

Analisis Performa Mesin Pendingin pada Konversi Mesin AHU Kapal Ambulance Menjadi Mesin Uji AHU Skala Laboratorium

George Endri Kusuma¹, Lely Pramesti¹, Agung Purwana¹, Ponti Almas Karamina¹,
Burniadi Moballa¹, Alwi Arrosyid¹, Robi Dahlan¹, Asrori Asrori²

¹ Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

² Politeknik Negeri Malang

Jl. Teknik Kimia, Surabaya, 60111, Surabaya

e-mail: kusuma.george@ppns.ac.id, lelypramesti@ppns.ac.id, agung.purwana@ppns.ac.id, ponti.almas@ppns.ac.id,
bmoballa@ppns.ac.id, alwiarrosyid@student.ppns.ac.id, robidahlan@student.ppns.ac.id, asrori@polinema.ac.id

Abstrak

Penelitian ini meneliti performa *Energy Efficiency Ratio (EER)* dan *Coefficient of Performance (COP)* mesin *Air Handling Unit (AHU)* dari konversi sistem pendingin kapal Ambulance yg didesain beroperasi pada set-up 100% udara segar menjadi mesin uji AHU di laboratorium permesinan fluida. Metode pengujian melibatkan pengukuran langsung pada sistem pengkondisian udara unit AC Daikin SkyAir yg terpasang serta analisis data untuk menghitung nilai EER dan COP serta menganalisis *heat gain* antar diffuser efek dari dimensi sistem ducting. Hasil menunjukkan bahwa nilai EER paling optimal yaitu pada kondisi fan speed high fan (459 CFM) dengan nilai EER 13.88 BTU/hr*w sedangkan nilai COP paling optimal pada kondisi fan speed low (388 CFM) dengan nilai COP 4.32. Kerugian panas sistem (*heat gain*) bervariasi tergantung pada lokasi diffuser pada sistem ducting, *heat gain* dari dua kondisi fan speed antara diffuser 1 dengan yang lainnya berkisar dari 2.3° C sampai 4.1° C. *Heat gain* terbesar terjadi pada diffuser 1 dengan diffuser 4 dari kondisi fan speed low 388 CFM, hal ini menunjukkan bahwa udara yang mengalir ke diffuser terakhir mengalami pemanasan yang signifikan efek panas transmisi serta pengaruh kondisi fan speed. Penelitian ini memberikan pandangan yang komprehensif tentang bagaimana korelasi variabel – variabel operasi mesin pendingin dan pengkondisian udara ini saling berinteraksi yang mempengaruhi performa keseluruhan sistem.

Kata kunci: COP, Damper, Diffuser, *Energy Efficiency Ratio*, *Heat Gain*, Performa

Abstract

*This research investigates the performance of the Energy Efficiency Ratio (EER) and Coefficient of Performance (COP) of the Air Handling Unit (AHU) from the conversion of an Ambulance Boat cooling system designed to operate at a 100% fresh air setup into a test AHU machine in the Fluid Mechanics Laboratory. The testing method involves direct measurement on the installed Daikin Sky Air AC unit air conditioning system and data analysis to calculate EER and COP values and analyze heat gain between diffusers as an effect of the ducting system dimensions. The results show that the most optimal EER value is achieved at high fan speed (459 CFM) with an EER of 13.88 BTU/hr*w, while the most optimal COP value is at low fan speed (388 CFM) with a COP of 4.32. System heat gain varies depending on the diffuser location within the ducting system, with heat gain between diffusers at two fan speed conditions ranging from 2.3°C to 4.1°C. The highest heat gain occurs between diffuser 1 and diffuser 4 at low fan speed 388 CFM, indicating that air flowing to the last diffuser undergoes significant heating due to transmission heat and the influence of fan speed conditions. This research provides a comprehensive correlation of operating variables in refrigeration and air conditioning systems interact, affecting the overall performance of the system*

Keywords: COP, Damper, Diffuser, Efficiency Energy Ratio, Heat Gain, Performance

1. Pendahuluan

Sistem pengkondisian difungsikan utama sebagai menjadi proses pendinginan udara sehingga dapat mencapai temperature dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara suatu ruangan tertentu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Menurut standar nasional, suhu dalam ruangan yang diinginkan adalah 20 – 24°C dengan tingkat kelembaban relatif 30 – 60%(Rachman et al., 2022). Prinsip dasar mesin pendingin didasarkan pada kenyataan bahwa zat cair dapat diuapkan pada temperatur tertentu, dengan mengubah tekanan di atasnya. Agar suatu fluida dapat menguap maka fluida tersebut harus menyerap panas. Penyerapan panas yang dilakukan pada proses refrigerasi memanfaatkan sifat – sifat panas (thermal) dari refrigerant, refrigerant adalah sejenis cairan yang mempunyai titik didih sngat rendah pada tekanan atmosfeir(Erita et al., 2021). Refrigeran mengalir dalam mesin pendingin untuk menyerap panas dari benda atau udara yang diinginkan dan membawanya kemudian membuangnya ke udara sekeliling benda/ruangan yang dinginkan(Apriyanto, 2023). Pada proses penyerapan panas fluida yang menguap akan mendinginkan medium dari mana panas itu diserap. Refrigerasi dan pengkondisian udara merupakan teknik terapan dari teori perpindahan kalor dan termodinamika. Sifat Termodinamika merupakan karakteristik atau ciri dari bahan yang dapat diijaki secara kuantitatif seperti suhu, tekanan, kerapatan massa, volume spesifik, kalor spesifik, entalpi, entropi, dan sifat cair-uap dari suatu keadaan. Macam-macam sistem pengkondisian udara sebenarnya dasar termodinamika dan komponen utama dari sistem pengkondisian udara, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Alat pengolahan udara biasa dikenal dengan istilah Air Handling Unit (AHU). AHU terdiri dari saluran udara masuk, filter dan kipas yang berfungsi menghembuskan udara suplai dan koil pendingin untuk mendinginkan udara yang didistribusikan. Air Handling Unit (AHU) mempunyai prinsip kerja yang hampir sama dengan AC yaitu menjaga temperature udara agar tetap konstan dan dapat dioperasikan secara manual dan otomatis.

