

**PERHITUNGAN KAPASITAS CFM DAN BIAYA KERUGIAN UNTUK
MENGETAHUI KEEFEKTIFAN KINERJA PADA AHU DI TERMINAL
BANDAR UDARA**

**Oka Fatra⁽¹⁾, Muhammad Samudera N.A.N⁽²⁾, Dewa Ayu Putu Laksmi Putri
Wijaya⁽³⁾, Mahatma Matalino⁽⁴⁾, Rayhan Abid Arifin⁽⁵⁾, Muhammad Fadhillah Del
Piero⁽⁶⁾**

^{1,2,3,4,5,6}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.
e-mail: ¹oka.fatra@ppicurug.ac.id, ²msnovarizkian@gmail.com
³laksmiputriwijaya@gmail.com, ⁴matalinomahatma@gmail.com,
⁵rayhanabid87@gmail.com, ⁶fadeluyo@gmail.com

Received :
9 Juni 2023

Revised :
12 Juni 2023

Accepted :
26 Juli 2023

Abstrak: Sejak resmi dicabutnya PPKM di seluruh wilayah Indonesia pada tanggal 30 desember 2022. Jumlah penumpang terkhususnya penumpang internasional di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai meningkat 235% dibandingkan dengan jumlah kedatangan di tahun 2021. Pengukuran suhu terminal yang rutin dilaksanakan pada *custom area* di terminal internasional pada bulan Juli dan Agustus membuktikan bahwa ada sesuatu yang salah pada kinerja komponen-komponen pendistribusian udara dingin ke area tersebut. Namun karena alasan kenyamanan dan jumlah tenaga kerja, pelaksanaan pengecekan menjadi kurang maksimal. Maka dilakukanlah penelitian untuk mencari tahu akar penyebab masalah tersebut terjadi. Opsi lain digunakan untuk pengecekan tersebut yaitu dengan metode perhitungan dengan mencari nilai CFM pada AHU kondisi terkini yang kemudian akan dibandingkan dengan nilai CFM AHU standar nya. Selain itu, besar kerugian biaya yang dikeluarkan pada kedua kondisi (kondisi terkini dan standar) juga dihitung untuk mengetahui opsi mana yang menghasilkan kerugian yang lebih rendah dan menunjukkan tingkat keefektifan yang lebih tinggi.

Kata Kunci: AHU, CFM, Kefektifan, Kinerja

Abstract: *Since the official revocation of PPKM throughout Indonesia on 30 December 2022. The number of passengers, especially international passengers, at I Gusti Ngurah Rai International Airport has increased by 235% compared to the number of arrivals in 2021. Terminal temperature measurements are routinely carried out in custom area at international terminal on July and August proved that something was wrong with the performance of the distribution components of cold air to the area.*

However, due to reasons of convenience and lack on number of workers, the inspections was not completely held optimal. So the research was done to find out the main cause of the the calculation method is to look for the CFM value in current AHU condition which will then be compared with the standard AHU CFM value. In addition, the amount of loss incurred in both conditions (current and standard conditions) is also calculated to find out which option produces lower costs and shows a higher level of effectiveness.

Keyword: AHU, CFM, Effectiveness, Performance

Pendahuluan

Pandemi Covid-19 juga mempengaruhi fasilitas-fasilitas pendukung bandara dimana banyaknya tenaga kerja yang dikurangi menyebabkan pemeliharaan fasilitas-fasilitas tersebut tidak berjalan maksimal. Salah satu fasilitas tersebut yaitu AHU. AHU (*Air Handling Unit*) adalah salah satu komponen AC Central yang berfungsi untuk mengatur udara bersih yang dingin untuk ditransfer ke ruangan. Pemeriksaan unit AHU di terminal internasional Bandara I Gusti Ngurah Rai seringkali tertunda karena untuk melakukan pemeriksaan pada unit, AHU harus di non aktifkan terlebih dahulu sehingga tidak ada udara dingin yang tersuplai ke area terkait. Para teknisi khawatir terhadap suhu ruangan yang menjadi tidak dingin dan akan membuat penumpang merasa tidak nyaman. Maka, upaya lain yang dapat dilakukan yaitu dengan menghitung CFM AHU untuk menghitung besar keefektifan kinerja AHU. Tujuan dibuatnya perhitungan ini agar para teknisi tidak perlu me non aktifkan unit AHU untuk memeriksa atau mengetahui kondisi unit nya.

