

Perbandingan Efisiensi Energi Listrik pada Sistem Pendingin Udara Berbasis R-22 dan MC-22 di Kampus ITPLN

Tony Koerniawan^{1*}; Aas Wasri Hasanah¹; Suhengki¹; Samsurizal²;
Andes Ahmad Maula²; Evi suhaevi³; Ayu Febrina Rizal³

1. Prodi Teknologi Listrik, Sekolah Vokasi,
2. Prodi Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan,
Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng,
Jakarta Barat, DKI Jakarta 11750 Indonesia
3. Prodi Teknik Elektro
Universitas Bung Karno, Jl. Pegangsaan Timur No. 17A, Menteng, Jakarta Pusat
DKI Jakarta 10310 Indonesia

*Email: tony.koerniawan@itpln.ac.id

Received: 25 Desember 2025 | Accepted: 7 Januari 2026 | Published: 7 Januari 2026

ABSTRACT

Air conditioning (AC) systems play an important role in maintaining thermal comfort and indoor air quality. At ITPLN Campus, central air conditioning systems operate using two types of refrigerants, namely R-22 and hydrocarbon MC-22. This study aims to compare the electrical energy consumption of AC systems using these two refrigerants. A quantitative comparative method was employed by measuring electrical parameters, including voltage, current, and power factor. The results show that the electrical energy consumption of the AC system using R-22 refrigerant is 4.48463 kWh, while the system using MC-22 refrigerant consumes 4.13148 kWh. In terms of operational cost, assuming one month of usage, the electricity cost for the AC system using R-22 refrigerant is approximately Rp1,194,705.43, whereas the system using MC-22 refrigerant requires approximately Rp1,100,626.27. Based on the results, it can be concluded that the use of hydrocarbon refrigerant MC-22 is able to reduce electrical energy consumption by an average of about 8% compared to R-22 refrigerant.

Keywords: air conditioning, refrigerant, R-22, MC-22, electrical energy consumption, energy efficiency

ABSTRAK

Sistem pendingin udara (Air Conditioner/AC) berperan penting dalam menjaga kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruangan. Di Kampus ITPLN, sistem AC sentral beroperasi menggunakan dua jenis refrigeran, yaitu R-22 dan hidrokarbon MC-22. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan konsumsi energi listrik antara kedua jenis refrigeran tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif komparatif dengan melakukan pengukuran parameter kelistrikan berupa tegangan, arus, dan faktor daya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik sistem AC dengan refrigeran R-22 sebesar 4,48463 kWh, sedangkan dengan refrigeran MC-22 sebesar 4,13148 kWh. Perhitungan biaya operasional listrik dengan asumsi pemakaian selama satu bulan menunjukkan bahwa penggunaan refrigeran R-22 memerlukan biaya sebesar Rp1.194.705,43, sementara penggunaan refrigeran MC-22 sebesar Rp1.100.626,27. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penggunaan refrigeran hidrokarbon MC-22 mampu menurunkan konsumsi energi listrik rata-rata sebesar 8% dibandingkan dengan refrigeran R-22.

Kata kunci: air conditioner, refrigerant, R-22, MC-22, konsumsi energi listrik, efisiensi energi

1. PENDAHULUAN

Dalam era modern saat ini, kenyamanan di lingkungan hunian maupun tempat kerja telah menjadi prioritas utama, di mana sistem pendinginan udara atau yang lebih dikenal sebagai AC memiliki peran penting. AC tidak hanya mengatur suhu di dalam ruangan, tetapi juga memengaruhi tingkat kelembapan serta sirkulasi udara, menciptakan suasana ideal untuk berbagai aktivitas [1]. Teknologi pendinginan AC mengandalkan prinsip termodinamika guna memindahkan panas dari satu tempat ke tempat lain, menghasilkan perbedaan suhu yang diinginkan. Prinsip kerja dasarnya melibatkan pemanasan dan pendinginan refrigeran, cairan khusus yang memiliki kemampuan unik dalam menyerap dan melepaskan panas dengan efisien. Komponen utama AC, yakni kompresor, kondensor, evaporator, dan katup ekspansi, bekerja bersama-sama membentuk sistem ini [2].

