

Rancang Bangun Mesin Refrigerant Recovery untuk Meningkatkan Efisiensi R-22 pada Praktikum Sistem Refrigerasi

Fathurahman, Isworo Djati, Mujiraharjo

Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Corresponding Author : fathurahman@ugm.ac.id

Received: 26th November 2022; Revised: 25th January 2023; Accepted: 26th December 2022;

Available online: 12th January 2023; Published regularly: January 2023

Abstract

Vocational College required a lot of practice. The practice of Refrigeration System, one of practice is charging refrigerant and vacuuming the refrigeration system. Because it was carried out by several groups, what happened was that the refrigerant that had been put into the system was wasted during the process of vacuuming the other groups. This causes an impact on the environment and the health and safety of the practitioner. The type of refrigerant used by the practitioner is the type of HCFC-22 or R-22, which has begun to be limited in use because it is less friendly to the environment and causes damage to the ozone layer on earth. One of the efforts to overcome the large amount of refrigerant that is released into the environment is to manufacture a refrigerant recovery device. This tool is used to take refrigerant from the system into the recovery tube prior to the practice of vacuuming, so as to minimize the wasting of refrigerant into the surrounding air. This study aims to determine how efficient the use of refrigerant is in the Refrigeration System practicum using a refrigerant recovery device. The method used is to compare the amount of refrigerant that enters and leaves during the vacuum process, with and without a refrigerant recovery device. From the results of the research, the efficiency values of refrigerant saving for practice using refrigerant recovery tools were 65.22%; 65.00%; 66.67%; 77.78% and 88.24%. So it can be concluded that the use of refrigerant recovery is able to save the use of refrigerant in the practice of the Refrigeration System.

Key Words : Refrigerant, R-22, recovery, ozone layer, HCFC

Abstrak

Dalam menuntut ilmu di Sekolah Vokasi dituntut untuk banyak melakukan praktek. Pada praktikum Sistem Refrigerasi salah satu jenis praktek yang dilakukan adalah pengisian refrigerant dan pemvakuman sistem refrigerasi. Karena dilakukan oleh beberapa kelompok maka yang terjadi adalah refrigerant yang sudah dimasukkan kedalam system ikut terbuang pada saat proses pemvakuman kelompok yang lain. Hal ini menyebabkan banyaknya refrigerant yang terbuang ke udara bebas sehingga berdampak terhadap lingkungan dan kesehatan dan keselamatan kerja para praktikan. Jenis refrigerant yang digunakan oleh praktikan adalah jenis HCFC-22 atau yang dikenal dengan nama R-22, dimana jenis refrigerant ini sudah mulai dibatasi penggunaannya karena kurang ramah terhadap lingkungan terutama ikut serta dalam menyumbang kerusakan lapisan ozon dimuka bumi. Salah satu upaya untuk mengatasi banyaknya refrigerant yang terlepas ke udara bebas adalah dengan pembuatan atau rancang bangun alat refrigerant recovery. Alat ini digunakan untuk mengambil refrigerant dari system ke dalam tabung recovery sebelum dilakukan praktek pemvakuman, sehingga dapat meminimalisir terbuangnya refrigerant ke udara sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa tingkat efisiensi penggunaan jumlah refrigerant dalam praktikum Sistem Refrigerasi dengan menggunakan alat refrigerant recovery. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan jumlah refrigerant yang masuk dan keluar pada saat proses pemvakuman, dengan dan tanpa alat refrigerant recovery. Dari hasil penelitian diperoleh nilai efisiensi penghematan refrigerant untuk praktik dengan menggunakan alat refrigerant recovery sebesar

65,22%;65,00%;66,67%;77,78% dan 88,24%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan refrigerant recovery mampu menghemat penggunaan refrigerant dalam praktik Sistem Refrigerasi.

