1 gpm, 1.5 gpm dan 2 gpm dan pengambilan data dimulai ketika temperatur air berada pada kisaran 15 ° C hingga 10 ° C. Data yang diharapkan menunjukkan hasil yang terbaik dari tiga data tersebut adalah pada 1.5 gpm, nilai perbandingan efek refrigerasi dari R404A dibangkitkan yang pada debit 1.5 adalah 49% - 51% lebih rendah jika dibandingkan dengan R22, sementara nilai HP dua kali lebih besar dari HP yang dibangkitkan oleh R22. Karena itu dapat disimpulkan bahwa penggunaan R404A sebagai refrigerant dapat digunakan dengan peningkatan efek refrigerasi sehingga heat yang ditangkap dari lingkungan menjadi lebih baik

Kata Kunci : Air cooled chiller, Test Performa, Refrigerant, R22 dan R404A

A. PENDAHULUAN

Di jaman modern seperti saat ini, kemajuan teknologi sangat berdampak terhadap kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia, misalnya penggunaan *air conditioning* (AC). AC merupakan sebuah alat penyejuk ruangan yang mampu mengkondisikan udara dalam ruangan serta memberikan efek nyaman bagi tubuh (Arjani, 2010). Pada gedung-gedung bertingkat proses pengkondisian udara umumnya dilakukan terpusat pada satu tempat yang disebut AC sentral. Mesin pengkondisian udara ini terdiri dari 2 sistem, yaitu: 1. Unit chiller sebagai unit pendingin, 2. Unit AHU (air handling unit), penggunaan sistem *air conditioning* (AC) pada suatu bangunan gedung dimaksudkan untuk

menciptakan kenyamanan bagi penghuni dan juga menunjang proses produksi pada suatu industri. Keberadaan AC pada suatu bangunan gedung memegang peranan yang sangat vital karena 60% energi listriknya dikonsumsi oleh sistem AC (Hermanto *et al*, 2005). Salah Satu AC sentral yang banyak digunakan oleh gedung-gedung bertingkat adalah jenis *aircooled water chiller* (Aziz *et al*, 2015).

Sistem *air cooled water chiller* membutuhkan fluida yang mudah menyerap dan melepas kalor atau sering disebut sebagai refrigeran. Refrigeran ialah suatu zat yang berupa cairan yang mengalir di refrigerator dan bersirkulasi melalui komponen fungsionalis untuk menghasilkan efek mendinginkan

dengan cara menyerap panas melalui ekspansi dan evaporasi (penguapan). Kelompok refrigeran yang banyak digunakan dan mempunyai aspek lingkungan yang penting adalah refrigeran halokarbon, yaitu refrigeran dengan molekul yang memiliki atom-atom halogen (*fluor* atau *khlor*) dan karbon, menurut Pasek (2005) setiap refrigeran memiliki sifat karakteristik termodinamika yang berbeda, yang akan mempengaruhi efek refrigerasi dan daya teoritis dari refrigeran itu sendiri, pada umumnya refrigeran yang digunakan untuk unit AC sentral adalah refrigeran R22, (Wilis, 2011). Dimana R22 memiliki senyawa berupa *hydrochloroflourocarbon*. Namun dewasa ini senyawa jenis *hydrochloroflourocarbon* diduga menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur bumi yang dirasakan dampaknya oleh seluruh penduduk bumi. Menurut Berman (2015) Peningkatan permasalahan lingkungan saat ini yang meliputi pemanasan global, penipisan lapisan ozon, dan pemborosan energy disebabkan oleh penggunaan senyawa jenis *hydrochloroflourocarbon*. Untuk mengantisipasi hal ini, maka pemakaian serta produksi zat-zat yang dapat menimbulkan kerusakan lapisan ozon ini mulai dilarang secara nasional maupun internasional, terutama setelah ditetapkannya Konvensi Wina 1985 yang ditindaklanjuti dengan Protokol Montreal 1987. Pemerintah Indonesia meratifikasinya dengan menerbitkan Keppres No. 23 pada tanggal 13 Mei 1992 serta ditindaklanjuti dengan Kep.Memperindag No 110/MPP/Kep/1/1998 dan No.111/MPP/Kep/1/1998 tentang pelarangan memproduksi dan memperdagangkan zat-zat yang dapat merusak lapisan ozon. Sebagai tindak lanjut dari larangan ini, baik kalangan industri, perguruan tinggi ataupun lembaga penelitian lainnya, mulai melakukan penelitian untuk mencari zat

pengganti bahan-bahan yang dapat merusak lapisan ozon atau meningkatkan performansi zat-zat yang telah diyakini dapat menggantikan fungsi dari zat-zat yang dapat merusak lapisan ozon. Salah satu refrigeran halokarbon yang selama ini banyak digunakan yaitu R22. Sampai dengan saat ini penelitian mencari refrigeran alternatif pengganti refrigeran R22 telah mengalami peningkatan yang cukup berarti.