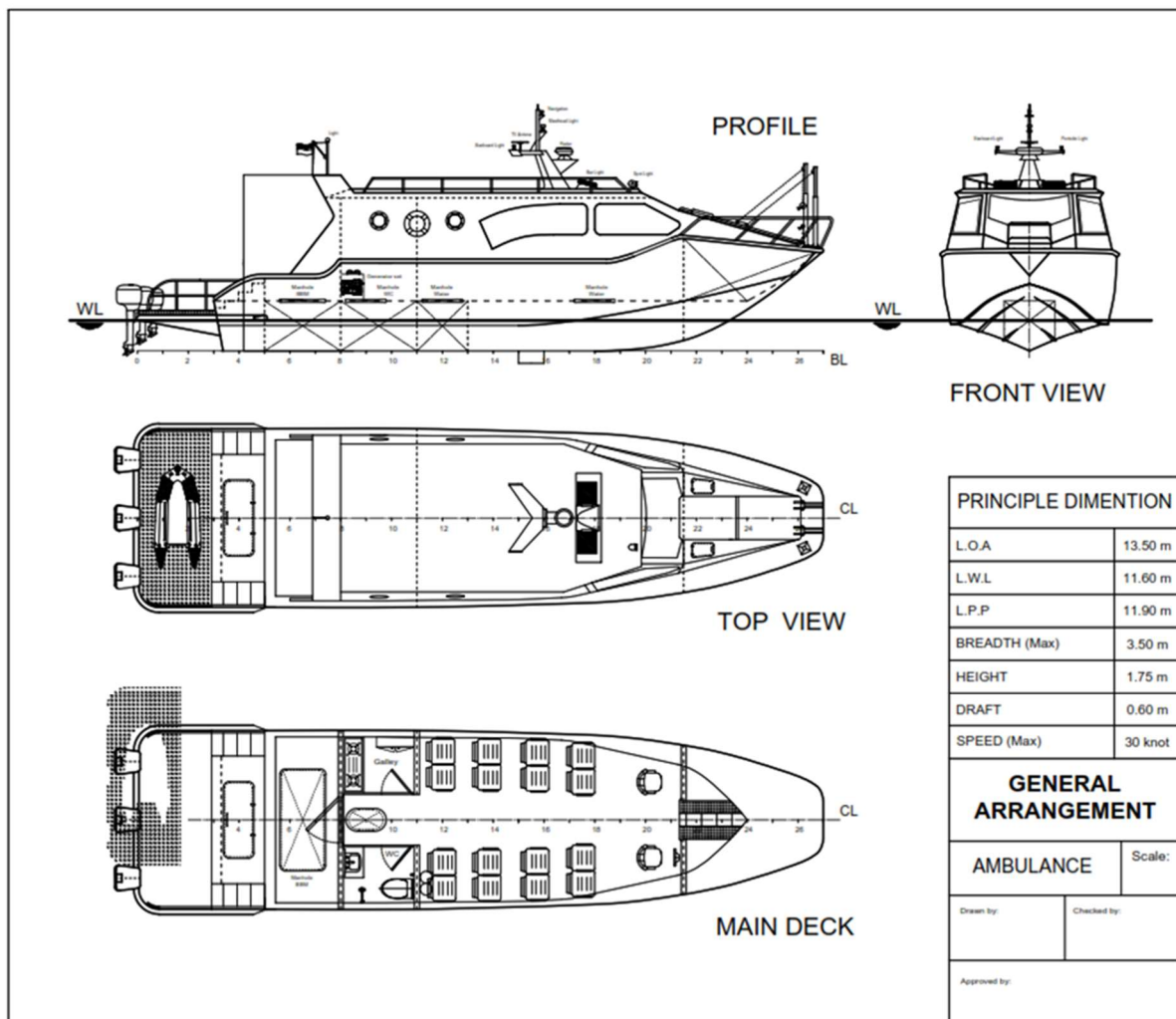
Air Handling Unit (AHU) banyak digunakan pada gedung, mall, ruang produksi, dan masih banyak lagi dengan menggunakan air yang berasal dari hasil pendinginan evaporator yang di sirkulasikan dengan menggunakan pompa menuju coil pada AHU, kemudian udara di hembuskan oleh blower dan didistribusikan dengan menggunakan ducting menuju ruang. Ducting merupakan saluran yang berfungsi untuk mendistribusikan udara pada ruangan yang dituju sehingga harus dilakukan perancangan yang matang mungkin dengan tujuan meminimalkan hambatan aliran(Santoso, 2023). Hambatan aliran udara pada ducting dapat berasal dari banyaknya elbow atau belokan, banyaknya sambungan pada lintasan ducting. Pengaturan kelembapan dan temperatur udara dilakukan melalui pengaturan laju aliran massa udara pada cooling coil. Pengontrolan kelembapan dan temperatur ini bertujuan agar output udara yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi ruangan yang telah ditetapkan(Sholihah, 2023). Kondisi ini dapat dilakukan dengan mengatur jumlah supply udara yang masuk pada evaporator dengan mengatur bukaan damper sehingga dapat meningkatkan ataupun mengurangi laju aliran udara yang masuk dan akan mempengaruhi kapasitas pendinginan(Almaududi, 2020)(Yenni Arnas, 2023). Selain laju aliran udara, laju aliran massa refrigerant juga berpengaruh pada performa mesin pendingin terutama pada efisiensi energi. Laju aliran massa refrigerant akan berbanding terbalik dengan temperatur evaporasi dimana semakin tinggi temperatur evaporasi maka laju aliran refrigerant akan semakin kecil. Temperatur evaporasi juga mempengaruhi konsumsi energi pada sistem pendingin. Temperatur evaporasi berbanding terbalik dengan penggunaan konsumsi energi, semakin tinggi temperatur evaporasi maka konsumsi energi akan kecil(Dwinanto et al., 2021). Dalam sistem pengkondisian udara juga dipengaruhi oleh beban pendinginan yang ada pada ruangan yang dikondisikan(Penelitian & Darat, 2017). Kinerja sistem pendingin juga dipengaruhi oleh pelepasan kalor yang ada pada kondensor. Pelepasan kalor pada kondensor mempengaruhi temperatur keluaran kondensor dan temperatur evaporator. Dimana semakin besar pelepasan kalor pada kerja kondensor maka kerja kompresor sistem pendingin semakin baik(Siagian, 2017) (Muhammad Hasan Sahlil, M Edi Pujianto, Muhammad Subri, 2024). Selain beberapa faktor yang telah disebutkan sebelumnya, beban pendingin juga mempengaruhi kinerja sistem pendingin. Beban pendingin dapat digunakan untuk menentukan efisiensi kerja kompresor pada sistem pendingin. Pengukuran efisiensi dari kerja kompresor pada umumnya dinamakan *Coefficient Of Performance* (COP). COP merupakan indikator efisiensi sistem pendingin udara menjadi faktor penting untuk mengurangi daya listrik sistem pendingin(Soewono et al., 2023). COP merupakan tolak ukur kinerja kompresor, dimana semakin tinggi nilai COP maka kinerja kompresor akan dinilai semakin efisien atau semakin baik(Mayrullah, 2020)(Nasution et al., 2020). Selain COP dilakukan perhitungan *Energy Efficiency Ratio* (EER), yaitu rasio perbandingan energi yang digunakan dengan beban pendingin. Selain pengaruh diatas pengaturan temperatur yang akan dicapai sistem pendingin juga memberikan pengaruh terhadap nilai COP(Irsan et al., 2024).