Kata Kunci : *Refrigerant, R-22, recovery, lapisan ozon, HCFC*

PENDAHULUAN

Laboratorium Perawatan Mesin Industri adalah salah satu laboratorium yang berada di Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Salah satu materi praktikum yang ada di laboratorium tersebut adalah Praktikum Sistem Refrigerasi. Teknologi refrigerasi mempunyai peran yang sangat penting dalam peningkatan kualitas kenyamanan hidup manusia (Choudari and Sapali, 2017). Pada praktikum ini mahasiswa melakukan praktik perawatan dalam perbaikan alat-alat sistem refrigerasi salah satunya adalah alat pengkondisi udara/*Air Conditioning* (AC) dengan jenis AC Split. Pengisian refrigerant ini berpengaruh terhadap pendinginan yang dihasilkan oleh AC (Yusof *et al*, 2018). Pada saat praktik pengisian refrigerant dan pemvakuman sistem refrigerasi, banyak refrigerant yang terbuang ke udara bebas. Selain mencemari lingkungan dan dapat mengakibatkan efek yang tidak baik untuk kesehatan, banyaknya refrigerant yang terlepas ke udara bebas ini juga membuat penggunaan refrigerant menjadi tidak efisien. Saat berhubungan dengan refrigerant, keselamatan pribadi dan orang lain sangatlah penting. Sehingga petugas laboratorium ataupun praktikan harus melaksanakan peraturan yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja pada saat berada di laboratorium.

Jenis refrigerant yang digunakan untuk praktikum adalah R-22. Jenis Refrigerant yang mengandung CFC dan CFHC menyebabkan pemanasan global dan penipisan lapisan ozon, serta berdampak tidak baik terhadap lingkungan (Dashtebayaz *et al*, 2021; Wang *et al*, 2006). Potensi pemanasan global (GWP) R-22 adalah 1760 (Shaik *et al*, 2017), angka ini cukup besar pengaruhnya terhadap pemanasan global di dunia. Untuk menekan penggunaan BPO di Indonesia, Menteri Perindustrian Republik Indonesia mengeluarkan peraturan Nomor: 41/M-IND/PER/5/2014 yang berisi mengenai pelarangan pemakaian senyawa kimia *hydrochlorofluorocarbon* (HCFC) yang berpotensi dapat menyebabkan kerusakan molekul ozon yang ada di lapisan stratosfer. Mulai 1 Januari 2015, HCFC jenis HCFC-22 (R-22) dan HCFC-141b dilarang pemakaiannya di negara-negara berkembang dan diganti dengan HFC-32 (R-32). Secara bertahap yang dilarang mulai awal 2015 adalah pembuatan alat yang menggunakan zat yang mengandung CFC dan HCFC. Pada tahun 2030 sudah tidak ada lagi produk-produk pendingin udara yang menggunakan HCFC termasuk R-22 (Hundy *et al.*, 2016, Shaik *et al*, 2017).

Banyak penelitian yang mencari alternative refrigerant sebagai pengganti R22 diantaranya, menggunakan campuran *Eco friendly Refrigerant* (Shaik *et al*, 2017), *Natural Refrigerant* R290 (Choudari *et al*, 2017), R404A and R507 refrigerants (Bolaji, 2011), R407C refrigerants (Kasera, 2017) dan masih banyak yang lainnya. Tetapi karena refrigerant alternative tersebut masih jarang dipasaran maka dalam praktikum ini masih menggunakan refrigerant jenis R-22.

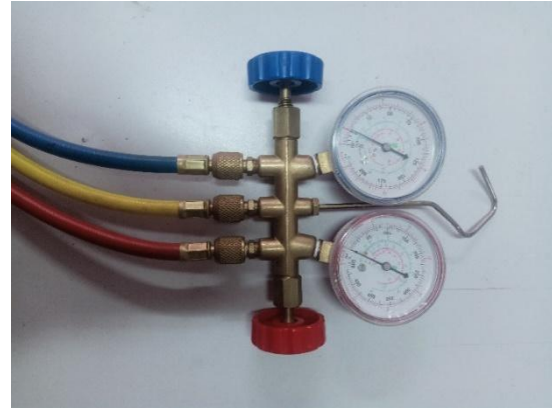
Pemvakuman dan pengisian refrigerant adalah salah satu proses yang dipelajari dalam praktikum refrigerasi. Karena praktikum ini terdiri dari beberapa kelompok, maka proses pemvakuman dan pengisian refrigerant terjadi berulang-ulang, sehingga banyak refrigerant yang keluar ke udara bebas. Jika refrigerant yang dapat dikembalikan lebih banyak, maka *greenhouse gas* yang terlepas ke atmosfer akan semakin kecil (Park *et al*, 2019). Refrigerant yang disimpan dalam tabung recovery dapat digunakan kembali untuk praktikum sehingga tidak banyak yang terbuang. Untuk meminimalisir jumlah refrigerant ke udara bebas, maka dibuat mesin recovery refrigerant yang berfungsi sebagai alat untuk memindahkan refrigerant dari sistem ke dalam tabung recovery. Selain pencemaran refrigerant ke lingkungan dapat diminimalisir, dengan alat ini diharapkan juga dapat menghemat jumlah refrigerant untuk praktikum sehingga lebih efisien.