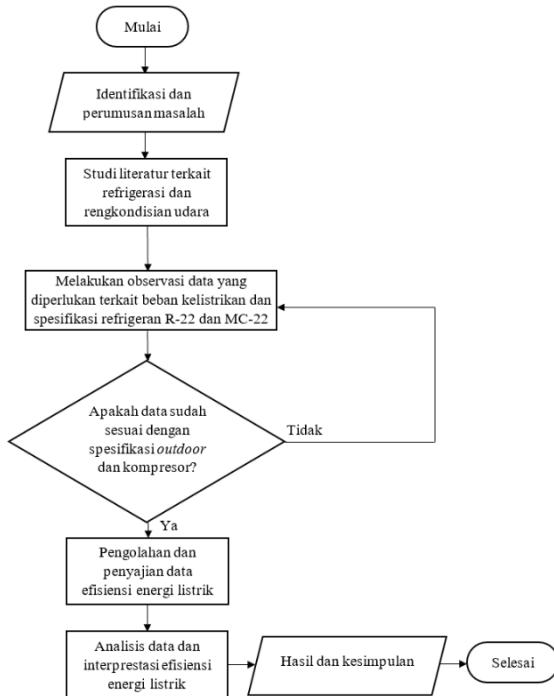
Salah satu aspek penting dalam sistem pendinginan AC adalah jenis refrigeran yang digunakan. Salah satu jenis refrigeran yang telah lama digunakan dalam industri ini adalah R-22, juga dikenal sebagai HCFC-22 (hidroklorofluorokarbon-22) [3]. Namun, dengan semakin mendalamnya pemahaman terhadap dampak lingkungan dari senyawa-senyawa ini, alternatif seperti MC-22 mulai dijelajahi sebagai langkah menuju sistem refrigerasi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan [4].

Refrigeran MC-22 nilai laju aliran dari refrigeran MC-22 lebih rendah yaitu sebesar 0,1498 kg/s sedangkan R-22 sebesar 0,2728 kg/s. Hal ini disebabkan karena efek refrigerasi (ER) dari refrigeran MC-22 lebih besar bila dibandingkan dengan R-22 [4]. Dengan begitu menunjukkan bahwa refrigeran MC-22 dapat menghemat penggunaan refrigeran karena memerlukan pengisian yang lebih sedikit dibandingkan dengan R-22 [5]. Menurut Harsono dkk, dengan menggunakan refrigeran MC-22, pemakaian arus listrik 89.9% lebih kecil, bila dibandingkan dengan menggunakan refrigerant R-22 sehingga pemakaian daya listrik lebih rendah [6]. Menurut Miftahul dkk, peluang penghematan energi adalah dengan mengganti refrigeran R-22 dengan *musicool* MC-22 dimana didapat penghematan Rp 50.148.453,00 dimana diperoleh NPV Rp. 41.344.195,00 dan *payback period* selama 3 tahun [7].

Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui hasil pengukuran beban kelistrikan, khususnya pengukuran AC menggunakan refrigeran hidrokarbon (MC-22) dan refrigeran R-22, membandingkan efisiensi energi listrik antara AC dengan refrigeran hidrokarbon (MC-22) dan R-22 di kampus ITPLN, dan merekomendasikan penggunaan sistem AC yang lebih efisien secara energi di kampus ITPLN berdasarkan hasil perbandingan dan perhitungan tersebut.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

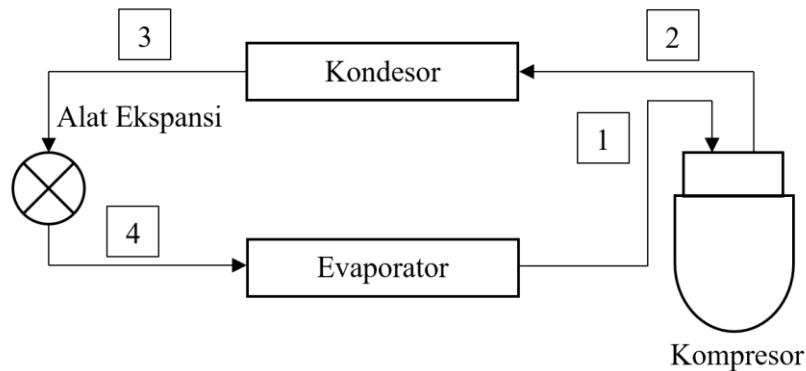
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif komparatif, dimana penelitian ini melakukan pengumpulan dan analisis data terkait efisiensi energi listrik dari AC seperti pengukuran tegangan, arus dan faktor daya pada kedua refrigeran.



