



Analisis Unjuk Kerja AHU (*Air Handling Unit*) Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Menggunakan *Refrigeran NH₃* (Studi Kasus di PT. CPB)

Performance Analysis of AHU (Air Handling Unit) Vapor Compression Refrigeration System Using NH₃ Refrigerant (Case Study at PT. CPB)

Agus Apriyanto^{1✉}

¹Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Lampung, Indonesia

✉ *Corresponding Address:* agus.apriyanto89@gmail.com

Article Info

Article history:

Received: Jan 7st, 2023

Accepted: Feb 7st, 2023

Published: Feb 10th, 2023

Keywords:

Air Handling Unit; Coefficient of Performance; Sistem Refrigerasi;

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi operasi dari siklus refrigerasi yang ada dalam perusahaan khususnya untuk sistem *Air Handling Unit* (AHU). Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah mengumpulkan data-data primer dan sekunder terkait system refrigerasi kompresi uap yang ada di perusahaan melalui bebarapa tahapan, yaitu pengenalan dan observasi, melakukan wawancara dan diskusi, dan studi literatur. Lokasi penelitian di PT. Central Pertiwi Bahari, Tulang Bawang, Lampung. Pengambilan data dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung di lapangan serta hasil keterangan dari operator dan staff *engineering*. Data yang sudah terkumpul lalu diolah, dianalisis, dibahas, dan ditarik kesimpulan. Hasil penelitian terhadap analisis unjuk kerja AHU pada daur refrigrasi kompresi uap yang ada di PT. CPB menunjukkan bahwa belum terdapat penurunan *Coefficient Of Performance* (COP) yang signifikan (8,420) masih dalam range koefisien prestasi desain spesifikasi yang sekitar 8,25 s.d 10,3. Hal ini terbukti bahwa operasional dan *maintenance* di lapangan dilakukan dengan baik, kerusakan pada sistem masih dapat diminimalisir. Selain itu, pengaruh penggunaan refrigerant sangat berdampak pada koefisien prestasi dari sistem. Koefien prestasi yang tinggi menunjukkan sejumlah tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja. Amonia memiliki selisih antara titik beku dan titik didih yang tidak terlalu jauh sehingga kerja kompresor tidak terlalu besar. Teknologi sistem refrigerasi jenis kompresi uap memiliki koefisien prestasi yang tinggi dan efek terhadap lingkungan yang baik sehingga dapat direkomendasikan untuk industri pengolahan udang di Indonesia dan di Lampung khususnya.

Abstract

The purpose of this study was to determine the operating conditions of the existing refrigeration cycle in the company, especially for the Air Handling Unit (AHU) system. In this study, the method used was to collect primary and secondary data related to the vapor compression refrigeration system in the company through several stages, namely introduction and observation, conducting interviews and discussions, and studying literature. Research location at PT. Central Pertiwi Bahari, Tulang Bawang, Lampung. Data collection was carried out by direct observation in the field as well as the results of information from operators and engineering staff. The data that has been collected is then processed, analyzed, discussed, and conclusions are drawn. The results of the research on the analysis of AHU performance in the

vapor compression refrigeration cycle at PT. CPB shows that there has not been a significant decrease in the Coefficient Of Performance (COP) (8.420) which is still within the range of the specification design performance coefficient which is around 8.25 to 10.3. This is proven that the operational and maintenance in the field is carried out properly, damage to the system can still be minimized. In addition, the influence of the use of refrigerant greatly affects the performance coefficient of the system. A high performance coefficient indicates that a certain amount of refrigeration requires only a small amount of work. Ammonia has a difference between its freezing point and boiling point which is not too far away so that the compressor work is not too large. Vapor compression type refrigeration system technology has a high coefficient of performance and a good effect on the environment so that it can be recommended for the shrimp processing industry in Indonesia and in Lampung in particular.