Penelitian ini meneliti perubahan performansi dan desain mesin AHU yang diaplikasi pada kapal ambulance menjadi alat pengujian praktikum sistem pengkondisian udara di Laboratorium Mesin Fluida. Desain sistem AHU kapal ambulance memiliki karakteristik udara input ke evaporator 100% udara segar tanpa ada penggunaan udara resirkulasi

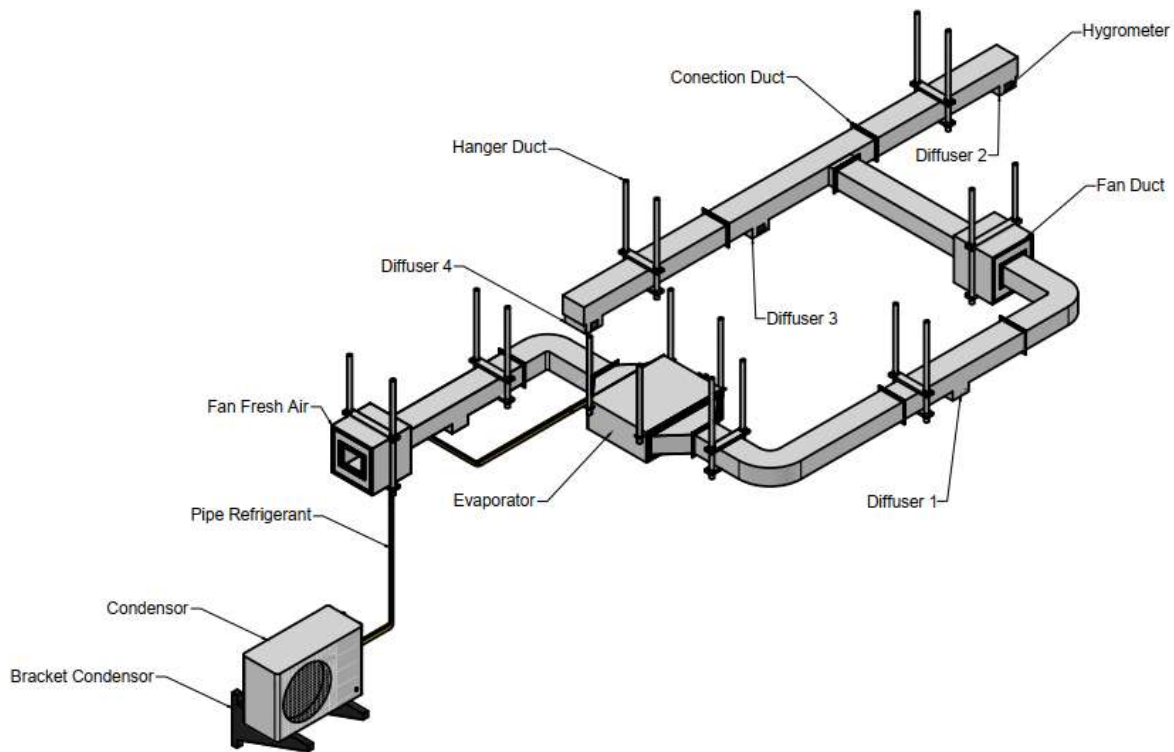
(return) dari ruang yang dikondisikan.. Desain ini ditujukan untuk menghindari penyebaran penyakit akibat adanya udara resirkulasi ruang perawatan. Desain AHU kapal ambulance dimodifikasi dan dikonversi menjadi sistem simulasi AHU dengan beban panas ruangan di Laboratorium. Penelitian ini menganalisa performa *Coefficient Of Performance* (COP) dan *Energy Efficiency Ratio* (EER) mesin AHU pada operasional 100% udara segar (fresh air) dengan kondisi terinstall pada laboratorium permesinan fluida PPNS dibandingkan dengan standard spesifikasi pabrik. Spesifikasi fabrikasi sistem AHU adalah sebagai *indoor unit* Daikin SkyAir tipe FDBNQ18MV14 dan *outdoor unit* tipe RNQ18MV14 kapasitas 17700 BTU/hr menggunakan kompresor RN207VHQMT dengan performatas EER standard fabrikasi 10.42 dan luas penampang sistem distribusi udara (*ducting*) 0.032025 m² dan 4 keluaran diffuser.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang diaplikasikan pada penelitian ini yaitu rancang bangun dan eksperimen untuk pengambilan data primer hasil pengujian untuk menganalisis performa mesin AHU untuk dibandingkan data sekunder berupa standard pabrik. Penelitian ini dimulai dengan review desain eksisting sistem ducting dan spesifikasi equipment mesin AHU milik kapal Ambulance yang dikonversi menjadi sistem Ducting dan AHU pada ruangan laboratorium yang akan digunakan sebagai tempat uji pembelajaran seperti desain gambar 2. Proses erection dan pemasangan alat ukur dan kontrol pada pengujian dilakukan dan dilanjutkan pengujian pengoperasian untuk memperoleh data-data primer pengujian performa. Pengujian sistem AHU dilakukan pada 2 variasi kondisi kecepatan fan yaitu high speed fan 388 dan 459 CFM dan kondisi low speed fan 388 CFM untuk dilakukan pengukuran dan analisis terhadap performa COP dan EER pada sistem.



Gambar 1 Rancangan Umum Kapal Ambulance



Gambar 2 Desain Sistem Ducting Pengkondisian Udara dan Sistem Pendingin

