



Desain dan Eksperimen Variasi Bukaannya Damper Fresh Air dan Return Air terhadap Kinerja Mesin Pendingin pada Sistem AHU

George Endri Kusuma^{1*}, Lely Pramesti², Agung Purwana³, Ponti Almas Karamina⁴, Burniadi Moballa⁵, Alwi Arrosyid⁶, Robi Dahlan⁷, Asrori Asrori⁸

^{1,2,3,4,5,6,7}Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁸Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

Email: ¹kusuma.george@ppns.ac.id

Abstrak– Sistem Air Handling Unit (AHU) yang tidak optimal, khususnya pada kapal, dapat menimbulkan berbagai masalah seperti efisiensi energi rendah, distribusi udara yang tidak merata, serta peningkatan kerugian panas. Hal ini terjadi pada sistem AHU kapal Ambulance yang menggunakan 100% fresh air. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kinerja AHU dengan menganalisis Coefficient of Performance (COP), Energy Efficiency Ratio (EER), dan distribusi aliran udara menggunakan variasi bukaannya damper fresh air dan return air serta kecepatan kipas. Pendekatan eksperimental dilakukan dengan mendesain ulang sistem AHU menggunakan square ducting dan menambahkan damper untuk mengatur bukaannya fresh air dan return air. AHU yang digunakan memiliki kapasitas pendinginan 17.700 BTU/hr dan COP standar 2,52. Hasil penelitian menunjukkan konfigurasi optimal pada kecepatan kipas tinggi dengan bukaannya damper 50% fresh air dan 50% return air, menghasilkan COP 4,063 dan EER 9,77 BTU/hr*W. Distribusi udara yang merata pada diffuser tercapai pada konfigurasi yang sama, meningkatkan efisiensi sirkulasi udara. Selain itu, konfigurasi damper dengan 75% fresh air dan 25% return air memberikan kerugian panas terendah, meskipun tidak berpengaruh besar pada COP. Kesimpulannya, redesain damper dan ducting ini meningkatkan efisiensi energi, kinerja pendinginan, dan mengurangi kerugian panas pada sistem AHU kapal.

Kata Kunci: Air Handling Unit, COP, EER, Kecepatan Kipas, Square Ducting, Damper

Abstract– An inefficient Air Handling Unit (AHU) system, particularly on ships, can lead to various issues, such as low energy efficiency, uneven air distribution, and increased heat loss. This issue was observed in the ambulance ship's AHU system, which uses 100% fresh air. This study aims to optimize AHU performance by analyzing the Coefficient of Performance (COP), Energy Efficiency Ratio (EER), and airflow distribution using variations in damper openings for fresh air and return air, as well as fan speed. An experimental approach was applied by redesigning the AHU system with square ducting and adding dampers to control the intake of fresh and return air. The AHU used has a cooling capacity of 17,700 BTU/hr and a standard COP of 2.52. The study's results show that the optimal configuration at high fan speed, with the damper set at 50% fresh air and 50% return air, achieved a COP of 4.063 and an EER of 9.77 BTU/hr*W. Even air distribution at the diffuser was achieved in this configuration, enhancing air circulation efficiency. Additionally, the damper configuration with 75% fresh air and 25% return air yielded the lowest heat loss, though with minimal impact on COP. In conclusion, this redesign of dampers and ducting improves energy efficiency, cooling performance, and reduces heat loss in the ship's AHU system.

Keywords: Air Handling Unit, COP, EER, Fan Speed, Square Ducting, Dampers

I. PENDAHULUAN

Sistem Air Handling Unit (AHU) yang efisien sangat penting untuk menjaga kualitas udara, suhu, dan kelembaban ruangan dalam rentang yang ditentukan, serta untuk mengoptimalkan konsumsi energi, terutama di lingkungan yang membutuhkan kinerja tinggi seperti gedung besar dan kapal. Kinerja AHU yang optimal, yang diukur melalui parameter seperti Coefficient of Performance (COP) dan Energy Efficiency Ratio (EER), bergantung pada peralatan pendingin yang memadai dan desain sistem ducting serta aliran udara yang baik [1]. Standar merekomendasikan suhu dalam ruangan antara 20–24°C dan kelembaban relatif antara 50–60% untuk kenyamanan dan kualitas udara yang ideal [2].