BAHAN DAN METODE

Beberapa peralatan yang digunakan adalah AC Split Training Unit yang ditunjukkan pada Gambar 1, Manifold gauge ditunjukkan pada Gambar 2, vacuum pump ditunjukkan pada Gambar 3, charging meter ditunjukkan pada Gambar 4 dan mesin recovery refrigerant ditunjukkan pada Gambar 5. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah refrigerant jenis HCFC-22 atau yang dikenal dengan R-22 yang ditunjukkan pada Gambar 6. Untuk mengembalikan refrigerant dari system, digunakan tabung khusus untuk recovery seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 1. AC split training unit



Gambar 2. Manifold gauge



Gambar 3. Vacuum pump



Gambar 4. Charging meter



Gambar 5. Alat *refrigerant recovery*



Gambar 6. Tabung refrigerant R-22



Gambar 7. Tabung *refrigerant recovery*

Berat refrigerant yang masuk ke sistem (W_{R1}) dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan berat refrigerant yang dapat dikembalikan ke dalam tabung (W_{R2}) dihitung dengan menggunakan persamaan 2. Perhitungan jumlah refrigerant dengan menggunakan charging meter dalam satuan kilogram (kg). Nilai efisiensi penggunaan refrigerant adalah berat refrigerant yang dapat dikembalikan ke tabung recovery dibagi dengan berat refrigerant yang masuk ke system dan dikalikan dengan 100% seperti ditunjukkan pada persamaan 3.

$$W_{R1} = W_{T1} - W_{T2} \quad (1)$$

Dimana, W_{R1} = Berat refrigerant yang masuk ke system
 W_{T1} = Berat tabung refrigerant sebelum pengisian
 W_{T2} = Berat tabung refrigerant setelah pengisian

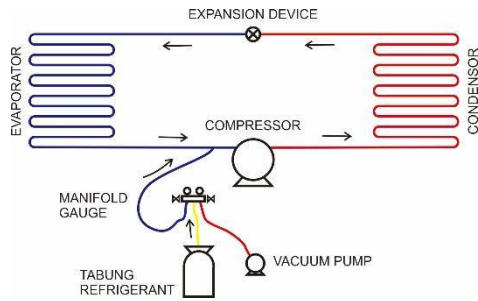
$$W_{R2} = W_{T2} - W_{T1} \quad (2)$$

Dimana, W_{R2} = Berat refrigerant yang masuk ke dalam tabung recovery
 W_{T1} = Berat tabung refrigerant sebelum pengisian
 W_{T2} = Berat tabung refrigerant setelah pengisian

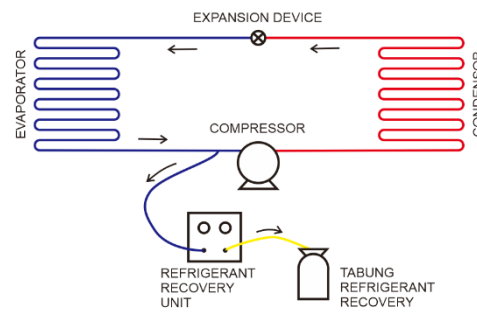
$$\text{Efisiensi, } \eta = \frac{W_{R2}}{W_{R1}} \times 100\% \quad (3)$$

Proses pengisian refrigerant kedalam system dapat dilihat pada Gambar 8. Sebelum proses pengisian, system divakum terlebih dahulu. Tabung refrigerant R22, ditimbang dengan menggunakan charging meter, kemudian kita hentikan pengisian ketika temperatur di pipa evaporator mencapai 18-20°C dan dibatasi maksimal 0,37 kg sesuai dengan yang ada di *name plate* pada alat peraga AC Split.