Gambar 1. Desain Penelitian

2.1. Prinsip Kerja Mesin Pendingin

Secara garis besar prinsip kerja digambarkan pada siklus kerja gambar 2.



Gambar 2. Siklus Kerja Mesin Pendingin

Proses 1-2, evaporator mengambil panas dari ruangan yang ingin dikondisikan sehingga suhu ruangan menjadi lebih dingin [8]. Refrigeran dalam bentuk gas dikompresi oleh kompresor, meningkatkan tekanan dan suhunya. Peningkatan suhu ini menyebabkan refrigeran berubah menjadi gas panas bertekanan tinggi [9].

Proses 2-3, gas panas bertekanan tinggi ini kemudian mengalir melalui kondensor, di mana panasnya dilepaskan ke lingkungan sekitar [10]. Akibatnya, refrigeran mendingin dan berubah menjadi cairan. Cairan refrigeran yang masih dalam tekanan tinggi mengalir melalui katup ekspansi [11].

Proses 3-4, saat melewati katup ini, refrigeran mengalami penurunan tiba-tiba dalam tekanan, menyebabkan ekspansi cepat dan pendinginan lebih lanjut [12]. Cairan ini

sekarang dalam bentuk campuran antara cairan dan uap dingin [13]. Cairan dingin ini masuk ke dalam evaporator di dalam unit pendinginan atau AC [14]. Evaporator adalah tempat di mana refrigeran menyerap panas dari udara atau lingkungan sekitarnya yang ingin didinginkan. Selama proses ini, refrigeran menguap menjadi gas dingin [15].

2.2. Refrigeran R-22

Refrigeran R-22 telah menjadi pilihan utama untuk berbagai aplikasi sistem pendingin dan AC selama beberapa dekade. Ini adalah salah satu contoh hidroklorofluorokarbon (HCFC), yang mengandung atom hidrogen, klorin, fluorin, dan karbon. R-22 dikenal karena kemampuannya untuk menjaga suhu rendah dengan efisien dan efektif, serta memiliki karakteristik termal yang cocok untuk kebanyakan aplikasi pendinginan. Namun, meskipun efektifitasnya dalam pendinginan, R-22 memiliki dampak negatif pada lingkungan [16].

2.3. Refrigeran MC-22

Refrigeran ini mempertahankan beberapa sifat penting dari R-22 dalam hal efisiensi pendinginan, tetapi dengan dampak lingkungan yang lebih rendah. MC-22 adalah contoh dari kelas senyawa yang lebih aman, seperti hidrokarbon atau senyawa bebas *fluor*. Keuntungan potensial dari penggunaan MC-22 adalah berkurangnya potensi merusak lapisan ozon dan pengurangan potensi pemanasan global [17].

2.4. Energi Listrik

Energi Listrik merupakan kemampuan untuk melakukan kerja. Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat pula dimusnahkan. Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Demikianlah pula energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik. Energi yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama alat tersebut digunakan. Bila daya diukur dalam watt jam, maka [18]:

$$W = V \times I \times t \times \cos \theta \times \sqrt{3} \quad (1)$$

Dengan:

- W = Energi (Wh)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)
- t = waktu (Jam)
- $\cos \theta$ = Faktor Daya

2.5. Teknik Perhitungan Data

Metode perhitungan data untuk analisis efisiensi energi pada sistem AC menggunakan refrigeran hidrokarbon dibandingkan dengan refrigeran R-22 di kampus ITPLN melibatkan beberapa langkah. Di sini penulis menggunakan perhitungan efisiensi energi listrik yang menyangkut metode perhitungan total tegangan rata-rata, total arus rata-rata, total rata-rata faktor daya, daya listrik (kWh) dan perhitungan perbandingan penghematan biaya listrik dari refrigeran MC-22 dan R-22.