PENDAHULUAN

Refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas[1] dari suatu zat atau produk sehingga temperaturnya berada di bawah temperatur lingkungan[2–3]. Secara umum, refrigerasi didefinisikan sebagai proses pengambilan kalor[4–6]. Lebih spesifik didefinisikan sebagai cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari proses penurunan dan pengaturan temperatur ruang atau bahan makanan di bawah temperatur sekitarnya, prinsip kerja mesin-mesin pendingin selalu berputar dan terjadi perputaran arus. Mesin refrigerasi atau disebut juga mesin pendingin adalah mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi.

Perlu diketahui bahwa Refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin pendingin (refrigerasi). Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda atau udara yang didinginkan dan membawanya kemudian membuangnya ke udara sekeliling di luar benda/ruangan yang didinginkan[7–8]. Berdasarkan jenis senyawanya, refrigeran dapat dikelompokkan menjadi[8] 1) Kelompok refrigeran senyawa halokarbon; 2) Kelompok refrigeran senyawa organik cyclic; 3) Kelompok refrigeran campuran Zeotropik; 4) Kelompok refrigeran campuran Azeotropik; 5) Kelompok refrigeran senyawa organik biasa; 6) Kelompok refrigeran senyawa anorganik; dan 7) Kelompok refrigeran senyawa organik tak jenuh.

Saat ini aplikasi refrigerasi meliputi bidang yang sangat luas mulai dari keperluan rumah tangga, pertanian, industri,

petrokimia, perminyakan dan sebagainya. Berbagai jenis mesin refrigerasi yang bekerja berdasarkan berbagai proses dan siklus dapat ditemui dalam praktek di industri. Daur kompresi uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi[9–11] industri pengolahan, salah satunya aplikasi di dalam PT. CPB.

PT. CPB merupakan perusahaan yang bergerak di bidang aquabisnis dengan pola usaha kemitraan inti rakyat (plasma) yang memproduksi udang skala besar di Provinsi Lampung. Kapasitas produksinya yang besar mencapai 30 ton udang perhari dengan negara tujuan ekspor mulai dari kawasan Asia, Eropa dan Amerika. Hal tersebut tentunya menuntut perusahaan untuk memiliki sistem refrigerasi yang mampu menjaga kualitas produknya. Sistem ini digunakan untuk mendinginkan udang yang akan diawetkan dalam suatu gudang (cold storage) yang akan dikeluarkan dalam jangka waktu yang lama. Sistem ini juga digunakan sebagai pengkondisian udara (air conditioning) untuk mengatur temperatur, kelembapan, kebersihan dan distribusi udara secara serentak didalam ruang produksi.

Untuk memenuhi fungsi sebagai pengkondisian udara perusahaan memiliki mesin refrigerasi yang disebut *Air Handling Unit* (AHU). *Air Handling Unit* (AHU) menangani dan mengkondisikan udara, mengontrolnya ke kondisi yang diperlukan, dan memberikan tenaga penggerak untuk memindahkannya[12]. Prinsip kerja AHU ini tidak jauh berbeda dengan AC yakni menjaga temperatur udara ruang proses agar konstan

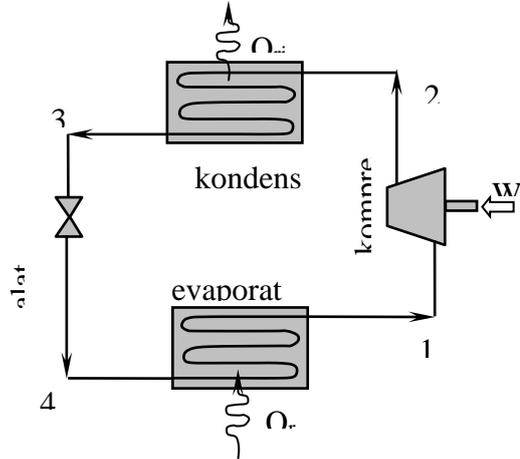
pada standar temperatur kerja yakni 18°C-20°C, hanya saja AHU memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan AC. AHU dapat dioperasikan dengan cara manual dan otomatis. Pengoperasian secara otomatis dengan sistem control menggunakan PLC (*Programable Logic Control*). Secara singkat sistem interlock ini bertujuan untuk menghindari pencampuran udara bersih dan udara terkontaminasi zat radioaktif. Karena itu sebelum suplai udara bersih dihembuskan, udara ruang yang berpotensi terkontaminasi zat radioaktif harus dikeluarkan melalui sistem exhaust