Secara resmi importing bahan R22 ini akan dilarang masuk ke pelabuhan pada 31 Desember 2020. Dengan larangan ini, masyarakat akan kesulitan ketika R22 sudah tidak diperbolehkan masuk, khususnya dalam hal pemeliharaan. Sehingga sangat penting untuk menemukan refrigeran pengganti sebagai alternatif untuk menggantikan refrigeran R22.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan AC *split* 1pk yang di *desain* dengan sistem kerja menyerupai sistem *air cooled chiller*, data yang diambil meliputi tekanan, suhu dan ampere, dan lalu diolah sehingga mendapatkan nilai efek refrigerasi dan daya teoritis. Nilai efek refrigerasi penting karena menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi unjuk kerja sistem pendingin (saiful, 2005). Sedangkan nilai daya teoritis akan mempengaruhi biaya listrik yang akan dipakai.

Sudah sangat banyak penelitian yang dilakukan unyuk mencari pengganti refrigeran R22. Halim (2016) menggunakan MC-22 untuk menggantikan R22 memaparkan bahwa penggunaan listrik pada R22 lebih kecil, namun koefisien MC22 bisa lebih tinggi, penelitian Subriba (2013) didapatkan dari studi eksperimen ini adalah dengan bertambahnya laju pengeluaran kalor pada kondensor *High Stage*, temperatur dan tekanan kondensor *High Stage* semakin kecil yang mengakibatkan efek refrigerasi, kapasitas refrigerasi, dan koefisien prestasi akan semakin naik.

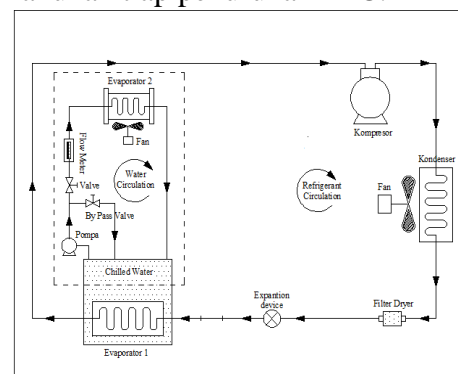
Sehingga refrigeran R404 dapat digunakan sebagai alternatif untuk R22 pada sistem AC High Stage.

B. METODOLOGI

Pengujian dilakukan di *workshop* RTU FPTK UPI, Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Pendidikan Teknik dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Peralatan dibagi menjadi 2 yaitu: Alat dan bahan, untuk alat penelitian ini menggunakan alat mekanik dan alat kelistrikan, peralatan mekanik meliputi *Trainer air cooled water chiller*, pompa vakum, *refrigerant scale*, *Manifold gauge*(Refco), pompa air (Wasser) dan *flow meter* (Mueller) Sedangkan untuk peralatan kelistrikan penelitian ini menggunakan tang ampere dan termometer. Bahan yang digunakan pada penilitan ini peneliti menggunakan refrigeran R404A, oli refrigeran dan air yang digunakan untuk bak penampung evaporator.

Instrumen penelitian disusun berdasarkan parameter data yang meliputi: laju aliran air dingin, temperatur air dingin (refrigeran sekunder), tekanan suction dan discharge dari refrigeran primer, arus listrik pada kompresor, dan waktu pendinginan. Data temperatur air dingin (refrigeran sekunder) diambil mulai pada temperatur 15°C dengan asumsi mesin pendingin sudah dalam keadaan steady. Kemudian penurunan suhu air diamati setiap 1°C sampai temperatur air dingin mencapai 10°C. Laju aliran air pendingin diatur sesuai dengan kapasitas pompa yang dipakai yaitu berada pada kisaran nilai 1 gpm, 1.5 gpm dan 2 gpm. Gambar 1 menunjukkan skema instalasi alat pengujian performa sistem air cooled chiller. Pengujian dilakukan pada satu unit air conditioner wall mounted split kapasitas 9000 BTU