Pada perhitungan total tegangan rata-rata, pertama-tama dilakukan pengumpulan data tegangan selama 1 jam (60 menit) dan dicatat per 1 menit. Setelah itu hitung total tegangan rata-rata dari ketiga fasa RST menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\sum \bar{V}_{RST\ 3P.v}^{60} = \frac{(\sum V_{RS-v}^{60} + \sum V_{RT-v}^{60} + \sum V_{ST-v}^{60})}{60} \quad (2)$$

Keterangan:

$\sum \bar{V}_{RST\ 3P.v}^{60}$ = total tegangan rata-rata dalam 1 jam (V)

$\sum V_{RS-v}^{60}$ = total tegangan R dalam 1 jam (V)

$\sum V_{RT-v}^{60}$ = total tegangan S dalam 1 jam (V)

$\sum V_{ST-v}^{60}$ = total tegangan T dalam 1 jam (V)

Setelah dihitung total tegangan rata-rata dari ketiga fasa RST, lalu hitung total arus rata-rata dari ketiga fasa RST menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\sum \bar{I}_{RST\ 3P.v}^{60} = \frac{(\sum I_{RS-v}^{60} + \sum I_{RT-v}^{60} + \sum I_{ST-v}^{60})}{60} \quad (3)$$

Keterangan:

$\sum \bar{I}_{RST.v}^{60}$ = total arus rata-rata dalam 1 jam (A)

$\sum I_{RS-v}^{60}$ = total arus R dalam 1 jam (A)

$\sum I_{RT-v}^{60}$ = total arus S dalam 1 jam (A)

$\sum I_{ST-v}^{60}$ = total arus T dalam 1 jam (A)

Setelah dihitung total arus rata-rata dari ketiga fasa RST, lalu hitung total rata-rata faktor daya dari ketiga fasa RST menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\sum \bar{PF}_{RST\ 3P.v}^{60} = \frac{(\sum PF_{R-v}^{60} + \sum PF_{S-v}^{60} + \sum PF_{T-v}^{60})}{60} \quad (4)$$

Keterangan:

$\sum \bar{PF}_{RST\ 3P.v}^{60}$ = total faktor daya rata-rata dalam 1 jam

$\sum PF_{R-v}^{60}$ = total faktor daya R dalam 1 jam

$\sum PF_{S-v}^{60}$ = total faktor daya S dalam 1 jam

$\sum PF_{T-v}^{60}$ = total faktor daya T dalam 1 jam

Setelah didapatkan nilai total rata-rata tegangan, arus dan faktor daya. Metode selanjutnya menghitung nilai daya listrik (kWh). Karena pada saat pengambilan data tegangan, arus, faktor daya dalam satuan menit, maka persamaan yang dipakai untuk menghitung daya listrik adalah:

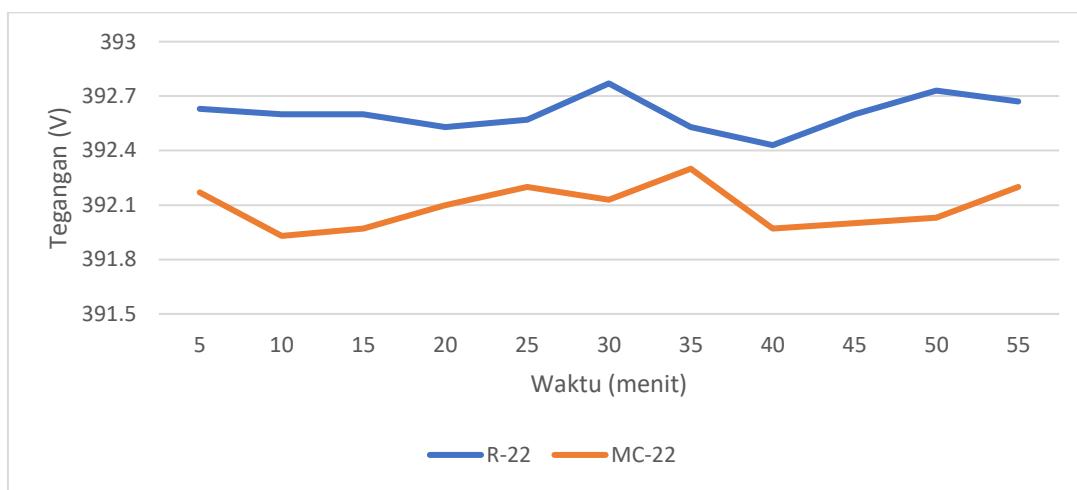
$$W = \sum \bar{V}_{RST\ 3P.v}^{60} \times \sum \bar{I}_{RST\ 3P.v}^{60} \times \sum \bar{PF}_{RST\ 3P.v}^{60} \times t \times \sqrt{3} \quad (5)$$