Pada gambar 2 menunjukkan rancangan AHU yang dipasang pada laboratorium permesinan fluida dengan menggunakan konsep awal desain pada kapal ambulance yaitu tanpa menggunakan return air/resirkulasi. Desain ini hanya menggunakan fresh air yaitu udara yang masuk ke dalam evaporator hanya menggunakan fresh air 100%. Perhitungan performansi sistem pendingin berdasarkan data yang diperoleh dari beberapa variasi percobaan. Formula yang digunakan sebagai perhitungan performansi adalah sebagai berikut :

Persamaan untuk menghitung massa refrigerant yang dialirkan pada sistem melibatkan kebutuhan daya compressor dan refrigeration effect yang dicapai oleh mesin pendingin sesuai formula dibawah :

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \theta \quad (1)$$

$$Q_{\text{evaporator}} = h_1 - h_4 \quad (2)$$

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \frac{P}{Q_{\text{evaporator}}} \quad (3)$$

Kalkulasi performa mesin pendingin menggunakan performa unit-unit Evaporator, Compressor dan Condenser dengan korelasi persamaan-persamaan dibawah :

$$Q_{\text{evaporator}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_1 - h_4) \quad (4)$$

$$W_{\text{compressor}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_2 - h_1) \quad (5)$$

$$W_{\text{compressor}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_2 - h_1) \quad (6)$$

$$Q_{\text{condenser}} = \dot{m}_{\text{refrigerant}} (h_{2a} - h_1) \quad (7)$$

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{compressor}}} \quad (8)$$

Persamaan untuk mengukur performansi dari sistem pengkondisian udara secara keseluruhan sistem digunakan persamaan Energy Efficiency Ratio (EER), yang mana persamaannya di bawah :

$$Q_{\text{evaporator}} = \dot{m}_{\text{udara}} (h_{\text{out evap}} - h_{\text{in evap}}) \quad (9)$$

$$\text{EER} = \frac{Q_{\text{udara}}}{P_{\text{compressor}}} \quad (10)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian sistem pendingin pada kondisi beban volume flowrate pada mode High dan Low didapatkan hasil data temperatur dan tekanan refrigerant di setiap titik pengukuran. Pengolahan data pengujian dikalkulasi untuk mendapatkan informasi performa COP mesin pendingin dan EER dari sistem AHU. Hasil kalkulasi performa ditabelkan di bawah :