yang dimodifikasi menjadi air cooled chiller dan laju aliran air yang mengalir ke koil pendingin diatur dengan cara mengatur bukaan katup dan diukur melalui flow meter. Parameter data yang diperlukan yaitu meliputi: laju aliran air dingin, temperatur air dingin (refrigeran sekunder), tekanan suction dan discharge dari refrigeran (refrigeran primer) yang diperoleh dengan cara pengamatan pada alat uji. Pengambilan data dilakukan dengan kondisi normal pada saat sistem dalam kondisi steady yaitu ketika temperatur air T 15° C sampai dengan temperatur T 10° C dan fluida kerja yang digunakan sebagai refrigeran primer adalah R404A. Tahapan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pertama melakukan kalibrasi semua alat ukur yaitu thermometer, pressure gauge dan flow meter. Selanjutnya, proses vakum dan cek kebocoran sistem AC dan dilanjutkan dengan pengisian refrigeran ke dalam sistem AC. Setelah itu, mencatat temperatur lingkungan saat pengujian dilakukan. Berikutnya, mengoperasikan pompa dan mengatur laju aliran air pendingin yang akan dialirkan ke evaporator. Sesudah itu, menghidupkan sistem untuk mulai proses pengujian yang dilakukan pada saat temperatur air mencapai 15° C hingga 10° C di mana pengamatan dilakukan tiap penurunan 1° C.



Gambar 1. Skema Instalasi Sistem Air Cooled Chiller

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Efek refrigerasi

Tabel 1 Nilai RE pada pengujian Sistem Air Cooled yang Menggunakan R404A dan R22

Debit air	Refrigeran	Temperatur air dingin (C)					
		15	14	13	12	11	10
1 gpm	R22	60,75	60,75	60,75	61,11	61,46	61,46
	R404A	38,97	38,87	39,17	39,17	39,1	39,46
1,5 gpm	R22	62,94	63,32	63,32	63,7	63,7	64,08
	R404A	41,49	41,37	41,27	42,23	42,73	42,73
2 gpm	R22	62,42	62,28	62,28	62,13	62,13	61,97
	R404A	37,69	38,27	41,72	41,62	42,19	42,16

Pada debit air 1 gpm yang ditunjukkan pada tabel 1, menggambarkan nilai efek refrigerasi dari dua refrigeran pada sistem air cooled chiller. Pada kondisi menggunakan refrigeran R22, nilai efek refrigerasi pada temperatur 15°C adalah 60,75 Btu/lb, kemudian terjadi kenaikan pada temperatur 12°C dan 11°C masing-masing 61,11 Btu/lb dan 61,46 Btu/lb, selanjutnya pada temperatur 10°C nilainya tetap pada 61,46 Btu/lb. Pada kondisi sistem menggunakan refrigeran R404A, nilai efek refrigerasi pada temperatur 15°C adalah 38,97 Btu/lb, kemudian terjadi penurunan nilai efek refrigerasi pada temperatur 14°C sebesar 38,87 Btu/lb. Selanjutnya pada temperatur 13°C dan 12°C terjadi kenaikan menjadi 39,17 Btu/lb. Dan pada suhu 10°C naik menjadi 39,46 BTU/lb.

Pada debit 1.5 gpm, nilai efek refrigerasi dari dua refrigeran pada sistem *air cooled chiller*. Pada refrigeran R22, nilai efek refrigerasi pada temperatur 15°C adalah 62,94 Btu/lb. Kemudian pada temperatur berikutnya nilai efek refrigerasi meningkat menjadi 63,32 Btu/lb, selanjutnya pada temperatur 12°C meningkat menjadi 63,70 Btu/lb dan pada temperatur 10°C terjadi kenaikan

kembali menjadi 64,08 Btu/lb. Pada kondisi sistem menggunakan refrigeran R404A, nilai efek refrigerasi pada temperatur 15°C sebesar 60,41 Btu/lb, lalu pada temperatur berikutnya nilai efek refrigerasi mengalami penurunan sampai akhirnya pada temperatur 10°C nilai efek refrigeasi senilai 59,96 Btu/lb.