Rumusan masalah sebagai berikut:

1. Faktor-faktor apa sajakah yang dapat menjadi penyebab timbulnya masalah

pada kinerja unit AHU 1-1 pada terminal internasional Bandara I Gusti Ngurah Rai?

2. Upaya apa saja kah yang bisa dilakukan untuk mengatasi masalah pada kinerja unit AHU 1-1 pada terminal internasional Bandara I Gusti Ngurah Rai?

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Untuk mengetahui dan menganalisa penyebab timbulnya masalah pada kinerja unit AHU 1-1 di terminal internasional Bandara I Gusti Ngurah Rai.
2. Untuk mengetahui upaya-upaya yang bisa dilakukan untuk mengatasi masalah yang terjadi pada kinerja unit AHU 1-1 di terminal internasional Bandara I Gusti Ngurah Rai.

Tinjauan Teori

1. AHU (*Air Handling Unit*)

(Habibi & Abduh, 2022) menyampaikan bahwa AHU adalah komponen pengkondisian udara yang digunakan untuk mengatur dan memproses udara sebelum masuk ke dalam Gedung maupun ruangan-

PERHITUNGAN KAPASITAS CFM DAN BIAYA KERUGIAN UNTUK MENGETAHUI KEEFEKTIFAN KINERJA PADA AHU DI TERMINAL BANDAR UDARA

ruangan yang dikontrol. AHU sendiri adalah gabungan dari beberapa komponen yang memiliki fungsi yang berbeda-beda, sehingga membentuk system pengkondisian udara, kelembaban, tingkat kebersihan udara maupun kualitas udara yang sesuai yang diinginkan. Unit ini dapat mengkondisikan udara dalam suatu lingkungan atau ruangan melalui pengendalian dari suhu, kelembaban, arah pergerakan udara, serta mutu udara.



Gambar 1. AHU

Komponen-komponen dari AHU umumnya terdiri dari :

1. *Blower dan Motor 3-phase*

(Li et al., 2020) menjelaskan bahwa *blower* adalah mesin atau alat yang digunakan untuk memperbesar tekanan udara atau gas yang dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai penghisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu.

2. *Saluran Udara (Ducting)*

Menurut (Hendratno et al., 2016) saluran udara (*Ducting*) merupakan bagian dari system pengkondisian udara yang berfungsi untuk mendistribusikan udara dingin ke ruangan yang akan dikondisikan.

3. *Koil Pendingin (Cooling Coil)*

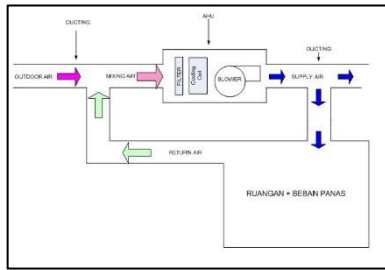
Cooling coil pada umumnya disebut Evaporator berfungsi untuk mengontrol suhu (*temperature*) dan kelembaban relatif (*Relative Humidity/RH*) udara yang akan didistribusikan ke ruangan. **Filter**

Menurut (Indonesia, 2012) *filter* AHU adalah komponen yang digunakan untuk menyaring kotoran dan partikel-partikel debu yang terdapat pada udara agar tidak masuk ke dalam ruangan. Filter berfungsi untuk membuat udara yang diproduksi menjadi bersih. Filter yang digunakan untuk system HVAC tergantung pada kebutuhan yang diperlukan oleh ruangan.

CFM (*Cubic Feet Per Minute*)

CFM adalah satuan untuk mengukur laju aliran udara atau fluida dalam volume kubik per menit. CFM biasanya digunakan dalam industry HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) untuk mengukur kapasitas sistem ventilasi dan pendingin ruangan. CFM juga digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara dan tekanan udara dalam system HVAC untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan efektif dan efisien. Semakin tinggi koefisien CFM maka semakin banyak jumlah udara atau gas yang didorong ke ruangan tersebut.