Tabel 1 Data Hasil Pengujian dan Perhitungan COP Sistem Pendingin

Temperatur Evaporator (°C)	Fan Speed	T1	T2	T3	P1	P2	I	V	Pkompresor	m	Qevaporator	Qkondensor	Wa kompresor	Wi kompresor	COP a	COP i	Efisiensi Isentropis
		°C	°C	°C	bar	bar	A	V	kJ/s	kg/s	kJ/s	kJ/s	kJ/s	kJ/s			
17	High (459 CFM)	15.6	82.9	37.1	9.8	30.5	7.3	228	1.33	0.0077	1.33	1.65	0.31	0.25	4.24	5.28	0.80
	Low (388 CFM)	15.1	82.4	36.4	9.4	30	7.1	228	1.30	0.0074	1.30	1.60	0.30	0.25	4.32	5.18	0.83

Tabel 2 Data Hasil Pengujian dan Perhitungan EER sistem AHU

Temperatur °C	Fan Speed	Keluar Evaporator				A	Q			m	Masuk Evaporator			Q Evaporator		I	V	Pkompresor	EER
		T	RH	h	v	m²	m³/s	CFM	kg/s	T	RH	h	kJ/s	BTU/hr (3412.142)	A	V	watt	BTU/hr°w	
		°C	%	kJ/kg	m/s					°C	%	kJ/kg							
17	High (459 CFM)	16	88	41.07	3.03	0.030225	0.092	194.1	0.1099	38	49	90.37	5.418	18486.90	7.3	228	1331.52	13.88406	
	Low (388 CFM)	15	88	39.49	2.62	0.030225	0.079	167.8	0.095	38	49	89.19	4.723	16115.08	7.1	228	1295.04	11.58878	

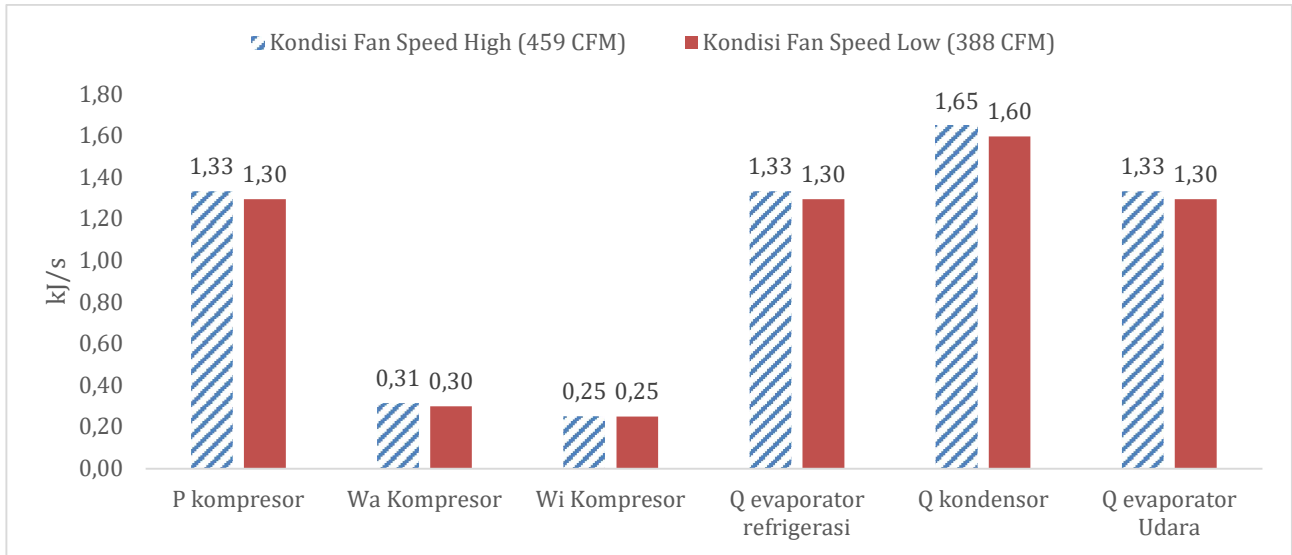
Tabel 3 Volume Flow-Rate Dari Udara

Temperatur in °C	Fan Speed	Diffuser 1	Diffuser 2	Diffuser 3	Diffuser 4	Jumlah Keluar	Jumlah Masuk
		m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
17	High (459 CFM)	0.100	0.077	0.057	0.079	0.313	0.237
	Low (388 CFM)	0.085	0.079	0.063	0.074	0.303	0.225