Pada debit 2 gpm, nilai efek refrigerasi dari dua refrigeran pada sistem *air cooled chiller*. Pada refrigerant R22, nilai efek refrigerasi pada temperatur 15°C sebesar 62,42 Btu/lb, kemudian pada temperatur 12°C terjadi penurunan nilai menjadi 62,13 Btu/lb, kemudian terjadi penurunan kembali pada temperatur 10°C menjadi 61,97 Btu/lb. Pada refrigeran R404A, nilai efek refrigerasi pada temperatur 15°C sebesar 60,25 Btu/lb, kemudian pada temperatur berikutnya nilai efek refrigerasi mengalami sedikit kenaikan nilai, kemudian terjadi penurunan pada temperatur 12°C menjadi 60,11 Btu/lb, kemudian terjadi penurunan nilai kembali pada temperatur 11°C menjadi 59,80 Btu/lb, kemudian pada 10°C terjadi kenaikan nilai menjadi 59,96 Btu/lb.

Pada tabel 1, menunjukkan perbandingan nilai efek refrigerasi masing-masing pada debit 1 gpm, 1.5 gpm dan 2 gpm dengan dua media fluida

yaitu menggunakan refrigerant R22 dan refrigeran R404A. Secara keseluruhan, nilai efek refrigerasi sistem air cooled chiller dengan menggunakan refrigeran R404A lebih kecil daripada menggunakan refrigeran R22. Hal ini disebabkan penggunaan refrigeran R404A pada sistem yang menghasilkan rasio tekanan *discharge* dan *suction* yang lebih kecil, menyebabkan kerja kompresi yang mengkompresikan uap

dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi menjadi lebih pendek. Hasil tersebut akan memberikan kontribusi pada konsumsi energi kompresor yang menjadi lebih besar.

Hasil dari data analisis efek refrigerasi diatas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R_e = h_2 - h_1$$

2. Analisis Daya Teoritis (hp)

Tabel 2. Nilai Daya Teoritis Kompresor pada pengujian Sistem Air Cooled yang Menggunakan R404A dan R22

Debit air	refrigeran	Temperatur air dingin (C)					
		15	14	13	12	11	10
1 gpm	R22	1,15	1,15	1,15	1,14	1,13	1,13
	R404A	2,5	2,52	2,59	2,59	2,6	2,57
1,5 gpm	R22	1,02	1	1	0,98	0,98	0,97
	R404A	2,27	2,29	2,31	2,29	2,24	2,24
2 gpm	R22	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,09
	R404A	2,91	2,82	2,23	2,25	2,28	2,3

Pada tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai daya kompresor dengan dua refrigeran yaitu dengan menggunakan refrigeran R22 dan refrigeran R404A pada debit 1 gpm. Pada kondisi menggunakan refrigerant R22, nilai daya kompresor pada temperatur 15°C sebesar 1,15 hp, kemudian pada temperatur 14°C sampai 13°C mengalami kondisi nilai yang tetap pada 1,15 hp, selanjutnya pada 10°C mengalami penurunan nilai menjadi 1,13 hp. Pada kondisi sistem menggunakan refrigeran R404A, nilai daya kompresor pada temperatur 15°C senilai 2,50 hp, dan terus mengalami kenaikan hingga temperatur 11°C mencapai 2,59 hp penurunan terjadi pada temperatur 10°C mencapai 2,57 hp, . Nilai daya kompresor dengan debit 1 gpm dengan kondisi metode menggunakan refrigeran R404A lebih besar dibandingkan pada refrigeran R22, hal ini dikarenakan turun dan naiknya nilai kerja kompresi (wk)

dan berat refrigeran yang disirkulasikan juga mengalami penurunan seiring turunnya temperatur beban pendinginan setiap 1°C.

Pada debit 1.5 gpm dengan menggunakan refrigeran R22, nilai daya kompresor pada temperatur 15°C sebesar 1,02 hp, kemudian pada temperatur berikutnya mengalami sedikit penurunan hingga temperatur 10°C nilai daya kompresor sebesar 0,97 hp. Pada kondisi sistem menggunakan refrigeran R404A, nilai daya kompresor pada temperatur 15°C sebesar 2,27 hp, kemudian pada temperatur berikutnya naik perlahan dan mengalami penurunan pada temperatur 11°C dan 10°C sebesar 2,24 hp. Nilai daya kompresor dengan debit 1.5 gpm pada kondisi metode menggunakan refrigeran R404A lebih besar dibandingkan pada refrigeran R22, hal ini dikarenakan turun dan naiknya nilai kerja kompresi (wk) dan berat refrigeran yang disirkulasikan juga mengalami penurunan

seiring turunnya temperatur beban pendinginan setiap 1°C.