AHU merupakan bagian dari daur refrigerasi kompresi uap[13]. Pada daur ini uap refrigeran ditekan dan diembunkan menjadi cairan lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali[14–15]. Sistem ini memiliki keunggulan baik dari segi unjuk kerja atau COP (*Coefficient of Performance*), efisiensi yang tinggi, sederhana dan bisa digunakan untuk kapasitas besar. Penentuan ukuran keefektifan kerja (efisiensi) sistem mesin konversi energi secara umum adalah membandingkan antara keluar (kerja berguna) dengan masukan (energi masuk).

Untuk aplikasi refrigerasi ukuran keaktifan kerja dari sistem adalah berdasarkan dari tujuan kerja sistem. Pada sistem refrigerasi, keluaran yang diharapkan adalah jumlah panas yang harus dipindahkan keluar lingkungan yang lebih panas sehingga dari perumusan Hukum Termodinamika II perbandingannya sering dinamakan dengan *Coefficient of Performance (COP)*. *Coefficient of Performance (COP)* dari daur kompresi uap standar adalah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi. Dampak Refrigerasi adalah kemampuan dari sistem untuk melakukan penyerapan panas dari lingkungan[16], proses ini terjadi pada evaporator.

Pada dasarnya sistem refrigerasi kompresi uap akan berfungsi apabila terdapat empat komponen utama dan juga fluida kerja. Komponen utama tersebut antara lain kompresor, kondensor, evaporator dan katup ekspansi[17–19], sedangkan fluida kerja

disini adalah refrigeran. Masing-masing komponen mempunyai fungsi yang berbeda-beda tapi merupakan satu kesatuan yang tidak bisa dipisahkan. Susunan empat komponen tersebut secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

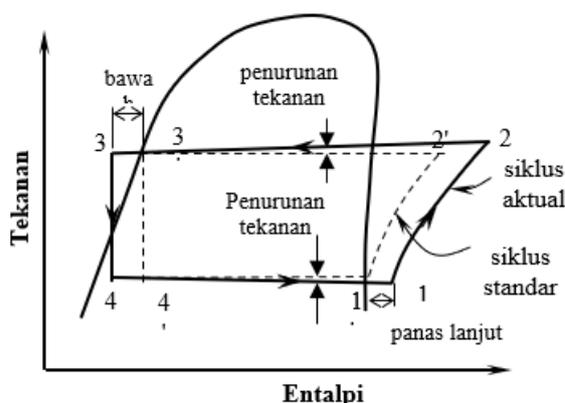
Di dalam siklus kompresi uap standar ini, refrigeran mengalami empat proses (mengacu pada Gambar 1) yaitu proses 1-2, 2-3, 3-4, dan 4-1. Pada proses 1-2, refrigeran meninggalkan evaporator dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian oleh kompresor uap tersebut dinaikkan tekanannya menjadi uap dengan tekanan yang lebih tinggi (tekanan kondensor). Kompresi ini diperlukan untuk menaikkan temperatur refrigeran, sehingga temperatur refrigeran di dalam kondensator lebih tinggi daripada temperatur lingkungannya. Dengan demikian perpindahan panas dapat terjadi dari refrigeran ke lingkungan. Proses kompresi ini berlangsung secara isentropik (adiabatik dan reversibel).