Untuk proses pengembalian refrigerant kedalam tabung *recovery* dengan menggunakan *refrigerant recovery unit* dapat dilihat pada Gambar 9. Tabung recovery ditimbang sebelum dan sesudah dimasuki refrigerant dengan alat charging meter, sehingga dapat diketahui berat refrigerant yang dapat dikembalikan ke tabung.



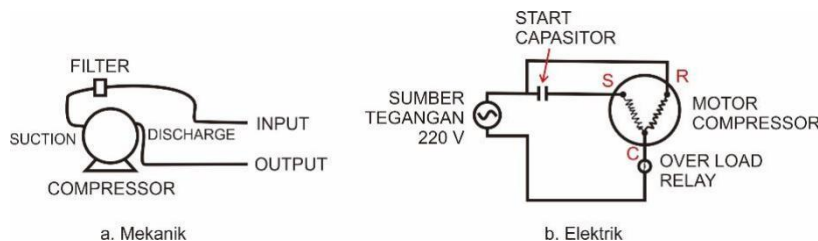
Gambar 8. Proses pengisian refrigerant



Gambar 9. Proses pengembalian refrigerant dengan alat *refrigerant recovery*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat *Refrigerant recovery* ini menggunakan kompresor dengan daya 1PK. Prinsip kerjanya adalah refrigerant dalam bentuk gas melalui sisi hisap (*suction*) kompresor pada system dihisap masuk ke kompresor yang ada dalam alat *refrigerant recovery*, kemudian keluarannya dikompresikan ke dalam tabung recovery. Skema komponen alat *refrigerant recovery* mekanik dan elektrik dapat dilihat pada Gambar 10.



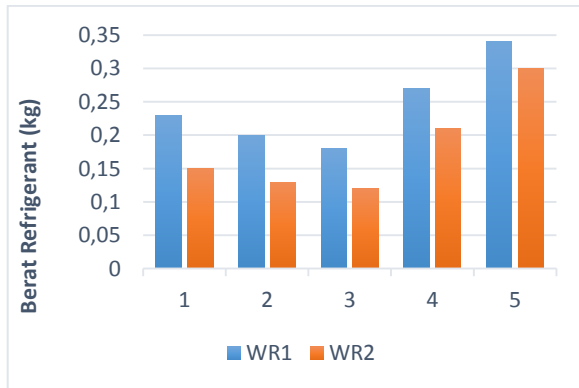
Gambar 10. Komponen mekanik dan elektrik dalam alat *Refrigerant recovery*

Pengambilan data dilakukan oleh mahasiswa yang sedang praktikum. Ada 5 kelompok yang melakukan praktik pengisian refrigerant dan memasukkan kembali refrigerant kedalam tabung recovery sebelum digunakan untuk praktik pemvakuman. Dari percobaan diperoleh hasil berat refrigerant yang masuk ke sistem dan berat refrigerant yang masuk ke tabung recovery. Dari data hasil dapat dihitung efisiensi penggunaan refrigerant yaitu berat refrigerant yang dapat dikembalikan ke tabung recovery dibagi dengan berat refrigerant yang masuk ke sistem dan dikalikan 100%. Data hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil percobaan berat refrigerant ke sistem, berat *refrigerant recovery* dan efisiensi refrigerant.

Percobaan	W_{R1} (kg)	W_{R2} (kg)	Efisiensi η (%)
1	0,23	0,15	65,22
2	0,2	0,13	65,00
3	0,18	0,12	66,67
4	0,27	0,21	77,78
5	0,34	0,3	88,24
Rata-rata			72,58

Grafik dari data hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 12. Dari 5 data hasil percobaan dapat dihitung rata-rata efisiensi dari Alat *Refrigerant Recovery* ini adalah 72,58%. Pengambilan data dan penggunaan alat *refrigerant recovery* oleh praktikan/mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12. Grafik hasil percobaan berat refrigerant ke sistem dan berat *refrigerant recovery*.