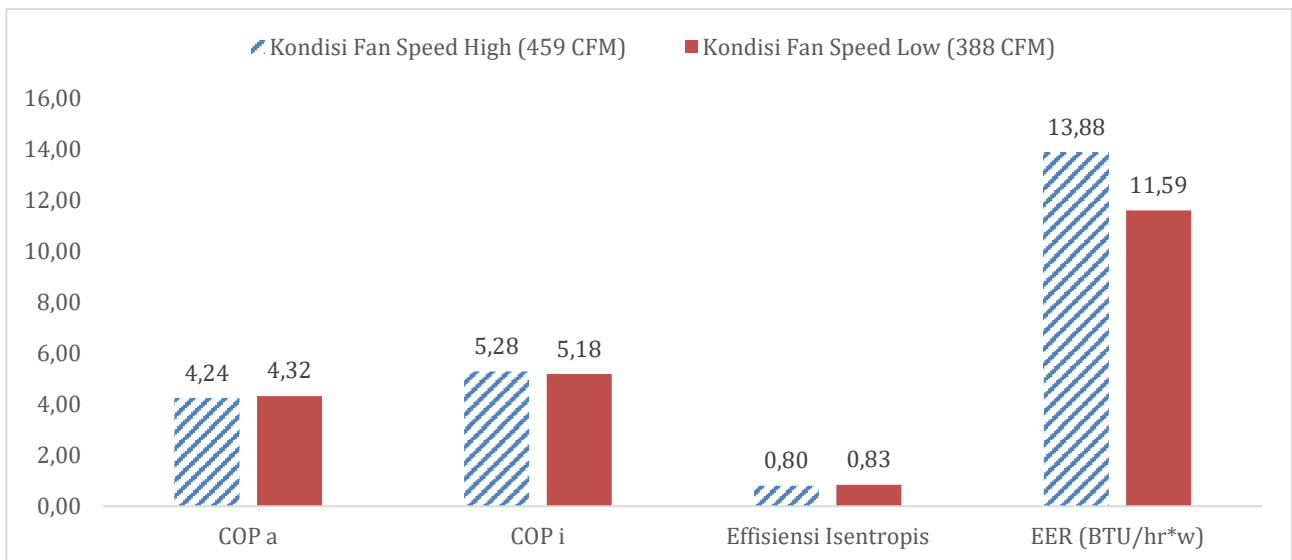
3.1. Pengujian Performa Sistem Pengkondisian Udara

- a) Analisis perbandingan performa unit sistem pendingin AHU pada variasi mode operasi.

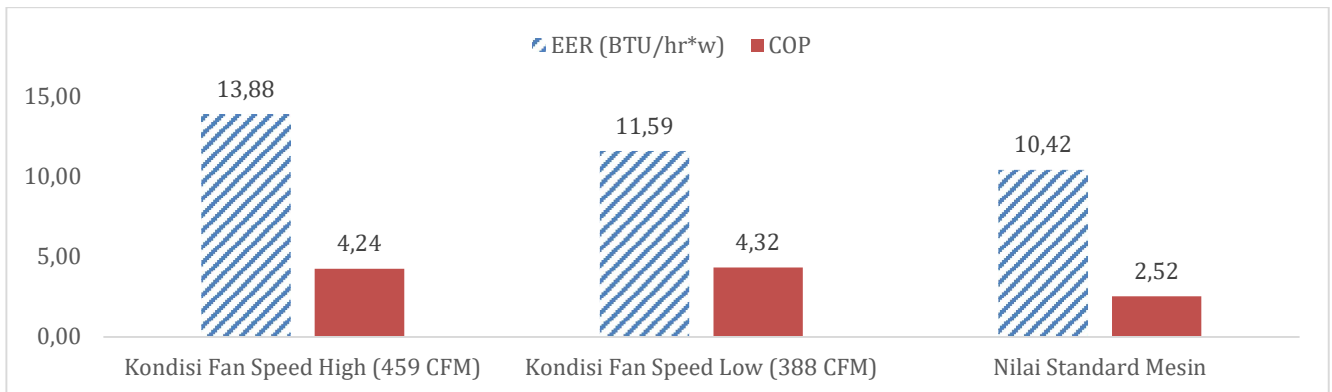
Pengujian performa mesin pendingin dan sistem AHU dilakukan pada 2 macam mode operasi yaitu high speed fan dengan volume rate < 459 CFM dan low speed fan < 388 CFM. Kalkulasi data pengujian didapatkan hasil grafik performa di bawah :



Gambar 3 Diagram Perbandingan Performa Sistem Pendingin AHU pada 2 Mode Operasi.



Gambar 4 Grafik analisis perbandingan Performansi COP, Efisiensi Isentropis dan EER -AHU pada 2 Mode Operasi.



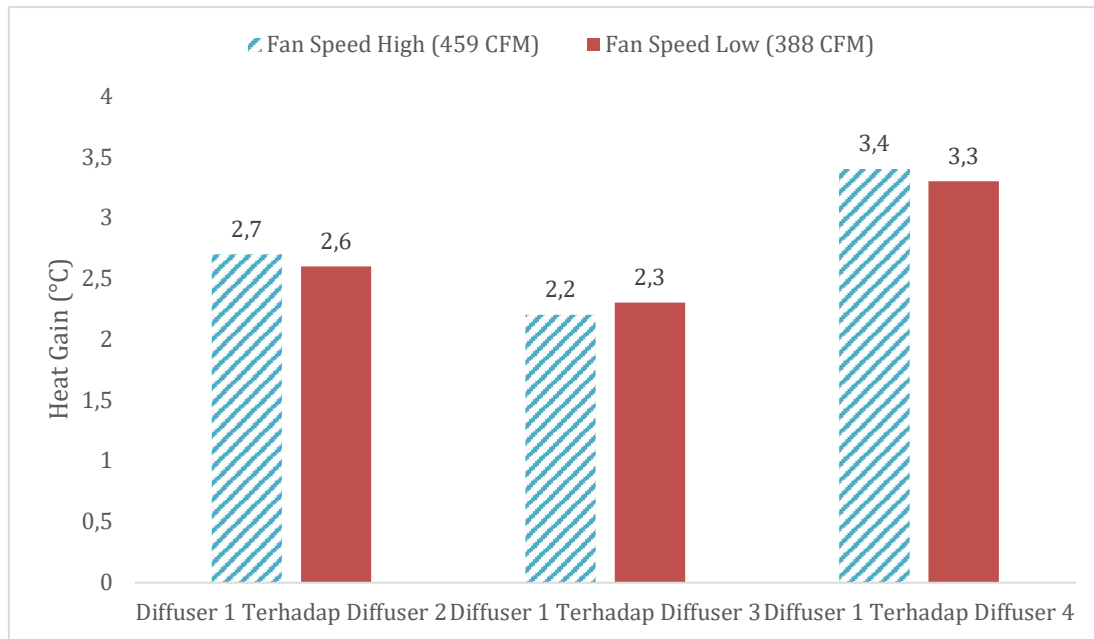
Gambar 5 Diagram Perbandingan Performa EER Sistem AHU pada Varian Mode Operasi Terhadap Kondisi Standard