Pada Proses 2-3, setelah mengalami proses kompresi, refrigeran berada dalam fasa panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi. Untuk mengubah wujudnya menjadi cair, kalor harus dilepaskan ke lingkungan. Hal ini dilakukan pada penukar kalor yang disebut kondensator. Refrigeran mengalir melalui kondensator dan pada sisi lain dialirkan fluida pendingin (udara atau air) dengan temperatur lebih rendah daripada temperatur refrigeran. Oleh karena itu kalor

akan berpindah dari refrigeran ke fluida pendingin dan sebagai akibatnya refrigeran mengalami penurunan temperatur dari kondisi uap panas lanjut menuju kondisi uap jenuh, selanjutnya mengembun menjadi wujud cair. Kemudian keluar dari kondensor dalam wujud cair jenuh. Proses ini berlangsung secara reversibel pada tekanan konstan.

Pada proses 3-4, refrigeran, dalam wujud cair jenuh, mengalir melalui alat ekspansi. Refrigeran mengalami ekspansi pada entalpi konstan dan berlangsung secara tak-reversibel. Selanjutnya refrigeran keluar dari alat ekspansi berwujud campuran uap-cair pada tekanan dan temperatur sama dengan tekanan serta temperatur evaporator.

Pada proses yang terakhir yaitu proses 4-1, refrigeran dalam fasa campuran uap-cair, mengalir melalui sebuah penukar kalor yang disebut evaporator. Pada tekanan evaporator, titik didih refrigeran haruslah lebih rendah daripada temperatur lingkungan (media kerja atau media yang didinginkan), sehingga dapat terjadi perpindahan panas dari media kerja ke dalam refrigeran. Kemudian refrigeran yang masih berwujud cair menguap di dalam evaporator dan selanjutnya refrigeran meninggalkan evaporator dalam fasa uap jenuh. Proses penguapan tersebut berlangsung secara reversibel pada tekanan yang konstan.



Gambar 2. Siklus Kompresi Uap Aktual dan Standar

Kerja kompresi merupakan perubahan entalpi[20] pada proses 1-2. Laju perpindahan kalor yang dibutuhkan dalam kondensor merupakan fungsi dari kapasitas

refrigerasi, suhu penguapan serta suhu pengembunan. Kondensor harus dapat mengeluarkan energi yang diserap oleh evaporator serta kalor kompresi yang diberikan oleh kompresor.

Berdasarkan uraian di atas, Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi operasi dari siklus refrigerasi yang ada dalam perusahaan khususnya untuk sistem *Air Handling Unit* (AHU).

METODE

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah mengumpulkan data-data primer dan sekunder terkait system refrigerasi kompresi uap yang ada di perusahaan melalui beberapa tahapan, yaitu 1) Melakukan pengenalan dan observasi, untuk mengetahui kondisi operasi dari siklus refrigerasi yang ada dalam perusahaan khususnya untuk system *Air Handling Unit* (AHU); 2) Melakukan wawancara dan diskusi terhadap staff *engineering* yang berhubungan langsung dengan system refrigerasi; 3) Study Literatur; 4) Pengambilan data dengan pengamatan secara langsung dilapangan melalui *control room* serta keterangan dari operator dan staff *engineering*; dan 5) Melakukan pengolahan data, analisa hasil dan pembahasan; dan 6) Penarikan Kesimpulan. Dalam melakukan analisis koefisien unjuk kerja AHU pada daur refrigerasi kompresi uap, penelitian dilaksanakan di PT. Central Pertiwi Bahari Tulang Bawang Lampung,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan analisis koefisien unjuk kerja AHU pada daur refrigerasi kompresi uap, dibutuhkan beberapa parameter antara lain:

Data Teknis Komponen

Kompresor

Refrigeran : NH₃
 AP (Mpa) : 2,2
 DP (Mpa) : 2,0
 TP (Mpa) : 3,3
 Capacity : 1639,6 Kkal/h

Agus Apriyanto

Analisis Unjuk Kerja AHU (Air Handling Unit) Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran NH3 (Studi Kasus di PT. CPB)