Namun, sistem AHU yang ada pada kapal, seperti yang menggunakan 100% fresh air, sering kali mengalami efisiensi energi yang rendah dan distribusi udara yang tidak merata, yang menyebabkan kerugian panas signifikan dan menurunkan kinerja sistem [3]. Ketidakefisienan ini semakin diperburuk oleh tuntutan lingkungan maritim, di mana udara luar dapat membawa kontaminan tambahan dan variasi suhu yang membebani sistem pendingin [4].

Dalam konteks maritim, penggunaan fresh air saja tanpa keseimbangan udara return yang efektif dalam sistem AHU dapat membebani kapasitas pendinginan dan menurunkan COP, menunjukkan adanya kesenjangan penting dalam pendekatan desain untuk AHU maritim [5].

Penelitian sebelumnya telah meneliti faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi AHU, seperti laju aliran udara, massa aliran refrigeran, dan suhu evaporasi yang berkaitan langsung dengan konsumsi energi dan kapasitas pendinginan [6]. Misalnya, pengaturan fresh air dan return air melalui damper dapat mempengaruhi beban pendinginan dan efisiensi secara signifikan dengan menyesuaikan aliran udara melintasi koil pendingin, yang berdampak pada COP dan EER sistem [7]. Namun, penelitian yang secara khusus membahas bagaimana variasi posisi damper (antara fresh dan return air) serta kecepatan kipas memengaruhi parameter kinerja (COP, EER) dan distribusi aliran udara pada sistem AHU di kapal masih terbatas, di mana kondisi udara luar cenderung lebih bervariasi dibandingkan instalasi di darat [8].

Penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan eksperimen pada sistem AHU yang



didesain ulang menggunakan square ducting dan damper yang dapat diatur untuk menyeimbangkan fresh air dan return air, dengan tujuan meningkatkan COP, EER, dan distribusi aliran udara. Desain ulang sistem AHU yang semula di kapal menggunakan 100% fresh air ini dipasang di laboratorium permesinan fluida PPNS menggunakan spesifikasi pabrikan untuk sistem AHU yaitu Daikin SkyAir tipe FDBNQ18MV14 sebagai unit dalam ruangan dan unit luar ruangan tipe RNQ18MV14 dengan kapasitas 17700 BTU/hr dan COP 2.52, menggunakan kompresor RN207VHMT dengan kinerja EER standar pabrikan sebesar 10.42 BTU/hr*w, serta luas penampang sistem distribusi udara (ducting) sebesar 0.032025 m² dengan 4 keluaran diffuser, penelitian ini mengeksplorasi konfigurasi yang dapat menghasilkan kinerja optimal pada berbagai kecepatan kipas dan pengaturan damper. Hasilnya bertujuan untuk menetapkan konfigurasi AHU untuk penggunaan di kapal yang meminimalkan konsumsi energi, mengurangi kerugian panas, dan menjaga distribusi udara yang konsisten, menangani isu-isu yang khas pada lingkungan maritim [9].

Dengan meneliti dan mengukur pengaruh spesifik ini terhadap kinerja AHU, penelitian ini mengisi kesenjangan penting dalam riset terapan untuk desain AHU yang hemat energi dalam konteks kapal, menawarkan manfaat yang signifikan untuk konservasi energi dan keandalan sistem [10].