Alur kerja AHU dari system pendinginan AHU



Gambar 2. Alur Kerja AHU

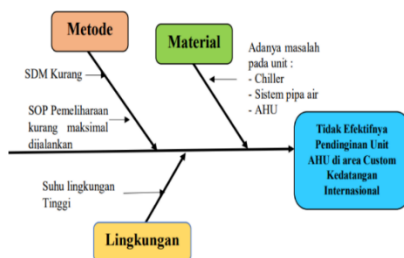
Aliran udara pada AHU di mana *outside air* (OA) adalah udara dari luar ruangan yang digabungkan dengan *return air* (RA), bercampur sebelum memasuki AHU (*Air Handling Unit*). Udara yang masuk ke dalam AHU merupakan udara campuran dari udara luar ruangan dan udara balik dari ruangan yang akan disaring melalui *filter* di dalam AHU, setelah udara disaring udara tersebut akan melewati koil pendingin. Setelah udara melewati koil pendingin tersebut temperature udara akan menjadi lebih rendah.

Setelah itu, udara dengan temperature rendah tersebut akan masuk ke dalam ruangan yang telah dipasang *ducting* dan akan disalurkan melalui *diffuser*. Selanjutnya udara panas dari ruangan akan dihisap oleh grill, sebagian di buang ke lingkungan dan sebagian lagi masuk ke jalur *return air*.

Metode Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan, Penulis melakukan observasi lapangan untuk mengetahui faktor-faktor penyebab.

a. Diagram Fishbone



Gambar 3. Diagram *Fishbone*
 Diagram ini digunakan untuk menguraikan faktor-faktor penyebab masalah dari kondisi lapangan secara eksisting.

b. Tabel Analisa Penyebab Masalah

No.	Permasalahan	Dampak	Kategori penyelesaian	Prioritas masalah
1.	Adanya masalah pada unit : - Chiller - Sistem pipa air - AHU	1). Temperatur udara yang dihasilkan tidak sesuai dengan temperatur yang diinginkan. 2). Kapasitas CFM AHU tidak sesuai dengan kapasitas standarnya.	Tinggi	1
2.	Suhu ambient tinggi	Jika suhu tinggi maka kerja AHU akan semakin meningkat	sedang	2
3.	SDM kurang	Pemeliharaan atau perawatan tidak dapat terlaksana dengan maksimal karena kekurangan tenaga kerja dimana tenaga kerja dikurangi karena adanya kasus Covid 19.	rendah	3
4.	Tidak maksimal dalam menjalankan SOP	Kurangnya tenaga kerja sehingga pelaksanaan kerja kurang maksimal.	rendah	3

Tabel 1. Tabel Analisa Penyebab Masalah

Faktor-faktor penyebab tadi kemudian dikumpulkan lalu di analisa kembali dengan tujuan untuk mengetahui faktor penyebab yang memiliki prioritas masalah tertinggi. Dari tabel analisa di atas, diketahui bahwa poin 1 memiliki nilai kategori penyelesaian yang tinggi dengan prioritas masalah paling utama.

c. Tabel Analisa Kondisi Unit

Tabel 2. Analisa Kondisi Unit

No	Abit	Kapasitas yang beroperasi	Kondisi
1.	Chiller 2 merk Trane	1000 TR	- Temperatur air dari Chiller menuju AHU (Loss Temperature) masih dalam batas normal - Leaving 6,5 derajat C (standar) - Entrance 11,5 derajat C (standar)
2.	Chiller 3 merk Trane	1000 TR	- Temperatur air dari Chiller menuju AHU (Loss Temperature) masih dalam batas normal. - Leaving 7,2 derajat C (standar) - Entrance 11,5 derajat C (standar).
3.	Sistem pipa air	1). Sistem pipa air CWS dan CWR Chiller 12 inci 2). Sistem pipa air CWS dan CWR AHU 2 inci	- Pipa masih dalam kondisi masih baik, tidak terdapat korosi atau kerusakan. - Jacketing dalam kondisi baik, tidak terdapat kebocoran atau kondensasi pada bagian tertentu. - Temperatur air CWS menuju AHU : 9 °C - Temperatur air CWR meninggalkan AHU : 12 °C.
4.	Unit AHU 68.02 TR	Kapasitas AHU setelah observasi : 19.954,43	- Kapasitas standar CFM AHU 1-1 yaitu 27.322.