TE/TC : -3°C/38 °C

Motor Kompresor

Absor Power : 359,8 kW

Motor Effect : 450 kW

Running Speed : 2950 Rpm

Pompa Oli

Voltage : 380 V; 50,60 HZ

Def. P : 0,2 Mpa

Maz. P : 2,5 Mpa

Kondensor

Merk : Evapco

Capacity : 2.542.000Kkal/h

Fan motor size : 15 kW

Cond temperatur : 38°C

Wet Bulb Temp : 28°C

Air Handling Unit

Max allowable working pressure: 16 bar

Max/min allowable working temperature : 140°C / -60 °C

Test Pressure : 18 bar

Test Medium : Air Pressure

Volume in Liter : 57,5°C

Fan Type : Radial Fan 11 kW

Receiver Tanks

Design Pressure : 1.6 Mpa

Design Temperatur : 60 °C

Volume : 8500 Liter

Accumulator

Discharge Pressure : 1.3 Mpa

Pneum Test Press : 1,63 Mpa

Capacity : 200 Liter/min

Drain Oil

Discharge Pressure : 1.6 Mpa

Discharge Temperatur : 100°C

Pneum Test Press : 2,0 Mpa

Capacity : 200 Liter/min

Thermosiphon Receiver

Design Pressure : 1.6 Mpa

Design Temperatur : 100°C

Pneum Test Press : 2,0 Mpa

Capacity : 200 Liter/min

Diameter : 609 mm

NH³ Pump

Head : 40 m

Capacity : 423 l/min

Output : 5,5 kW

Amp : 13 A

Volt : 308,5 V

Data Pengamatan

Data hasil pengamatan merupakan data rata-rata selama sembilan kali pengamatan langsung di lapangan pada saat sistem beroperasi, juga didasarkan pada jurnal harian kerja. Data hasil pengamatan diperoleh sebagai berikut :

Tabel 1. Data Pengamatan Kompresor

Deskripsi Waktu	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Suction Press (KgFG)	3,21	3,34	3,25	3,15	3,38	3,24	3,28	3,28	3,37
Suction Temp. (°C)	6	6	6	5,9	6	6	6	6	6,1
Discharge Press. (KgFG)	13,4	13,5	13,4	13,3	13,4	13,5	13,4	13,6	13,2
Discharge Temp. (°C)	80	81,4	80	80,3	80,3	80,2	80,2	81	80
Oil Press (KgFG)	2,3	2,3	2,4	2,3	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4
Oil Temp. (°C)	56,5	57,2	57,2	56,5	57,1	56,2	57,2	57,2	55,7
Oil Level (%)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
S.V	57,3	57,5	57,5	57,5	57,6	57,6	56,2	57,8	46,1
Ampere	444	446	441	441	454	447	431	432	407

Tabel 2. Data Pengamatan Accumulator dan Evaporator

Deskripsi Waktu	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Accumulator (°C)	-3	-,3,1	-3	-3	-3	-3,1	-3	-3,2	-2,9
Suction Temp. (°C)	6	6,1	6	6	6,2	6,1	6,2	6	5,9

Tabel 3. Data Pengamatan Kondensator

Deskripsi Waktu	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00
Tekanan Uap (KgFG)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Temperatur Masuk (°C)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Temperatur Keluar (°C)	36	36	36	36	36	36	36	36	36

Perhitungan Dampak Rrefrigerasi (QL)

Entalphi masuk dan keluar evaporator

Diperoleh nilai entalpi masuk dan keluar evaporator sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Entalphi masuk (h}_{in}) &= h_f \text{ pada } T_{in} = \\ &h_{in} \text{ pada } -3^{\circ}\text{C} = 186,161 \text{ kJ/kg} = \\ &1281,86 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Perhitungan Kerja Kompresi (Wkomp)

Entalphi masuk dan keluar evaporator

Diperoleh nilai entalpi masuk dan keluar kompresor sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Entalphi masuk (h}_{in}) &= h_g \text{ pada } T_{in} = h_{in} \\ &\text{pada } 6^{\circ}\text{C} = 1467,82 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui nilai entalphi (h₂) kita gunakan diagram A1 tekanan-entalphi panas lanjut refrigerant ammonia, maka diperoleh nilai entalphi keluar kompresor sebesar:

$$\begin{aligned} W_{komp} &= h_2 - h_1 = 1620 \text{ kJ/kg} - 1467,82 \\ &\text{kJ/kg} = 152,18 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Coefficient of Performance (COP)