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan merancang ulang sistem Air Handling Unit (AHU) dari desain kapal Ambulance yang awalnya hanya menggunakan 100% udara segar (fresh air). Desain ulang ini kemudian diinstal kembali sebagai sistem AHU di ruangan laboratorium untuk digunakan sebagai alat uji praktikum. Redesain dilakukan dengan menambahkan sistem damper pada ducting AHU untuk memungkinkan melakukan variasi bukaan damper fresh air dan return air. Redesain tersebut untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kinerja mesin pendingin pada sistem AHU.

A. Obyek Penelitian

Air Handling Unit (AHU) dengan sistem distribusi udara menggunakan tipe square ducting dijadikan objek penelitian. AHU dengan square ducting ini dilengkapi dengan sistem variasi bukaan damper untuk mengontrol laju aliran udara fresh air dan return air. Penelitian ini diharapkan menjadi terobosan dalam desain dan eksperimen pengoperasian sistem AHU yang dapat diaplikasikan pada berbagai bangunan di darat maupun di atas kapal.

Eksperimen ini menggunakan spesifikasi AHU merk Daikin SkyAir sebagai berikut:

1. *Cooling Capacity*: 17700 Btu/h
2. *Indoor Unit*:
 - a) Tipe: FDBNQ18MV14
 - b) Fan Air flow (H/L): 459/388 CFM
3. *Outdoor Unit*:
 - a) Tipe: RNQ18MV14

- b) *Motor Output Comp*: 1.4 kW
- c) *Fan Air Flow*: 38.5 m³/min
- d) *Refrigerant*: R410A

4. Square Ducting Unit

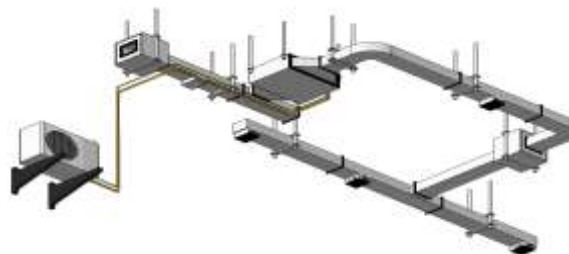
- a) Rectangular 0.195 m x 0.155 m dengan jumlah diffuser 4



Gambar 1. Desain Square Ducting pada Air Handling Unit.

B. Desain Sistem Air Handling Unit dengan Ducting

Pada gambar 2 merupakan desain sistem pengkondisian udara dengan ducting yang digunakan sebagai acuan untuk instalasi pada laboratorium permesinan fluida PPNS.

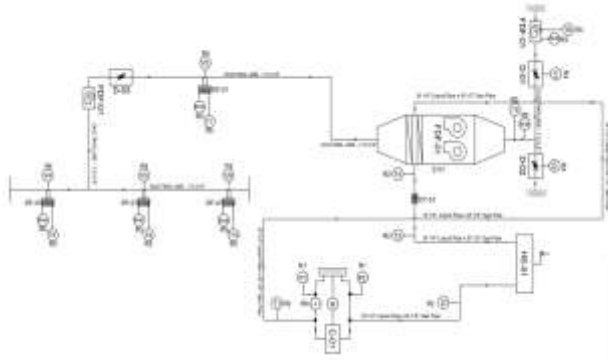


Gambar 2. Desain Sistem Pengkondisian Udara Dengan Ducting dengan redesain damper

Pada desain gambar 2 terdapat 4 keluaran udara (*diffuser*) dengan 2 udara *supply* yaitu *fresh* dan *return air*. Pada desain juga terdapat 2 *fan blower* yang digunakan untuk mendistribusikan udara agar keluaran udara pada *diffuser* memiliki *air flow* yang sama. Pada sistem pengkondisian udara yang diinstal pada laboratorium terdapat 3 *damper* yang digunakan untuk mengatur jumlah pasokan udara yang masuk pada sistem dan udara yang didistribusikan pada tiap keluaran *diffuser*. Desain memiliki 2 *damper* yang akan divariasikan yaitu *damper fresh air* dan *return air* sedangkan *damper* pada ducting diatur hingga udara dapat tersalurkan secara merata pada tiap keluaran *diffuser*.