PERHITUNGAN KAPASITAS CFM DAN BIAYA KERUGIAN UNTUK MENGETAHUI KEEFEKTIFAN KINERJA PADA AHU DI TERMINAL BANDAR UDARA

Tabel di atas menunjukkan bahwa tidak terdapat kerusakan pada unit chiller dan sistem pipa air CWS dan CWR AHU dan chiller. Semua nya dalam kondisi baik dan normal namun pada poin 4 bagian AHU, nilai CFM kondisi terkini mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai CFM AHU standar nya. Maka dapat disimpulkan bahwa unit yang kemungkinan besar mengalami kerusakan yaitu unit AHU.

Hasil dan Pembahasan

Dari observasi yang di lakukan pada:

Hari, tanggal :Selasa, 16 Agustus 2022

Pukul : 17.16 WITA

Lokasi : Custom Area dan lantai 2 ruang AHU 1-1 terminal internasional.

Tabel 3. Hasil Observasi Data AHU 1-1 Kondisi Terkini

No.	Parameter Pengukuran	Sebelum Penggantian Coil AHU
A	Ampere motor AHU	
	R (Ampere)	27
	S (Ampere)	28
	T (Ampere)	30
C	Flow Udara Diffuser Supply	
	Terjauh (m/s)	1,3
	Terdekat (m/s)	4,6
D	Suhu Udara Diffuser Supply	
	Terjauh (°C)	21,8
	Terdekat (°C)	20,8
E	Flow Udara Return AHU	
	Titik A (m/s)	7,1

Maka dari data di atas diketahui bahwa:

1. Perhitungan Nilai CFM AHU 1-1 Kondisi Terkini

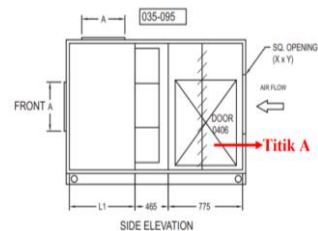
Setelah data kondisi terkini AHU 1-1 sudah didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai CFM AHU 1-1 kondisi terkini.

Model Size	Coil Face Area		Airflow At 2.55 m/s Face Velocity		Total Cooling Capacity		External Static Pressure	
	FF	(m ²)	cfm	(m ³ /s)	MSH	(kW)	in.wg	(Pa)
CLCP 003	2.59	(6.24)	1.292	(0.61)	38	(11)	1.2	(300)
CLCP 004	4.30	(6.40)	2.161	(1.02)	75	(22)	1.2	(300)
CLCP 006	6.13	(6.57)	3.072	(1.45)	92	(27)	1.2	(300)
CLCP 008	7.85	(6.73)	3.941	(1.86)	123	(36)	1.2	(300)
CLCP 010	9.68	(6.90)	4.873	(2.30)	140	(41)	1.2	(300)
CLCP 012	12.47	(1.16)	6.271	(2.96)	205	(60)	1.2	(300)
CLCP 014	15.27	(1.42)	7.669	(3.62)	270	(79)	1.2	(300)
CLCP 016	17.10	(1.68)	8.561	(4.06)	276	(81)	1.2	(300)
CLCP 020	20.97	(1.86)	10.530	(4.97)	365	(107)	2.0	(500)
CLCP 025	25.81	(2.40)	13.072	(6.17)	467	(137)	2.0	(500)
CLCP 030	31.18	(2.90)	15.679	(7.40)	546	(160)	2.0	(500)
CLCP 035	36.86	(3.43)	18.538	(8.76)	672	(197)	2.0	(500)
CLCP 040	42.69	(3.97)	21.441	(10.12)	802	(235)	2.0	(500)
CLCP 045	48.39	(4.50)	24.322	(11.46)	928	(272)	2.0	(500)
CLCP 050	54.19	(5.04)	27.225	(12.85)	1.054	(309)	2.0	(500)

Gambar 4. Spesifikasi AHU merk Trane

Dari data spesifikasi di atas, diketahui bahwa AHU 1-1 merk Trane dengan kecepatan udara 2,55 m/s memiliki:

- CFM standar sebesar 27.225.
- Debit udara sebesar 12,85 m³/s.
- Titik A/ Outlet Opening : 1.240 mm x 775 mm