Gambar 13. Pengambilan data dan penggunaan alat *refrigerant recovery* oleh praktikan.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan data percobaan, diperoleh efisiensi antara 65% sampai 88% penggunaan refrigerant dalam praktikum sistem refrigerasi di Departemen Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Jika dihitung dari rata-rata dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan alat *refrigerant recovery* ini mampu menghemat 72,58%. Selain dari penghematan bahan, efek pelepasan refrigerant R-22 ke lingkungan dapat diminimalisir. Dengan sedikitnya refrigerant yang terlepas ke lingkungan, dampak buruk terhadap kesehatan praktikan juga berkurang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang telah berkenan memberikan dana untuk pembuatan alat *Refrigerant Recovery* untuk digunakan di Laboratorium Perawatan Mesin Industri Departemen Teknik Mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Bolaji, B.O., 2011. Performance investigation of ozone-friendly R404A and R507 refrigerants as alternatives to R22 in a window air-conditioner Energy and Buildings. 43(11).3139-3143.
- Choudari, C.S., Sapali, S.N., 2017. Performance Investigation of Natural Refrigerant R290 as a Substitute to R22 in Refrigeration Systems. Energy Procedia 109 (2017) 346 – 352.
- Dashtebayaz, M.D., Sulin, A., Ryabova, T., Sankina, I., Farahnak, M., Nazari, R., 2021. Energy, exergoeconomic and environmental optimization of a cascade refrigeration system using different low GWP refrigerants. Journal of Environmental Chemical Engineering. 9, 106473.
- Farash A. P., Windy H. M., Muhamad A. F., Wirenda S. A., 2021, Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32, R22 & R1270 Menggunakan REFPROP, Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung.
- Haris, R., Cappenberg, 2018, Uji Prestasi Refrigeran R22 Pada Mesin Pendingin Kompresi Uap dengan Metode Pengujian Aktual Dan Simulasi, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi terbit II

- Hundy, G.H., Trott, A.R., Welch T.C., 2016. Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps. Fifth Edition. 45-46.
- Kasera, S., Bhaduri, S.C., 2017. Performance of R407C as an Alternate to R22: A Review, Energy Procedia. 109, 4-10.
- Park, J., Jung, I., Choi, W., Cho, S.O., Han, S.W., 2019. Greenhouse gas emission offsetting by refrigerant recovery from WEEE: A case study on a WEEE recycling plant in Korea. Resources, Conservation and Recycling 142(2019), 167-176.
- Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 41/M-IND/PER/5/2014 tentang Larangan Penggunaan *Hydrochlorofluorocarbon* (HCFC) di Bidang Perindustrian.
- Shaik, S.V., Ashok Babu, T.P., 2017. Thermodynamic Performance Analysis of Eco friendly Refrigerant Mixtures to Replace R22 Used in Air conditioning Applications. Energy Procedia 109, 56 – 63.
- Shaik, S.V., Ashok Babu, T.P., 2017. Theoretical Performance Investigation of Vapour Compression Refrigeration System Using HFC and HC Refrigerant Mixtures as Alternatives to Replace R22. Energy Procedia 109 (2017) 235 – 242.
- Urip, P., Nasyith, A., 2022, Alternatif Refrigeran Pengganti R22 untuk Pendingin Ruangan Berdasarkan Keramahan Lingkungan, Hexagon, Jurnal Teknik dan Sains Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral Universitas Teknologi Sumbawa., Volume 3 Nomor 1
- Wang, W., Zhao, L., Zhang, C., 2006. Generalized neural network correlation for flow boiling heat transfer of R22 and its alternative refrigerants inside horizontal smooth tubes. International Journal of Heat and Mass Transfer 49 (2006) 2458–2465
- Yumrutas, R., Kunduz, M., Kanoğlu, M., 2002. Exergy analysis of vapor compression refrigeration systems. Exergy Int. J. 2, 266–272.
- Yusof, M.H., Muslim, S.M., Suhaimi, M.F., Basrawi, M.F., 2018. The Effect of Refrigerant Charge and Outdoor Temperature on the Condenser and Evaporator of a Split-Unit Type Air Conditioner Using R22 Refrigerant. MATEC Web of Conferences 225