Keterangan:

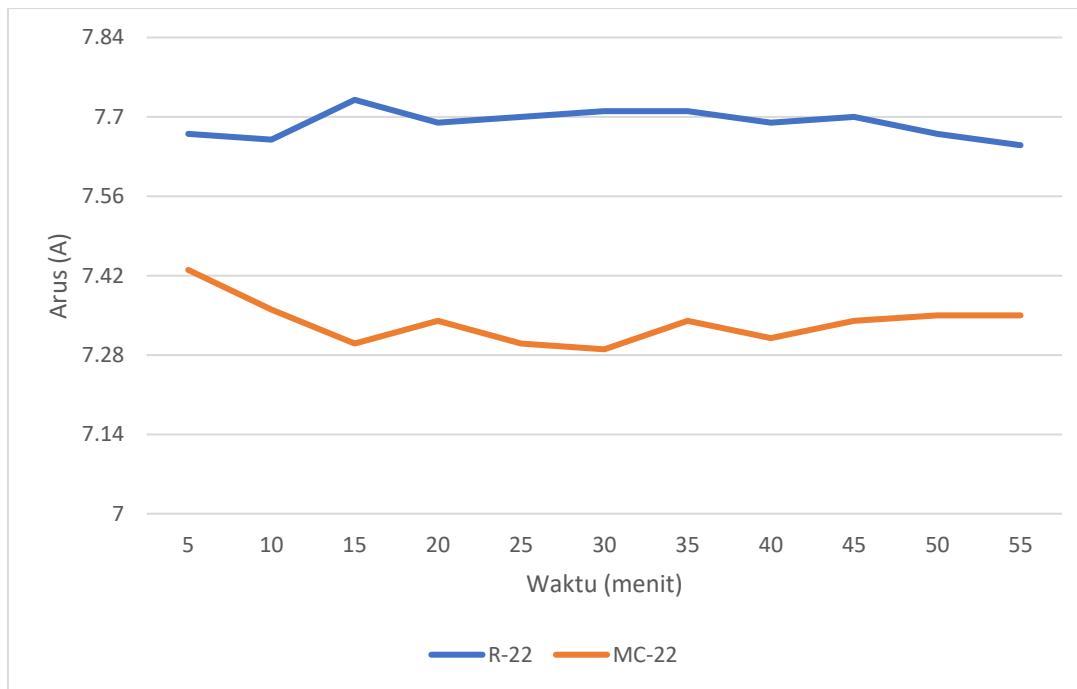
W = Energi Listrik (kWh)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

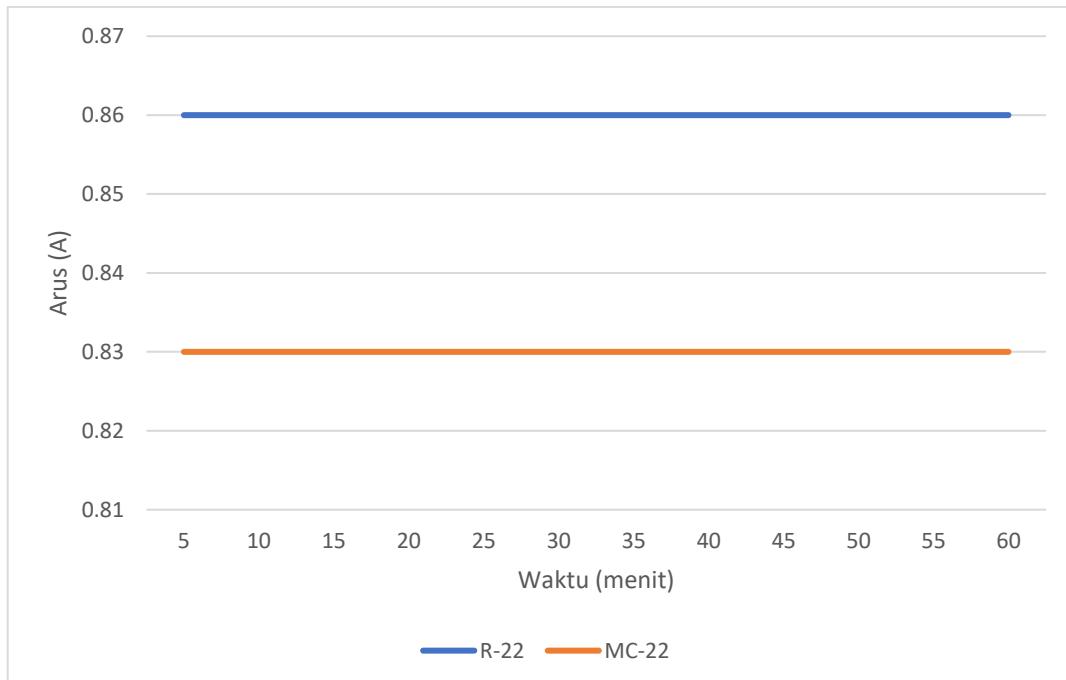
Dari gambar 1 diagram alir yang digunakan pada penelitian ini, dan merupakan tahapan-tahapan yang dilalui dalam melakukan penelitian ini. Setelah mencapai tahapan akhir kemudian didapatkan hasil seperti dijelaskan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Tegangan pada Refrigeran MC-22 dan R-22