Gambar 5. Skema Titik A AHU 1-1

Namun, besar kecepatan udara standar AHU 1-1 masih belum diketahui maka Penulis mencoba menghitung standar kecepatan udara AHU 1-1 dengan bantuan data AHU 1-1 kondisi terkini. Perhitungan dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$Q = \text{Debit udara (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan udara (m/s)}$$

Dik:

$$\begin{aligned} A_a &= P \times L = 1.240 \text{ mm} \times 775 \text{ mm} \\ &= 961.000 \text{ mm}^2 \\ &= 0,961 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Q = 12,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 7,1 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = 2.118,8 \text{ CFM}$$

Pertama, hitung kecepatan udara standar AHU 1-1 sesuai dengan tabel spesifikasi di atas. Dimana rumus **kecepatan udara** yaitu:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{12,85 \text{ m}^3/\text{s}}{0,961 \text{ m}^2}$$

$$= 13,371 \text{ m/s}$$

Besar kecepatan udara standar AHU 1-1 yaitu **13,371 m/s**.

Kedua, hitung nilai CFM AHU 1-1 kondisi terkini dengan menghitung **debit udara** terlebih dahulu.

$$Q_{\text{debit}} = V \cdot A$$

$$= 7,1 \text{ m/s} \cdot 0,961 \text{ m}^2$$

$$= 6,8321 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 6,8321 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2.118,8 \text{ CFM}$$

$$= 15.343,78 \text{ CFM}$$

Jadi, nilai CFM AHU 1-1 kondisi terkini yaitu **15.343,78 CFM**. Dari per perhitungan di atas, diketahui bahwa besar kecepatan udara dan CFM AHU 1-1 kondisi terkini tidak sesuai dengan kapasitas standar AHU 1-1.

2. Pemeriksaan Unit dan Ditemukannya Penyebab Masalah

Setelah diperiksa, sebagian besar koil AHU 1-1 keropos dan sudah tidak layak pakai



Gambar 6. Kondisi Koil AHU 1-1

Melihat kondisi koil AHU 1-1 tersebut, para teknisi memutuskan untuk melapor masalah tersebut kepada para vendor agar bisa disampaikan kepada *airport mechanical manager* untuk mengadakan penggantian koil AHU.

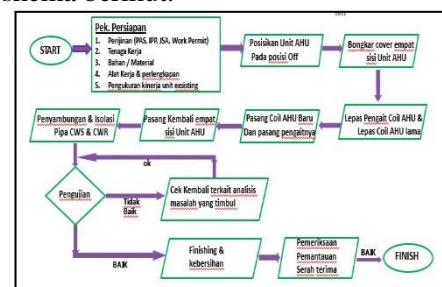
3. Upaya Penanganan Masalah Unit

Upaya-upaya yang dilakukan untuk menangani masalah ini yaitu dimulai dengan disusunnya jadwal perencanaan pelaksanaan perbaikan oleh pihak mekanikal bandara.

Tabel 4. Jadwal Perencanaan

No	Pekerjaan	Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Perencanaan pekerjaan perbaikan	█							
2.	Ketersediaan anggaran	█	█						
3.	Proses kontrak pekerjaan			█	█				
4.	Pelaksanaan pekerjaan							█	
5.	Proses pelaksanaan pekerjaan							█	
6.	Test kondisi alat							█	
7.	Finishing								█
8.	Alat mulai beroperasi								█

Adapun tahapan-tahapan pelaksanaan pekerjaan dapat dilihat pada skema berikut.



Gambar 7. Alur Pelaksanaan Penggantian Coil AHU

PERHITUNGAN KAPASITAS CFM DAN BIAYA KERUGIAN UNTUK MENGETAHUI KEEFEKTIFAN KINERJA PADA AHU DI TERMINAL BANDAR UDARA

4. Perhitungan Nilai CFM AHU 1-1 (Setelah Koil Diganti)

Tabel 5. Data Kondisi AHU setelah

No.	Parameter Pengukuran	Setelah Penggantian Coil AHU
A	Ampere motor AHU	
	R (Ampere)	27
	S (Ampere)	29
	T (Ampere)	31
C	Flow Udara Diffuser Supply	
	Terjauh (m/s)	6,4
	Terdekat (m/s)	6,1
D	Suhu Udara Diffuser Supply	
	Terjauh (°C)	18,6
	Terdekat (°C)	18,1
E	Flow Udara Return AHU	
	Titik A (m/s)	12,5

penggantian Koil

Dik:

$$V = 12,5 \text{ m/s}$$

$$A = 0,961 \text{ m}^2$$

$$Q = 12,5 \text{ m/s} \cdot 0,961 \text{ m}^2 \\ = 12,0125 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2.118,8 \text{ CFM} \\ = \mathbf{25.452,085 \text{ CFM}}$$