C. Piping & Instrumentation Diagram (P&ID) Sistem AHU

Pada gambar 3 menunjukkan P&ID dari sistem pengkondisian udara yang telah terinstall pada laboratorium yang dilengkapi dengan sistem saluran udara (ducting system). Instrumen sensor pengukuran yang terinstall pada sistem pendingin dan AHU antara lain sensor: tekanan, temperatur, ampere meter, voltase, dan alat pengukur kecepatan aliran udara yang terinstall .



Gambar 3. P&ID Sistem Pengkondisian Udara

D. Persamaan Termodinamika yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem.

Penelitian ini menggunakan persamaan termodinamika untuk melakukan kalkulasi massa alir refrigerant pada sistem dengan persamaan [14]:

$$\dot{m}_{ref} = \frac{P}{Q_{evaporator}} \quad (1)$$

Dimana $P = V \cdot I \cos \theta = \text{Power compressor}$

Persamaan untuk menghitung kinerja mesin pendingin dengan parameter nilai Coefficient of Performance (COP) menggunakan persamaan :

$$COP = \frac{Q_{Evaporator}}{W_{compressor}} \quad (2)$$

Dimana Q evaporator dan W compressor menggunakan data selisih nilai Enthalpy pada P-h Diagram mesin pendingin.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai kinerja sistem pengkondisian udara AHU menggunakan persamaan [15][16] :

$$EER = \frac{Q_{Udara}}{P_{compressor}} \quad (3)$$

Dimana Q udara dihitung berdasarkan kuantitas panas yang diambil penurunan nilai enthalpy fluida kerja udara saat melewati evaporator.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada sistem pendingin dan AHU menghasilkan data kinerja *Coefficient of Performance* (COP), *Energy Efficiency Ratio* (EER) mesin AHU dan distribusi aliran udara setiap diffuser terhadap variasi bukaan damper fresh air dan return air dengan 2 kondisi yaitu pada kondisi fan speed high dan fan speed low. Berikut tabel hasil percobaan sistem pengkondisian udara:

Tabel 1. Data Hasil Percobaan

Fan Speed	Kondisi Damper			T1	T2	T3	P1	P2
	Damper 1	Damper 2	Damper 3					
	(Fresh Air)	(Return Air)	(Ducting)					
High (459 CFM)	100%	0%	50%	21.6	89.8	36.2	8.6	26.5
	50%	50%		22	90.1	36.8	8.6	27
	75%	25%		22.3	90.2	37.1	8.6	26.5
	25%	75%		20.7	90	36.9	8.4	26.5
	0%	100%		19.8	89.3	37	8.6	26.5
	100%	0%		21.4	89.8	36.5	8.4	26
Low (388 CFM)	100%	0%	50%	21.6	90.2	36.7	8.8	27
	50%	50%		22	90.1	36.9	8.6	27
	75%	25%		19.8	89.8	36.8	8.2	27
	25%	75%		19.8	89.3	36.8	8.2	27
	0%	100%		19.8	89.3	36.8	8.4	26
	100%	0%		19.8	89.3	36.8	8.4	26