Gambar 4. Grafik Perbandingan Nilai Arus pada Refrigeran MC-22 dan R-22

**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Nilai Faktor Daya pada Refrigeran MC-22 dan R-22

Pada semua gambar di atas, diberikan perbandingan antara beberapa parameter perhitungan energi listrik untuk dua jenis refrigeran, yaitu MC-22 dan R-22. Total tegangan rata-rata, total arus rata-rata, dan total faktor daya rata-rata diukur dalam satuan volt (V), ampere (A), dan tanpa satuan, masing-masing untuk MC-22 dan R-22. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa MC-22 memiliki total tegangan rata-rata senilai 392,07 V dan R-22 senilai 392,53 V. Total arus rata-rata pada MC-22 senilai 7,33 A dan R-22 senilai 7,67 A. Faktor daya rata-rata juga sedikit lebih rendah pada MC-22 senilai 0,83 dibandingkan dengan R-22 senilai 0,86.

Setelah didapatkan perhitungan total tegangan, arus, dan faktor daya rata-rata. Kita bisa menghitung nilai energi listrik dan biaya listrik pada kedua refrigeran R-22 dan MC-22. Dengan menggunakan persamaan 5, sehingga didapatkan nilai energi listrik pada kedua refrigeran adalah sebagai berikut :

Pada refrigeran R-22 :

$$W = \sum \bar{V}_{RST\ 3P.V}^{60} \times \sum \bar{I}_{RST\ 3P.V}^{60} \times \sum \bar{PF}_{RST\ 3P.V}^{60} \times t \times \sqrt{3}$$
$$W = 392,53\text{ V} \times 7,67\text{ A} \times 0,86 \times 1 \times \sqrt{3}$$
$$W = 4484,637011\text{ Wh}$$
$$W = 4,48463\text{ kWh}$$

Pada Refrigeran MC-22 :

$$W = \sum \bar{V}_{RST\ 3P.V}^{60} \times \sum \bar{I}_{RST\ 3P.V}^{60} \times \sum \bar{PF}_{RST\ 3P.V}^{60} \times t \times \sqrt{3}$$
$$W = 392,07\text{ V} \times 7,33\text{ A} \times 0,83 \times 1 \times \sqrt{3}$$
$$W = 4131,486205\text{ Wh}$$
$$W = 4,13148\text{ kWh}$$

Untuk melihat efisiensi biaya listrik yang dipakai, dapat kita hitung menggunakan rumus tarif biaya listrik. Perhitungan ini diasumsikan bahwa kedua AC tipe refrigeran R-22 dan MC-22 dihidupkan dalam waktu 8 jam, 5 hari dan 4 minggu, menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Biaya 20 hari (Rp)} = W \times 8 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} \times 4 \text{ minggu} \times \text{tarif per kWh} \quad (6)$$

Sehingga didapatkan biaya listrik dengan asumsi 1 bulan 20 hari kerja pada kedua refrigeran adalah:

Pada refrigeran R-22

$$\text{Tarif per kWh (Rp)} = \text{Rp. } 1644,52/\text{kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya 20 hari (Rp)} &= W \times 8 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} \times 4 \text{ minggu} \times \text{tarif per kWh} \\ &= 4,48463 \text{ kWh} \times 8 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} \times 4 \text{ minggu} \times \text{Rp. } 1644,52/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. } 1.180.010,43 \end{aligned}$$

Pada refrigeran MC-22

$$\text{Tarif per kWh (Rp)} = \text{Rp. } 1644,52/\text{kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya 20 hari (Rp)} &= W \times 8 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} \times 4 \text{ minggu} \times \text{tarif per kWh} \\ &= 4,13148 \text{ kWh} \times 8 \text{ jam} \times 5 \text{ hari} \times 4 \text{ minggu} \times \text{Rp. } 1644,52/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. } 1.087.088,23 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil efisiensi biaya listrik AC refrigeran tipe R-22 dan MC-22 dengan asumsi 1 bulan selama 20 hari kerja adalah:

Tarif biaya refrigeran R-22 - Tarif biaya refrigeran MC-22

$$= \text{Rp. } 1.180.010,43 - \text{Rp. } 1.087.088,23$$

$$= \text{Rp. } 92.922,2$$

Tabel 1. Tabel Perbandingan Perhitungan Energi Listrik dan biaya listrik selama 20 hari Refrigeran MC-22 dan R-22

Parameter	MC-22	R-22
Energi Listrik (kWh)	4,13148	4,48463
Biaya listrik selama 20 hari (Rupiah)	Rp. 1.087.088,23	Rp. 1.180.010,43

Secara keseluruhan, perbedaan-perbedaan ini kemudian berdampak pada jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh masing-masing refrigeran, di mana MC-22 menghasilkan nilai energi listrik yang lebih rendah dibandingkan R-22. Akibatnya, biaya listrik yang dikeluarkan untuk MC-22 juga lebih rendah daripada R-22 dan didapatkan nilai persentasi keuntungan penggunaan MC-22 dibandingkan R-22 sebesar 8%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengukuran dua jenis refrigeran, R-22 dan MC-22, di lantai 3 kampus ITPLN menunjukkan perbedaan dalam tegangan, arus, dan faktor daya pada ketiga fasa refrigeran tersebut. Nilai rata-rata tegangan, arus, dan faktor daya pada R-22 adalah 392.53 V, 7.67 A, dan 0.86, sedangkan pada MC-22 adalah 392.07 V, 7.33 A, dan 0.83. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa MC-22 memiliki arus kerja lebih rendah daripada R-22. Dalam perhitungan energi listrik (kWh) dan tarif listrik, diketahui bahwa MC-22 menghasilkan

energi listrik dalam satu jam lebih sedikit daripada R-22, yaitu 4.13148 kWh dibandingkan dengan 4.48463 kWh. Dengan tarif biaya listrik bulanan, penggunaan MC-22 akan menghemat biaya listrik sebesar 8%, yang setara dengan Rp. 94.079,16, dibandingkan dengan R-22.