Jadi, nilai CFM AHU 1-1 setelah penggantian koil yaitu **25.452,085 CFM**. Dari perhitungan-perhitungan di atas. Dapat disimpulkan bahwa nilai kecepatan udara dan CFM AHU pada kondisi:

1) Standar

$$V = 13,371 \text{ m/s}$$

$$\text{CFM} = 27.225$$

2) Sebelum penggantian koil

$$V = 7,1 \text{ m/s}$$

$$\text{CFM} = 15.343,78$$

3) Setelah penggantian koil

$$V = 12,5 \text{ m/s}$$

$$\text{CFM} = 25.452,085$$

Besarnya perbandingan nilai kecepatan udara sebelum dan setelah penggantian koil:

$$1) V_{\text{sebelum}} = V_{\text{Standar}} - V_{\text{Sebelum}} \\ = 13,371 \text{ m/s} - 7,1 \text{ m/s}$$

$$= \mathbf{6,271 \text{ m/s}}$$

$$2) V_{\text{setelah}} = V_{\text{Setelah}} - V_{\text{Sebelum}} \\ = 12,5 \text{ m/s} - 7,1 \text{ m/s} \\ = \mathbf{5,4 \text{ m/s}}$$

Besarnya nilai persentase CFM AHU sebelum dan setelah penggantian koil:

$$2) P. \text{Sebelum} = \frac{27.225 - 15.343,78}{27.225} \\ \times 100\% \\ = 0,436 \times 100\% = \mathbf{43,6\%}$$

$$3) P. \text{Setelah} = \frac{25.452,085 - 15.343,78}{15.343,78} \\ \times 100\% \\ = 0,658 \times 100\% = \mathbf{65,8\%}$$

Kecepatan udara AHU 1-1 antara kondisi standar dengan sebelum penggantian coil mengalami penurunan sebesar **6,721 m/s** sementara itu, nilai CFM mengalami penurunan sebesar **43,6%**. Setelah penggantian coil dilakukan kecepatan udara meningkat sebanyak **5,4 m/s** dan nilai CFM AHU meningkat sebesar **65,8%**.

5. Kerugian Biaya yang Dikeluarkan Setiap bulannya Jika Coil Tidak Diganti

a) Biaya Listrik yang Dikeluarkan Per Jam

Dik:

$$\text{Total Ampere} = (27+29+31) = 87$$

A

$$\text{Asumsi } V \text{ (Tegangan)} = 220 \text{ V}$$

$$\text{Tarif listrik per kWh} = \text{Rp } 1.114,-$$

jadi,

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 87 \text{ A} \times 220 \text{ V} \\ &= 19.140 \text{ VA} \\ &= 19 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dalam 1 jam} &= 19 \times 1 \\ &= 19 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya per jam} &= 19 \times \text{Rp } 1.114 \\ &= \text{Rp } 21.116,- \end{aligned}$$

b) Kalor yang Dikeluarkan Udara Sebelum Penggantian Coil

Untuk mengetahui kalor yang dilepaskan oleh udara maka yang dihitung dimulai dari laju massa udara setelah itu perpindahan kalor nya.

Laju aliran massa udara

$$\dot{m} = \rho \times A$$

\dot{m} = laju aliran massa udara (kg/s)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

A = luas penampang (m²)

Perpindahan kalor

$$Q_{\text{kalor}} = m.c. \Delta T$$

Q_{kalor} = kalor (J)

m = massa udara (kg/s)

c = kalor jenis udara (J/kg°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

Q_{udara} sebelum :