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan COP

Fan Speed	F kompresor		Q evaporator		Q kondenser		W kompresor		W kompresor		COP's COP	Effisiensi Instalasi
	kWh	kg/h	kWh	kg/h	kWh	kg/h	kWh	kg/h				
High (459 CFM)	1.214	0.00865	1.213	1.217	0.0202	0.2202	0.2202	4.057	3.272	0.7814	0.7814	
	1.580	0.00865	1.209	1.247	0.0205	0.2143	0.2143	4.061	3.359	0.7814	0.7814	
	1.284	0.00818	1.204	1.248	0.0207	0.2151	0.2151	4.036	3.227	0.7814	0.7814	
	1.196	0.00818	1.196	1.241	0.0205	0.2108	0.2108	3.862	3.218	0.7817	0.7817	
	1.214	0.00817	1.214	1.241	0.0162	0.2116	0.2116	3.841	3.248	0.7818	0.7818	
	1.180	0.00817	1.180	1.244	0.0204	0.2200	0.2200	3.074	3.223	0.7818	0.7818	
Low (388 CFM)	1.280	0.00863	1.280	1.248	0.0181	0.2219	0.2219	3.969	3.243	0.7818	0.7818	
	1.191	0.00863	1.191	1.248	0.0200	0.2111	0.2111	4.059	3.197	0.7818	0.7818	
	1.220	0.00817	1.220	1.249	0.0189	0.2218	0.2218	3.947	3.142	0.8021	0.8021	
	1.196	0.00863	1.196	1.247	0.0173	0.2214	0.2214	3.842	3.211	0.7819	0.7819	

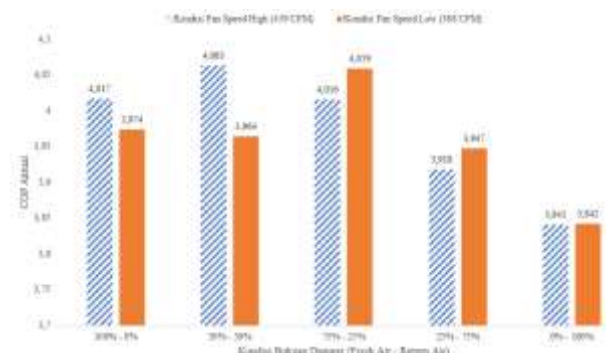
Tabel 3. Data Hasil Perhitungan EER

Fan Speed	Kondisi Damper			Dataran 1 (Kebuk Evaporator)				Masuk Evaporator		
	Damper 1	Damper 2	Damper 3	T	RH	h	v	T	RH	h
	(Fresh Air)	(Return Air)	(Ducting)	°C	%	kJ/kg	m/s	°C	%	kJ/kg
High (459 CFM)	100%	0%	50%	20.3	81	33.57	2.4	31.3	63	31.45
	50%	50%		21	82	37.60	3.35	33.8	63	37.92
	75%	25%		21.2	80	36.68	3.743	31	63	36.00
	25%	75%		20.8	84	37.74	0.91	34.1	63	39.18
	0%	100%		19.2	88	40.38	0.738	35.3	63	47.49
	100%	0%		20.4	80	34.85	1.4	35.6	63	31.87
Low (388 CFM)	100%	0%	50%	20.6	83	38.1	1.81	32.1	63	30.02
	50%	50%		20.9	82	37.27	1.935	31.7	63	31.73
	75%	25%		19.6	85	32.7	0.727	33.8	64	37.22
	25%	75%		18.3	87	47.28	1.074	32	65	38.34

A	Q		m	Q evaporator		P kompresor	EER
	m ³ /s	CFM		kg/s	kJ/s		
0.030225	0.07244	153.7	0.08705	3.123	10657.08	1214	8.78
0.030225	0.09521	201.7	0.11425	3.463	11816.02	1209	9.77
0.030225	0.08297	175.8	0.09956	3.420	11669.27	1204	9.69
0.030225	0.0278	58.3	0.03301	1.170	3991.26	1196	3.34
0.030225	0.02222	47.1	0.02666	0.992	3384.71	1214	2.79
0.030225	0.04232	89.7	0.05078	1.830	6414.15	1188	5.41
0.030225	0.05985	126.8	0.07181	2.508	8556.85	1209	7.08
0.030225	0.05849	123.9	0.07018	2.418	8252.22	1191	6.93
0.030225	0.02191	46.4	0.0263	0.916	3126.91	1220	2.56
0.030225	0.01246	28.8	0.03895	1.517	5177.10	1196	4.33