Pada gambar 3 menunjukkan performa mesin refrigerasi dari mesin pendingin yang telah terinstall pada laboratorium permesinan fluida. Nilai tersebut digunakan dalam mencari nilai dari COP dan EER dari mesin refrigerasi yang akan diinstal. Pada gambar 4 merupakan performa dari efficiency energy ratio (EER) dan COP dari mesin pendingin yang telah terinstall pada laboratorium permesinan fluida. Pada diagram tersebut menunjukkan saat kondisi fan speed high nilai EER pada operasional fresh air 100% yaitu 13.88 BTU/hr*w dengan nilai air flow 194.1 CFM sedangkan pada saat kondisi fan speed low nilai EER pada operasional fresh air 100% yaitu 11.58 BTU/hr*w dengan nilai 167.8 CFM. Nilai EER berbanding lurus dengan nilai air flow dan q evaporator udara dimana semakin besar nilai air flow maka akan semakin besar nilai EER dan berbanding terbalik dengan nilai daya kompresor. Pada gambar 5 menunjukkan nilai COP dari mesin refrigerasi, pada mesin beroperasi kondisi fan speed high menunjukkan nilai COP aktual 4.24 dan COP ideal 5.28 sedangkan pada kondisi fan speed low menunjukkan nilai COP aktual 4.32 dan COP ideal 5.18. Nilai COP berbanding lurus dengan nilai q evaporator refrigerasi dan berbanding terbalik dengan nilai daya kompresor. Pada gambar 4 juga terdapat hasil efisiensi isentropik mesin dengan nilai 0.80 (80%) pada saat mesin refrigerasi beroperasi kondisi fan speed high dan 0.83 (83%) pada kondisi fan speed low. Nilai efisiensi berbanding lurus dengan nilai COP aktual dimana semakin besar nilai COP aktual maka semakin besar pula nilai dari efisiensi isentropis

Pada gambar 5 merupakan grafik perbandingan antara EER dan COP hasil percobaan dengan nilai EER dan COP standar mesin pendingin. Perbedaan nilai EER hasil uji coba dengan nilai EER standar pada kondisi fan speed high yaitu 33.2% sedangkan pada kondisi fan speed low yaitu 11.22%. Sedangkan untuk perbedaan nilai COP hasil uji coba dengan nilai COP standar pada kondisi fan speed high yaitu 68.2% sedangkan pada kondisi fan speed low yaitu 71.42%.

b) Analisis penambahan panas (heat gain) pada sistem saluran udara (ducting)

Sistem pengkondisian udara mendapatkan kerugian panas sebagai perpindahan panas transmisi akibat gradien temperatur udara yg dikondisikan dalam saluran udara terhadap temperatur udara luar ducting (suhu udara ruangan). Indikasi heat gain saluran diukur mengacu pada temperatur udara di diffuser #1 sebagai diffuser terdekat dengan evaporator.



Gambar 6 Nilai Heat Gain Sistem Ducting per Diffuser Mengacu pada Acuan Diffuser Terdekat dengan Sistem AHU

Pada gambar 6 menunjukkan indikasi penambahan panas dalam sistem (heat gain) dalam kondisi fan speed high (459 CFM) dan kondisi fan speed low (388 CFM) pada setiap diffuser secara keseluruhan rata – rata heat gain pada diffuser 1 terhadap diffuser 2, diffuser 1 terhadap diffuser 3, diffuser 1 terhadap diffuser 4 secara berturut – turut adalah 2.7° C, 2.3° C, dan 3.4° C. Heat gain yg diindikasikan dengan kenaikan temperatur terbesar terjadi antara diffuser 1 dan 4 pada kondisi fan speed high (459 CFM) hal ini menunjukkan bahwa udara yang menuju diffuser 4 mengalami pemanasan yang lebih signifikan setelah melewati beberapa titik distribusi dibandingkan diffuser lainnya serta pengaruh kondisi fan speed. Sedangkan heat gain paling kecil terjadi antar diffuser 1 dan 3 pada kondisi fan speed high (459 CFM), hal ini menunjukkan bahwa udara yang menuju diffuser 3 mengalami pemanasan yang lebih sedikit dikarenakan tanpa melewati titik distribusi lain serta pengaruh fan speed. Suhu yang lebih rendah pada diffuser 1 menunjukkan bahwa pendinginan di bagian awal sistem ducting lebih efektif . Hal tersebut dipengaruhi oleh kecepatan dan air flow yang lebih tinggi di diffuser 1 dapat membantu mendinginkan udara lebih efektif, selain itu variasi bukaan damper sangat mempengaruhi naik turun nya heat gain.