Dik:

$$V = 7,1 \text{ m/s}$$

$$A = 0,961 \text{ m}^2$$

$$P = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta T = 2,8^\circ\text{C}$$

$$T_2 - T_1 = 24,6^\circ\text{C} - 21,8^\circ\text{C}$$

$$= 2,8^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{udara}} = 1004 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

jadi,

$$\begin{aligned} Q_{\text{debit}} &= 0,961 \text{ m}^2 \times 7,1 \text{ m/s} \\ &= 6,8231 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{udara}} &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 6,8231 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 8,187 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{kalor}} &= 8,187 \text{ kg/s} \times 1004 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \\ &\quad \times 2,8^\circ\text{C} \\ &= \text{23.015,2 J/s} \end{aligned}$$

c) Kalor yang Dikeluarkan Udara Setelah Penggantian Coil

Q_{udara} setelah

Dik:

$$V = 12,5 \text{ m/s}$$

$$A = 0,961 \text{ m}^2$$

$$P = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta T = 4,4^\circ\text{C}$$

$$T_2 - T_1 = 23^\circ\text{C} - 18,6^\circ\text{C}$$

$$= 4,4^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{udara}} = 1004 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} Q_{\text{debit}} &= 0,961 \text{ m}^2 \times 12,5 \text{ m/s} \\ &= 12,0125 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{udara}} &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times \\ &12,0125 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$= 14,415 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{kalor}} &= 14,415 \text{ kg/s} \times 1004 \\ &\quad \text{J/kg}^\circ\text{C} \times 4,4^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$= \text{63.679,7 J/s}$$

d) Dik:

$$Q_{\text{kalor}} \text{ Setelah} = 63,7 \text{ kJ/s}$$

$$Q_{\text{kalor}} \text{ dalam 1 jam} = 63,7 \text{ kJ/s} \times$$

$$3600 \text{ s}$$

$$= 229.320 \text{ kJ}$$

$$= 229,3 \text{ MJ}$$

$$\text{Biaya per MJ} = \frac{21.116}{229,3} = \text{Rp}92,-$$

$$Q_{\text{kalor}} \text{ Sebelum} = 23 \text{ kJ/s}$$

$$Q_{\text{kalor}} \text{ dalam 1 jam} = 23 \times 3600$$

$$= 82.800 \text{ kJ}$$

$$= 82,8 \text{ MJ}$$

Jadi,

Loss Q_{kalor} dalam 1 jam

$$= Q_{\text{setelah}} - Q_{\text{sebelum}}$$

$$= 229,3 \text{ MJ} - 82,8 \text{ MJ}$$

$$= 146,5 \text{ MJ}$$

PERHITUNGAN KAPASITAS CFM DAN BIAYA KERUGIAN UNTUK MENGETAHUI KEEFEKTIFAN KINERJA PADA AHU DI TERMINAL BANDAR UDARA

Loss biaya per jam
 = 146,5 MJ x Rp 92
 = Rp13.478,-

Loss biaya per hari (operasional sehari 12 jam)
 = Rp13.478 x 12 jam
 = Rp161.736,-

Loss biaya per bulan
 = Rp161.736 x 30 hari
 = **Rp4.852.080,-**

Jika dihitung 3 tahun, maka kerugian yang bisa saja terjadi:
 = Rp 4.852.080 x 36 bulan
 = **Rp174.674.880,-**

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa jika coil AHU tidak diganti maka kemungkinan kerugian yang terjadi pada penggunaan listrik tiap bulannya sebesar **Rp4.852.080,-** dan jika kondisi coil AHU tetap dibiarkan selama 3 tahun maka kerugian yang bisa saja terjadi sebesar **Rp174.674.880,-**

6. Biaya yang Dikeluarkan Jika Coil Diganti

Dik:
 Biaya coil = Rp79.222.500,-
 Tenaga kerja = 12 orang
 Waktu = 6 jam
 Hari = 1 hari

Maka,
 Biaya perbaikan
 = Harga coil + (tenaga kerja x $\frac{waktu}{hari}$)
 = Rp79.222.500,- + (12) x $\frac{6}{1}$
 = **Rp79.222.572,-**

Dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa jika coil AHU diganti dengan yang baru maka biaya yang dikeluarkan sebesar **Rp79.222.572,-**