A. Pengujian Coefficient of Performance (COP)

Pengujian Coefficient of Performance (COP) pada dua kondisi kecepatan kipas menunjukkan bahwa COP tertinggi pada kecepatan kipas tinggi (459 CFM) tercapai pada variasi bukaan damper fresh air dan return air masing-masing 50%, dengan nilai COP sebesar 4.063. Sebaliknya, COP terendah pada kecepatan kipas tinggi terjadi ketika bukaan damper fresh air 0% dan return air 100%, dengan nilai COP sebesar 3.841. Pada kecepatan kipas rendah (388 CFM), COP tertinggi sebesar 4.059 dicapai pada variasi bukaan damper fresh air 75% dan return air 25%, sementara COP terendah sebesar 3.842 terjadi pada konfigurasi fresh air 0% dan return air 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi bukaan damper yang tepat berpengaruh signifikan terhadap efisiensi kinerja sistem pendingin, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 4.



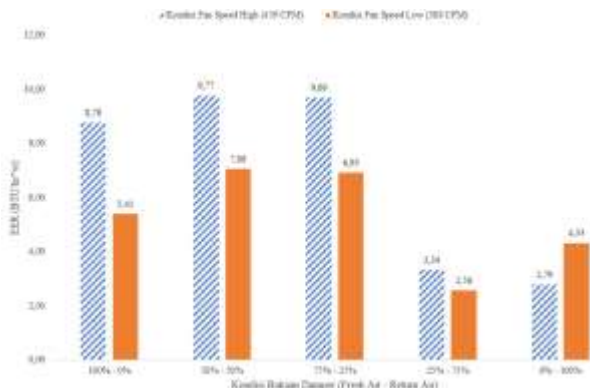
Gambar 4. Grafik Coefficient of Performance (COP)

B. Pengujian Energy Efficiency Ratio (EER)

Pengujian Energy Efficiency Ratio (EER) pada dua kondisi kecepatan kipas menunjukkan bahwa pada kecepatan kipas tinggi (459 CFM), nilai EER tertinggi



sebesar 9.77 BTU/hr*W dicapai pada variasi bukaan damper fresh air dan return air masing-masing 50%. Sebaliknya, nilai EER terendah sebesar 3.34 BTU/hr*W terjadi pada konfigurasi damper fresh air 25% dan return air 75%. Pada kecepatan kipas rendah (388 CFM), nilai EER tertinggi sebesar 7.08 BTU/hr*W juga dicapai pada variasi bukaan damper fresh air dan return air 50%, sedangkan nilai EER terendah sebesar 2.56 BTU/hr*W terjadi pada konfigurasi fresh air 25% dan return air 75%. Hasil ini menunjukkan bahwa konfigurasi damper memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi energi sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Energy Efficiency Ratio (EER)

C. Pengujian Heat Gain pada Sistem Ducting

Pengujian kerugian panas (heat gain) yang masuk ke dalam sistem saluran udara pada dua kondisi kecepatan kipas menunjukkan bahwa pada kecepatan kipas tinggi (459 CFM), distribusi udara terbaik terjadi pada konfigurasi damper dengan 75% fresh air dan 25% return air. Nilai heat gain yang terukur pada diffuser 1-2, diffuser 1-3, dan diffuser 1-4 secara berturut-turut adalah 1.7°C, 1.9°C, dan 2.5°C. Hasil ini mengindikasikan bahwa konfigurasi damper dan aliran udara yang tepat mampu mengoptimalkan distribusi panas di dalam sistem ducting, seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Heat Gain pada Kondisi Fan Speed High (459 CFM)



Gambar 7. Grafik Heat Gain pada Kondisi Fan Speed Low (388 CFM)