4. Kesimpulan

Nilai dari air flow yang keluar dari evaporator berpengaruh pada nilai efficiency energy ratio (EER). Nilai EER berbanding lurus dengan nilai air flow dimana semakin besar nilai air flow maka nilai EER akan semakin besar juga, begitu pula sebaliknya. Pada kondisi fan speed high <459 CFM dan >388 CFM merupakan kondisi yang optimal pada kondisi ini nilai EER yaitu 13.88 BTU/.hr*w dan nilai standar EER mesin pendingin yaitu 10.42 BTU/hr*w. Sedangkan nilai COP paling optimal yaitu pada kondisi fan speed low (<388 CFM) dengan nilai COP 4.32 dan nilai standar COP dari mesin pendingin yaitu 2.52 Semakin besar nilai velocity dan air flow pada diffuser maka semakin rendah juga temperatur pada diffuser tersebut begitu juga sebaliknya. Effisiensi pendinginan menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber udara dingin. Variasi bukaan damper fresh air dan return air sangat berpengaruh terhadap distribusi udara, terutama heat gain pada setiap diffuser. Pada heat gain kondisi fan speed high(459 CFM) bukaan damper fresh air 50% dan return air 50% merupakan heat gain terendah dari semua kondisi.

Daftar Pustaka

- Almaududi, M. (2020). Pengaruh Laju Aliran Udara Masuk Evaporator Terhadap Kapasitas Pendinginan (Coefficient Of Performance) Dan Kelembapan Udara Pada Sistem Refrigerasi Air Condition. *Edu Elekrika Journal*, 9(1), 20–23.
- Apriyanto, A. (2023). Analisis Unjuk Kerja AHU (Air Handling Unit) Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran NH 3 (Studi Kasus di PT . CPB) Performance Analysis of AHU (Air Handling Unit) Vapor Compression Refrigeration System Using NH3 Refrigerant (Case St. *Justimes*, 01(01), 34–41.
- Dwinanto, M. M., Bunganaen, W., & ... (2021). Studi Kinerja Teoritis Dan Konsumsi Energi Pengkondisian Udara Menggunakan R22 Dan R290. *LONTAR Jurnal Teknik ...*, 08(01), 91–98. <http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/view/4966%0Ahttp://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/download/4966/2884>
- Erita, E., Darza, S. E., Kurniawan, A. P., & Nofrizal, N. (2021). The Main Refrigeration Compressor di KM. Sabuk Nusantara 37 pada PT. Pelni. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 19(2), 20–34. <https://doi.org/10.33489/mibj.v19i2.271>
- Irsan, M., Setiawan, N., Akmal, M., & Kunci, K. (2024). Analisis Kinerja Sistem Variable Refrigerant Flow LG pada Saat Peak Load Control. 24–25.
- Mayrullah, F. (2020). Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Evaporator Terhadap Kinerja Kompresor Ac Inverter. *Jurnal EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, 3(1), 4–10. <https://doi.org/10.31602/eeict.v3i1.4534>
- Muhammad Hasan Sahlil, M Edi Pujianto, Muhammad Subri, P. (2024). Journal of Industrial and Engineering. *Journal of Industrial and Mechanical Engineering*, 2(1), 12–20.
- Nasution, M., Nasution, A., & Putra, M. M. (2020). Analisa Kinerja Air Conditioner (Ac) Terhadap Perubahan Tekanan Dan Kecepatan Putaran Kompresor Pada. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Fakultas Teknik UISU*, 4(2), 59–63.
- Penelitian, J., & Darat, T. (2017). PENGEMBANGAN DESAIN SISTEM PENGKONDISIAN UDARA KERETA API DESIGN DEVELOPMENT OF RAILWAY AIR CONDITIONING SYSTEM Taufik Hidayat dan 2 Firdausa Retnaning Restu UPT Balai Pengembangan Instrumentasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Gedung 30 Jl . Sangkurian. 19, 13–36.
- Rachman, A., Nesti, L., & Yanto, A. (2022). Kajian Sistem Pengkondisian Udara VRF/VRV di Rumah Sakit: Tinjauan Aspek Ekonomi dan Lingkungan Study of the VRF/VRV Air Conditioning System in the Hospital: A Review of Economic and Environmental Aspects. 12(1), 2089–4880. <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm>
- Santoso, H. (2023). Halaman 243-250 Prodi Pemeliharaan Mesin, Politeknik Negeri Media Kreatif. *Jl. Srengseng Sawah Raya*, 5(17), 243–250.
- Sholihah, M. (2023). Analisa Pengaturan Kelembapan Air Handling Unit Area Produksi Vaksin Sinovac PT. Biofarma. *Jurnal Teknik Energi*, 11(2), 20–24. <https://doi.org/10.35313/energi.v11i2.3907>
- Siagian, S. (2017). ANALISIS KARAKTERISTIK UNJUK KERJA KONDENSOR PADA SISTEM PENDINGIN (AIR CONDITIONING) YANG MENGGUNAKAN FREON R-134 a BERDASARKAN PADA VARIASI PUTARAN KIPAS PENDINGIN. *Bina Teknika*, 11(2), 124. <https://doi.org/10.54378/bt.v11i2.104>
- Soewono, A. D., Viriya, N., Andreas, L., Gunawan, H., & Darmawan, M. (2023). Rancang Bangun Sistem Pendingin Evaporatif Berbasis Penyemprotan Air Untuk Meningkatkan Performa Air Conditioner. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 995–1004. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2673>
- Yenni Arnas. (2023). *Jurnal Teknik Mekanikal Bandar Udara Vol.I No.1 Bulan Agustus ISSN (p) ISSN (e) Hal. 1 : 9. 1(1), 1–9.*