Saran dari penelitian ini, masih ada potensi pengembangan untuk penelitian selanjutnya dengan mempertimbangkan jenis AC yang berbeda dan tipe kompresor yang berbeda. Hal ini akan memungkinkan penelitian untuk mengeksplorasi beragam variabel sehingga hasilnya lebih variatif dan informatif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN atas dukungan yang luar biasa selama pelaksanaan penelitian dan penulisan artikel ini. Bantuan dan fasilitas yang diberikan oleh Institut Teknologi PLN telah memberikan sumbangan yang luar biasa dalam pencapaian hasil yang optimal. Kami juga ingin menyampaikan penghargaan kepada semua pihak yang dengan ramah memberikan bantuan dan informasi berharga, yang telah memungkinkan penyelesaian jurnal ini sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Ramadan and A. D. Cappenberg, "Uji prestasi refrigeran R22 pada mesin pendingin kompresi uap dengan metode pengujian aktual dan simulasi," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 5, no. 2, pp. 74–81, Oct. 2018, doi: 10.21009/jkem.5.2.3.
- [2] P. Saksono, "Penggunaan refrigeran hidrokarbon (HCR) sebagai refrigeran alternatif yang ramah lingkungan dan hemat energi," *J. SENIATI*, vol. 1, no. 1, pp. 321–326, Feb. 2019.
- [3] Ismiyati, "Identifikasi kenaikan titik didih pada proses evaporasi terhadap konsentrasi larutan sari jahe," *J. Konversi*, vol. 9, no. 2, pp. 33–39, Oct. 2020, doi: 10.24853/konversi.9.2.7.
- [4] S. Siagian, "Perhitungan beban pendingin pada cold storage untuk penyimpanan ikan tuna pada PT.X," *J. BINA TEKNIKA*, vol. 13, no. 1, pp. 139–149, Jun. 2017.
- [5] A. Jumhan and A. D. Cappenberg, "Analisis kinerja sistem pendingin ruang palkah ikan dengan menggunakan refrigeran R-22 dan hidrokarbon (MC-22)," *J. Kajian Teknik Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 14–25, Apr. 2017.
- [6] H. Harsono and B. Santosa, "Analisa pemakaian energi listrik dan COP pada AC split 900 watt menggunakan refrigeran hidrokarbon MC-22 dan R-22," *J. Teknik Mesin Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 25–28, 2017.
- [7] M. Miftahul, A. S. Nugroho, and R. Hidayat, "Evaluasi kebutuhan energi dan peluang penghematan konsumsi energi pada sistem pendingin: studi kasus penggantian refrigeran R-22 dengan Musicool MC-22," *J. Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 25–32, 2015.
- [8] A. Rizalul Ayyubi, H. Wibowo, and A. Wibowo, "Analisis kinerja evaporator pada AC split 1/2 PK dengan refrigeran R-22 dan R-290," *J. Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 33–41, 2021.
- [9] E. D. Rahmanto, "Pendinginan refrigerasi untuk air pendingin kondensor sebagai upaya penghematan penggunaan air," *J. Semin. Nas. Hasil Penelit. RISTEKDIKTI*, vol. 1, no. 1, pp. 273–276, May 2017.

- [10] Suroso, "Seminar nasional mesin dan industri (SNMI4) 2008," Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, vol. 1, no. 1, pp. 107–115, 2008.
- [11] F. Irawan, "Perbandingan efisiensi pendingin ruangan kapasitas 9000 BTU/h antara R-22 dan MC-22," J. PETRA, vol. 2, pp. 23–26, Jun. 2016.
- [12] N. Fithri, "Musicool sebagai pengganti bahan refrigeran sintetis pada pendingin ruangan," J. Tekno, vol. 11, no. 2, pp. 77–86, Nov. 2015.
- [13] S. Ihsan, "Analisa perhitungan jumlah tube dan diameter shell pada kondensor berpendingin air pada sistem refrigerasi NH3," J. Teknol. Proses dan Inov. Ind., vol. 2, no. 1, pp. 13–17, Jul. 2017, doi: 10.36048/jtpii.v2i1.2351.
- [14] F. A. Pratama, "Kajian kinerja sistem refrigerasi menggunakan refrigeran R32, R22 & R1270 menggunakan REFPROP," in Proc. 12th Industrial Research Workshop and National Seminar, Bandung, Aug. 2021, pp. 472–477.
- [15] M. Adrian and O. F. Homzah, "Analisa perbandingan kinerja mesin pendingin air conditioner kapasitas 2 HP menggunakan refrigeran R22, R290 dan R407C," J. PETRA, vol. 1, no. 1, pp. 11–19, Aug. 2015. <https://jurnal.polsky.ac.id/index.php/petra/article/view/122/118>
- [16] I. Faozan, "Analisis perbandingan evaporator kulkas (lemari es) dengan menggunakan refrigeran R-22 dan R-134A," J. Teknik Mesin, vol. 4, no. 3, pp. 99–105, Oct. 2015.
- [17] A. Hanafie, M. Fadhli, A. Hasrullah, and M. R. Hidayat, "Perbandingan refrigerant HCFC dan hidrokarbon dalam proses percepatan pendinginan dan penghematan energi pada refregenerator," J. ILTEK, vol. 12, pp. 1806–1809, Oct. 2017.
- [18] A. Wahid, "Analisis kapasitas dan kebutuhan daya listrik untuk menghemat penggunaan energi listrik di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura," J. Teknik Elektro Univ. Tanjungpura, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, Sep. 2014.