D. Pengujian Distribusi Air Flow

Pengujian distribusi aliran udara pada dua kondisi kecepatan kipas menunjukkan bahwa kecepatan kipas tinggi (459 CFM) menghasilkan distribusi udara terbaik dengan variasi damper 50% fresh air dan 50% return air. Nilai aliran udara yang diukur pada diffuser 1, 2, 3, dan 4 masing-masing adalah 0.0695 m³/s, 0.0756 m³/s, 0.0730 m³/s, dan 0.0757 m³/s. Hasil ini menunjukkan bahwa pada konfigurasi ini, distribusi udara di seluruh diffuser lebih merata, memastikan efisiensi sirkulasi udara dalam sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Distribusi Air Flow pada Kondisi Fan speed high (459 CFM)



Gambar 9. Grafik Distribusi Air Flow Kondisi Fan Speed Low (388 CFM)

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari pengujian sistem pendingin dan AHU hasil redesain dan konversi pada kapal tipe Ambulance menunjukkan bahwa performa terbaik, dilihat dari nilai Coefficient of Performance (COP) dan Energy Efficiency Ratio (EER), dicapai saat konfigurasi operasional damper fresh air dan return air berada di posisi 50%. Pada kondisi ini, COP mencapai 4.063 dan EER



sebesar 9.77 BTU/hr*W, baik pada kecepatan kipas tinggi (459 CFM) maupun rendah (388 CFM). Peningkatan nilai COP terutama dipengaruhi oleh kerja kompresor, sementara kinerja evaporator tetap stabil karena beban aliran udara yang relatif konstan. Stabilitas ini disebabkan oleh desain ducting yang pendek, yang mengurangi dampak kerugian aliran udara baik mayor maupun minor, sehingga sistem pengkondisian udara dapat bekerja lebih efisien dalam skenario operasional yang dioptimalkan. Pengujian kinerja Energy Efficiency Ratio (EER) pada sistem pengkondisian udara AHU menunjukkan bahwa performa sistem lebih banyak dipengaruhi oleh jumlah energi panas yang diserap oleh evaporator dari aliran udara. Peningkatan aliran udara akibat konfigurasi damper fresh air dan return air masing-masing sebesar 50% secara signifikan meningkatkan laju aliran udara, yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas evaporator dalam menyerap dan memindahkan energi panas keluar dari ruangan. Analisis sistem ducting menunjukkan bahwa kerugian panas (heat gain) terendah terjadi pada kondisi kecepatan kipas tinggi dengan konfigurasi damper 75% fresh air dan 25% return air yaitu berturut-turut 1.7°C, 1.9°C, dan 2.5°C. Sementara itu, distribusi aliran udara yang optimal tercapai pada kecepatan kipas tinggi dengan konfigurasi damper 50% fresh air dan 50% return air yaitu 0.0695 m³/s, 0.0756 m³/s, 0.0730 m³/s, dan 0.0757 m³/s. Penelitian ini mengindikasikan bahwa kerugian panas akibat heat gain memiliki dampak yang kurang signifikan terhadap kinerja sistem pendingin, terutama dalam hal Coefficient of Performance (COP). Sebaliknya, kinerja sistem AHU dalam hal Energy Efficiency Ratio (EER) lebih banyak dipengaruhi oleh desain ducting yang pendek, yang mengurangi potensi kerugian panas (heat loss) dan memastikan efisiensi operasional yang lebih tinggi pada keseluruhan sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Institusi Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) yang telah memberikan pendanaan pada penelitian ini.