Pada debit 2 gpm dengan menggunakan refrigeran R22, nilai daya kompresor pada temperatur 15°C sebesar 1,05 hp. Kemudian pada temperatur berikutnya nilai daya kompresor naik perlahan sampai temperatur 11°C menjadi 1,07 hp, kemudian pada temperatur 10°C terjadi kenaikan kembali menjadi 1,09 hp. Pada kondisi sistem menggunakan refrigeran R404A, nilai daya kompresor pada temperatur 15°C sebesar 2,91 hp, kemudian mengalami penurunan sampai pada temperatur 13°C sebesar 2,23 hp, selanjutnya pada temperatur berikutnya mengalami kenaikan nilai yaitu sebesar 2,27 hp, kemudian pada temperatur berikutnya sampai temperatur 10°C mengalami penurunan kembali menjadi 2,3 hp. Nilai daya kompresor dengan debit 2 gpm pada kondisi metode menggunakan refrigeran R404A lebih besar dibandingkan dengan menggunakan refrigeran R22, hal ini dikarenakan turun dan naiknya nilai kerja kompresi (wk) dan berat refrigeran yang disirkulasikan juga mengalami penurunan seiring turunnya temperatur beban pendinginan setiap 1°C.

Hasil dari data analisis daya teoritis diatas dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$hp = \frac{m \times (h_3 - h_2)}{42,42}$$

D. KESIMPULAN

Penelitian uji kinerja sistem *aircooled chiller* menggunakan refrigeran R404A sebagai refrigeran alternatif pengganti R22 telah selesai dilaksanakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai perbandingan efek refrigeran (RE) dan daya teoritis (HP) refrigeran R404A dihasilkan bahwa pada debit air 1,5 gpm nilai yang dihasilkan lebih baik jika dibandingkan dengan 1 gpm dan 2 gpm dengan perbandingan 1,36% hingga 8,28% lebih tinggi untuk RE, dan 2,84% hingga 12,7% lebih rendah untuk HP. Sedangkan jika

dibandingkan dengan R22 dapatkan hasil bahwa nilai RE, dan HP pada sistem *air cooled chiller* dengan debit air yang sama menunjukkan nilai yang lebih baik daripada nilai yang dihasilkan pada *aircooled chiller* yang menggunakan R404A, dengan perbandingan 40% hingga 51% untuk RE dan 2 kali lebih baik dari R404A untuk HP.

DAFTAR PUSTAKA

- Arjani I (2010). Kualitas Udara Dalam Ruangan Kerja. *Jurnal Skala Husada*. 8(2), Hlm 178-183.
- Aziz A, Harianto J, Mainil A (2015). Performansi Modular Chiller Kapasitas 120 Tr. *Jurnal Mekanikal*, 6(1),Hlm 532-539
- Berman, E., Hasan, S. (2015) Efek Penggunaan Refrigeran Alami Pada Refrigerator Domestik Sebagai Usaha Mengurangi Dampak Pemanasan Global dan Penipisan Lapisan Ozon. *Jurnal Torsi*: 8 (1).
- Berman, E.T, Setiawan, A., Hasan, S., and Mutaufiq. (2016). Effect of Installation of a T-junction on The Performance of an Air-Conditioning System. Proceedings of 4th UPI International Conference on Technical and Vocational Education and Training. 15-16 November 2016,Bandung, Indonesia. ISBN 978-1-138-05419-6.
- Halim, M.. (2015) Analisa Refrigerant Musicool Mc-22 Sebagai Pengganti Freon R-22 Pada Sistem Pendingin Ac Split 1 PK. *Jurnal politeknik negeri samarinda*, 5(1).
- Hermanto, A., Suwono A., Abdurrachim Pasek A.D., (2005). Pengembangan Metode Simulasi Sistem Pengkondisian Udara Energi Surya. *Jurnal Teknik Mesin*, (20),2.
- Pasek, D. (2006). Modul Pelatihan Untuk Teknisi Bengkel AC Mobil. Jakarta: Lingkungan Hidup

Subrida, F (2005). Studi Variasi Laju Pengeluaran Kalor Kondensor High Stage Sistem Refrigerasi Cascade Menggunakan Refrigeran MC22 dan R404A dengan Heat Exchanger Tipe Concentric Tube. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), Hlm 90-94.

Syaiful.,(2005) Unjuk Kerja Sistem Air-Cooled Chiller Dengan Evaporator

Jenis Spiral Menggunakan Refrigeran HCR-22. *Jurnal rotasi*,7(2), Hlm 11-15

Wilis, G (2011). Penggunaan Refrigeran R-2 dan R-134A pada Mesin Pendingin.