7. Data Perbandingan Pengukuran Sebelum dan Setelah Penggantian Coil AHU

No.	Parameter Pengukuran	Sebelum Penggantian Coil AHU	Setelah Penggantian Coil AHU	Catatan
A	Ampere motor AHU			
	R (Ampere)	27	27	Arus listrik motor AHU naik setelah penggantian coil.
	S (Ampere)	28	29	
	T (Ampere)	30	31	
C	Flow Udara Diffuser Supply			
	Terjauh (m/s)	1,3	6,4	Flow udara di diffuser supply naik
	Terdekat (m/s)	4,6	6,1	
D	Suhu Udara Diffuser Supply			
	Terjauh (°C)	21,8	18,6	Suhu udara di diffuser supply turun
	Terdekat (°C)	20,8	18,1	
E	Flow Udara Return AHU			
	Titik A (m/s)	7,1	12,5	Flow udara di return AHU naik

Tabel 6. Perbandingan Pengukuran sebelum dan setelah Penggantian

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kecepatan udara AHU 1-1 antara kondisi standar dengan kondisi sebelum penggantian coil mengalami penurunan sebesar 6,271 m/ s. Nilai CFM juga mengalami penurunan sebesar 43,6%.
2. Setelah penggantian coil dilakukan, kecepatan udara meningkat sebanyak 5,4 m/s dan nilai CFM AHU 1-1 meningkat sebanyak 65,8%.
3. Jika coil tidak diganti maka kemungkinan kerugian yang terjadi sebesar Rp. 174.674.880,- sementara itu, penggantian coil AHU hanya

memakan biaya sebesar Rp. 79.222.572,-

Saran

Dengan menggunakan metode penghitungan ini diharapkan mampu menganalisis kinerja sebuah alat tanpa harus menyentuh objek tersebut. Ini merupakan langkah menuju proses efisiensi waktu dan biaya yang pada akhirnya nanti mampu memberikan kontribusi yang bagus bagi pihak Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai. Harapan penulis semoga analisis ini mampu diterima dan diaplikasikan kepada pihak-pihak bandar udara yang terkait agar kinerja lebih maksimal dan hasil yang memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cao, Qingfeng et al. 2021. "An Experimentally Validated Analytical Model for Aerosol Number Concentration Reduction in Classrooms." *Aerosol and Air Quality Research* 21(9): 1–12.
- Eastern, P T, Pearl Flour, and Nur Fuada. 2019. "Analisis Heat Loss Pada Sistem Uap Dan Performance Boiler Indomarine Di PT. Eastern Pearl Flour Mills Nur." *jurnal Analisis Heat Loss pada Sistem Uap dan Performance Boiler Indomarine di PT. Eastern Pearl Flour Mills*: 17–24.
- Gunnsteinsson, Stefan, Rebecca Kahn, and Michael Gevelber. 2016. "Airflow Based Model to Estimate Commercial Building HVAC Energy Use : Analysis to Determine Principal Factors for Different Climate Zones." *International Compressor Engineering, Refrigeration and Air Conditioning, and High Performance Buildings Conferences*: 1–10.
- Harsito, Catur, Ariyo Nurachman Satiya Permana, and Finda Sihta. 2021. "Energy Efficiency Calculation and Air Handling Unit Design Based on Cooling Load Capacity at MASTEK Mosque." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 746(1).
- Jaka Samudra, Bambang, and Amiral Aziz. 2021. "Detail Desain Chiller Sistem Hvac Pada Bangunan Gedung Bertingkat Detail Design of Hvac System Chiller in Multi Storey Buildings." *Jurnal Baut dan Manufaktur* 03(1): 1–9.
- Kayana, Made Dwi, I Nyoman Pasek Nugraha, and Kadek Rihendra Dantes. 2019. "Analisa Pengaruh Laju Aliran Fluida Air Pada Saluran Pipa Ahu (Air Handling Unit) Terhadap Capaian Suhu Optimum Mesin Pendingin Mini Water Chiler." *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha* 7(3): 129–34.
- Muhsin, Muhsin. 2019. "Application of Talking Stick Learning Model to Improve Students' Positive Attitude and Learning Achievement in the Subject of Heat." *Jurnal Pendidikan Fisika* 7(1): 32–48.
- Poerschke, Andrew. 2017. "Measured Performance of a Varied Airflow Small-Diameter Duct System." (March).
- Razban, Ali, David Goodman, and Jie Chen. 2017. "Imece2016-66271 Energy Optimization of Air Handling Unit Using Co 2 Data and Coil Performance." : 1–10.