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} \\ &= \frac{1281,86 \text{ kJ/kg}}{152,18 \text{ kJ/kg}} \\ &= 8,420 \\ &\text{(Range } 8,25 - 10,3) \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan dampak refrigerasi dari Sistem AHU adalah 1281,86 kJ/kg, dengan kerja kompresor sebesar 152,18 kJ/kg dan menghasilkan COP sebesar 8,420. Dari hasil tersebut terlihat bahwa koefisien prestasi dari sistem berada pada kondisi yang baik dengan memabandingkan nilai koefisien prestasi pada standar desain sistem yakni range 8,25 s.d 10,3. Hal ini dikarenakan komponen yang ada pada sistem -3 °C terutama untuk sistem AHU dilakukan perawatan dengan baik. Pemilihan ammonia (NH₃) sebagai media pendingin yang digunakan dalam sistem

refrigerasi ini memiliki selisih titik beku dan titik didih yang tidak terlampau jauh sehingga kerja kompresor tidak terlalu besar sehingga dapat diperoleh koefisien prestasi yang tinggi.

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian terhadap analisis unjuk kerja AHU pada daur refrigrasi kompresi uap PT. Central Pertiwi Bahari menunjukkan bahwa belum terdapat penurunan koefisien presatasi yang signifikan (8,420) masih dalam range koefien prestasi desain spesifikasi yang sekitar 8,25 s.d 10,3 hal ini terbukti bahwa operasional dan maintenance dilapangan dilakukan dengan baik, kerusakan pada sistem masih dapat diminimalisir.

Selain itu pengaruh penggunaan refrigerant sangat berdampak pada pada koefisien prestasi dari sistem. Koefien prestasi yang tinggi menunjukkan sejumlah tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja. Amonia memiliki selisih antara titik beku dan titik didih yang tidak terlalu jauh sehingga kerja kompresor tidak terlalu besar.

Teknologi sistem refrigerasi jenis kompresi uap memiliki koefisien prestasi yang tinggi dan efek terhadap lingkungan yang baik sehingga dapat direkomendasikan untuk industri pengolah udang di Indonesia dan di Lampung khususnya

REFERENSI

[1] E. Erita, S. E. Darza, A. P. Kurniawan, and N. Nofrizal, "The Main Refrigeration Compressor di KM. Sabuk Nusantara 37 pada PT. Pelni," *Maj. Ilm. Bahari Jogja*, vol. 19, no. 2, pp. 20–34, 2021, doi: 10.33489/mibj.v19i2.271.