V. REFERENSI

- [1] A. Rachman, L. Nesti, and A. Yanto, "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," vol. 12, no. 1, pp. 2089–4880, 2022, [Online]. Available: <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm>
- [2] H. Santoso, "Halaman 243-250 Prodi Pemeliharaan Mesin, Politeknik Negeri Media Kreatif," *Jl. Srengseng Sawah Raya*, vol. 5, no. 17, pp. 243–250, 2023.
- [3] M. Sholihah, "Analisa Pengaturan Kelembapan Air Handling Unit Area Produksi Vaksin Sinovac PT. Biofarma," *J. Tek. Energi*, vol. 11, no. 2, pp. 20–24, 2023, doi: 10.35313/energi.v11i2.3907.
- [4] M. Almaududi, "Pengaruh Laju Aliran Udara Masuk Evaporator Terhadap Kapasitas Pendinginan (Coefficient Of Performance) Dan Kelembapan Udara Pada Sistem Refrigerasi Air Condition," *Edu Elektr. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 20–23, 2020.
- [5] Yenni Arnas, "Jurnal Teknik Mekanikal Bandar Udara Vol.I No.1 Bulan Agustus ISSN (p) ISSN (e) Hal. 1 : 9," vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2023.
- [6] A. Veliandri, "Analisa Performance Sistem Pendingin Mini Chiller Kapasitas 1, 5 PK," *Abstr. Undergrad. Res. Fac. Ind. Technol. Bung Hatta Univ.*, vol. 19, no. 2, p. 13, 2022.
- [7] M. M. Dwinanto, W. Bunganaen, and ..., "Studi Kinerja Teoritis Dan Konsumsi Energi Pengkondisian Udara Menggunakan R22 Dan R290," *LONTAR J. Tek. ...*, vol. 08, no. 01, pp. 91–98, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/view/4966%0Ahttp://ejournal.undana.ac.id/index.php/LJTMU/article/download/4966/2884>
- [8] J. Penelitian and T. Darat, "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," vol. 19, pp. 13–36, 2017.
- [9] S. Siagian, "ANALISIS KARAKTERISTIK UNJUK KERJA KONDENSOR PADA SISTEM PENDINGIN (AIR CONDITIONING) YANG MENGGUNAKAN FREON R-134 a BERDASARKAN PADA VARIASI PUTARAN KIPAS PENDINGIN," *Bina Tek.*, vol. 11, no. 2, p. 124, 2017, doi: 10.54378/bt.v11i2.104.
- [10] P. Muhammad Hasan Sahlil, M Edi Pujiyanto, Muhammad Subri, "Journal of Industrial and Engineering," *J. Ind. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–20, 2024.
- [11] F. Mayrullah, "Analisis Pengaruh Perubahan Suhu Evaporator Terhadap Kinerja Kompresor Ac Inverter," *J. EEICT (Electric, Electron. Instrumentation, Control. Telecommun.)*, vol. 3, no. 1, pp. 4–10, 2020, doi: 10.31602/eeict.v3i1.4534.
- [12] A. H. A. Ferdynanda, R. Ratna, and K. Siregar, "Rancang Bangun Mesin Cold Storage Sistem Pendinginan Kompresi Uap Pada Penyimpanan Buah Nanas (Annanas comosus)," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 3, no. 1, pp. 426–442, 2018, doi: 10.17969/jimfp.v3i1.6618.
- [13] M. Irsan, N. Setiawan, M. Akmal, and K. Kunci, "Analisis Kinerja Sistem Variable Refrigerant Flow LG pada Saat Peak Load Control," pp. 24–25, 2024.
- [14] Suyanto, "PENGARUH TEKANAN REFRIGERAN TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN MENGGUNAKAN FREON R-134A," vol. 5, no. 2, pp. 1–23, 2016.
- [15] Sino_inst, "Laju Aliran Massa vs Laju Aliran Volumetrik," *Mitra Profesional untuk Pengukuran & Kontrol*, 2023.



- [16] A. N. Rasyid, P. Sukusno, and D. B. Nainggolan, "Bidang: Teknik Elektro, Listrik dan Otomasi Topik: Energi Terbarukan, Analisis dan Audit Energi Analisa Kebutuhan Cooling Capacity AC di Ruang Balai Besar Teknologi Konversi Energi (B2TKE) Politeknik Negeri Jakarta," pp. 2–7, 2009.