[2] P. Saksono, Gunawan, B. Maryanti,

- and S. N. S. Sidabutar, "Peranan Asosiasi Pendingin Dan Tata Udara (APITU) Indonesia Terhadap Peningkatan Kompetensi Teknisi Anggotanya," *Abdimas Unwahas*, vol. 5, no. 2, pp. 72–77, 2020.
- [3] L. N. Tilqadri, I. Nofitra, Isnanda, Feidihal, and Y. Yetri, "Identifikasi Kerusakan dan Perbaikan Refrigerator Freezer AR763," *J. Teknol. dan Rekayasa Manufaktur*, vol. 3, no. 1, pp. 45–58, 2021, doi: 10.48182/jtrm.v3i1.69.
- [4] A. S. Almujaahidi, D. Moentamaria, and H. P. Utomo, "Pengaruh Suhu Pendinginan Umpan Pada Proses Refrigeration Terhadap Produk Lean Gas Di Unit Lpg Plant Di PT Gasuma Federal Indonesia (GFI) Soko-Tuban," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 229–235, 2020.
- [5] F. A. Pratama, W. H. Mitrakusuma, M. A. Falahuddin, and W. S. Ayu, "Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32, R22 & R1270 Menggunakan REFPROP," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2021, vol. 12, pp. 472–477.
- [6] F. Fauzan and A. Badarudin, "Performansi Sistem AC Split Inverter Menggunakan Alat Ekspansi Pipa Kapiler dan Electronic Expansion Valve (EEV)," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 227–233.
- [7] O. Purba, T. B. Sitorus, H. Ambarita, F. H. Napitupulu, and D. M. Nasution, "Rancang Bangun Alat Penguji kapasitas Adsorpsi Pada Mesin Pendingin Adsorpsi Dengan Menggunakan Adsorben Karbon Aktif," *J. Din.*, vol. 3, no. 3, pp. 51–59, 2015.
- [8] A. Z. A. M., H. Ambarita, T. B. Sitorus, F. H. Napitupulu, and A. P., "Pengujian Kemampuan Adsorpsi dari Adsorben Alumina Aktif Untuk Mesin Pendingin Tenaga Surya," *J. Din.*, vol. 6, no. 1, pp. 57–70, 2018.
- [9] A. S. Nugroho, "Analisa Pengaruh Panjang Pipa Dan Diameter Pipa Subcooler, Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin, Dengan Penambahan Subcooling," *Publ. Online Mahasiswa Teknik Mesin UNTAG Surabaya*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [10] B. H. Hidayati, H. H. Haryanto, and W. A. Pangestu, "Rancang Bangun Miniatur Mesin Pendingin Pembuat Asap Cair Sebagai Bahan Pembekuan Lateks," *PETRA J. Teknol. Pendingin dan Tata Udar.*, vol. 6, no. 2, pp. 9–18, 2019.
- [11] C. Carli, H. Hartono, and S. Sunarto, "Pembuatan Alat Pengereng Serbuk Tembaga Dengan Menggunakan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap," in *Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi*, 2016, vol. 1, no. 1.
- [12] F. Irawan, H. Sumarna, and Kartini, "Perencanaan Air Handling unit (AHU) Pada Gedung Serbaguna Desa Lumpatan I," *J. PETRA*, vol. 6, no. 2, pp. 43–52, 2019.
- [13] J. Sinaga, Y. Witanto, and A. Nuramal, "Analisa Koefisien Ujuk Kerja Mesin Pendingin (Chiller) Unit 1 Pada Power House," *Rekayasa Mek. Mech. Eng. Sci. Journal, Pure Inter Discip.*, vol. 6, no. 1, pp. 31–37, 2022.
- [14] A. A. Fakhruddin and E. Setijono, "Pengembangan Air Conditioning System Sebagai Bahan Pembelajaran Di Politeknik Penerbangan Surabaya," in *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 2019, vol. 3, no. 2.
- [15] D. Kurniawan, A. Aziz, and R. I. Mainil, "Perancangan Kondensor Mesin Pengereng Pakaian Menggunakan Air Conditioner ½ Pk Siklus Udara Tertutup," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 15, no. 2, pp. 57–62, 2016.
- [16] I. Faozan, "Analisis Perbandingan Evaporator Kulkas (Lemari Es) Dengan Menggunakan Refrigerant R-22 Dan R-134a," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 3, 2015.
-

- [17] H. Poernomo, “Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2015.
- [18] A. Jumhan and A. D. Cappenberg, “Analisis Kinerja Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan Dengan Menggunakan Refrigeran R-22 dan Hidrokarbon (MC-22),” *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 14–25, 2017.
- [19] K. Kusnandar, Y. Kurniawan, and Y. N. Rohmat, “Analisa Performansi Mesin Pengkondisi Udara Menggunakan Refrijeran R-32,” in *Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service*, 2018, vol. 2.
- [20] A. D. Tresna, B. A. Fachri, A. Z. Muttaqin, M. N. Kustanto, D. L. Setyawan, and M. E. Ramadhan, “Analisis Pengaruh Tipe Kondensor Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Menggunakan Double Evaporator,” *STATOR J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 28–32, 2022.