

Analisis Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin (*Chiller, Cooling Tower, dan Air Handling Unit*) Sebelum dan Sesudah *Maintenance* di Transmart Buah Batu

Risma Safytri¹, Ade Suryatman Margana², A.P Edi Sukamto³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

Email : risma.safytri.tptu416@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

Email : adesmargana@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

Email : edisukamto_ap@yahoo.com

ABSTRAK

Perawatan pada mesin pendingin dan pengondisian udara di pusat perbelanjaan/*mall* sangat dibutuhkan guna mempertahankan kinerja dan memastikan mesin tersebut dalam kondisi yang baik sehingga mampu melaksanakan proses yang telah direncanakan. Dalam usaha untuk dapat menggunakan fasilitas kegunaan mesin tersebut secara kontinu, maka staff gedung Transmart Buah Batu melakukan kegiatan *preventive maintenance* yang meliputi pengecekan dan perbaikan apabila terjadi kerusakan serta penyesuaian atau pergantian komponen pada mesin tersebut Untuk menganalisa bagaimana kinerja mesin maka dilakukan pengambilan data yakni pada saat sebelum dan sesudah proses *maintenance* dimana setelah itu kemudian dilakukan perhitungan terhadap data-data tersebut untuk mengetahui besar nilai kinerja chiller, kapasitas pendinginan cooling tower dan kapasitas pendinginan AHU. Berdasarkan hasil perhitungan data sebelum dan sesudah *maintenance* didapatkan hasil naiknya nilai COP *chiller* setelah kegiatan *maintenance*, yakni dari besar COP sebelum *maintenance* ialah sebesar 5,59 COP dan untuk setelah *maintenance* ialah 7,1. Hal tersebut juga diiringi dengan penurunan konsumsi energi *chiller* dimana konsumsi energi *chiller* sebelum *maintenance* ialah sebesar 0,63kW dan untuk setelah *maintenance* sebesar 0,55kW. Sementara untuk nilai kapasitas *cooling tower* baik sisi udara dan sisi air mengalami kenaikan setelah *maintenance* sebesar 271,26kW dari nilai awal sebesar 1239,45kW menjadi 1510kW pada sisi air, dan sebesar 13,22kW dari nilai awal sebelum *maintenance* sebesar 13,22kW menjadi 37,47kW pada sisi udara. Dan untuk besar kapasitas pendinginan AHU mengalami penurunan di tiap lantai nya yakni untuk nilai kapasitas pendinginan AHU sebelum *maintenance* lantai ground, L1, L2 dan L3 berturut-turut ialah 10,39kW, 21,7kW, 21,7kW, 21,7kW. Sementara nilai kapasitas pendinginan AHU setelah *maintenance* 2,09kW, 6,47kW, 6,47kW.

Kata Kunci

Perawatan, kinerja mesin, kapasitas pendinginan

1. PENDAHULUAN

Gedung Transmart Buah Batu adalah salah satu pusat perbelanjaan/*mall* di kota Bandung yang menggunakan mesin pendingin dan pengondisian udara untuk kenyamanan didalam gedung. Mesin yang digunakan tersebut antara lain ialah *chiller*, *cooling tower* dan *air handling unit* dimana setiap bulannya mesin-mesin tersebut mendapatkan perawatan yang dilakukan baik oleh staff internal di Transmart Buah Batu maupun oleh vendor dari luar. Perawatan pada mesin pendingin dan pengondisian udara di pusat perbelanjaan/*mall* dibutuhkan guna mempertahankan kinerja dan memastikan mesin tersebut dalam kondisi yang baik sehingga mampu melaksanakan poses yang sudah direncanakan. Berdasarkan hal tersebut, maka kegiatan *maintenance* yang dilakukan secara efektif dan

efisien dapat menekan biaya pemeliharaan serendah mungkin serta mampu mengoptimalkan penggunaan energi yang dibutuhkan oleh mesin. Permasalahan yang akan dibahas pada penulisan makalah ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan pada kinerja sistem pendingin (AHU, *Chiller*, dan *Cooling tower*) sebelum dan sesudah *maintenance*.
2. Perawatan dan perbaikan apa saja yang dilakukan terhadap AHU, *Chiller*, dan *Cooling tower* yang ada di Transmart Buah Batu.

Tujuan penelitian makalah ini adalah untuk mengetahui besar perbandingan kinerja pendingin pada (AHU, *Chiller*, dan *Cooling tower*) sebelum dan sesudah *maintenance*. Serta guna mengetahui perawatan dan perbaikan apa saja yang dilakukan

terhadap AHU, *Chiller*, dan *Cooling tower* yang ada di Transmart Buah Batu.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian *Maintenance*

Menurut Corder (1996:4), perawatan adalah suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Berdasarkan pengertian diatas disimpulkan bahwa perawatan adalah suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik.

Dalam penerapannya, perawatan memerlukan teknik yang merupakan penerapan dari ilmu pengetahuan dan prinsip-prinsip dasar perawatan yang bertujuan untuk menjaga kondisi suatu mesin dari peralatan dalam kondisi sempurna. Kebijakan yang umum dikenal di dunia industri ada 2, yaitu perawatan kerusakan (*break down maintenance*) dan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*). Perawatan kerusakan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan dengan cara mesin atau peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki. Sementara perawatan pencegahan dapat diartikan sebagai kebijakan perawatan yang sebagai upaya pencegahan sebelum terjadinya kerusakan. Pada penelitian tugas akhir ini, penggunaan metode kebijakan yang digunakan adalah perawatan pencegahan (*preventive maintenance*).

2.2 *Water-cooled Chiller*

Menurut (Pranata, Dantes dan Nugraha,2019) *Water-cooled chiller* adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya. Prinsip dasar dari *water-cooled chiller* adalah proses penyerapan panas dan pelepasan panas dengan menggunakan media berupa air yang didinginkan ditabung pendingin.

Water cooled chiller adalah sebuah sistem pendingin yang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu evaporator, kondensor, kompresor dan ekspansi. Prinsip kerja *water-collid chiller* sama halnya seperti prinsip kerja sebuah mesin pendingin pada umumnya, pada *water-cooled chiller* refrigeran dialirkan dalam suatu pendinginan melalui pipa-pipa. Sistem air-dingin (*chilled-water sistem*), terdiri atas beberapa komponen yang terintegrasi, yaitu :

1. **Chiller**, berfungsi mendinginkan air atau cairan lainnya.
2. **Koil** (sebagai beban *chiller*), berfungsi mentransfer kalor dari udara ke air.
3. **Chilled-water distribution sistem** (pemipaan dan pompa air dingin) berfungsi mengirim air dingin ke beban-beban/koil.
4. **Heat rejection sistem** (pompa air kondenser, pemipaan air pendingin, *cooling tower*)

berfungsi membuang kalor dari *chiller* ke lingkungan.

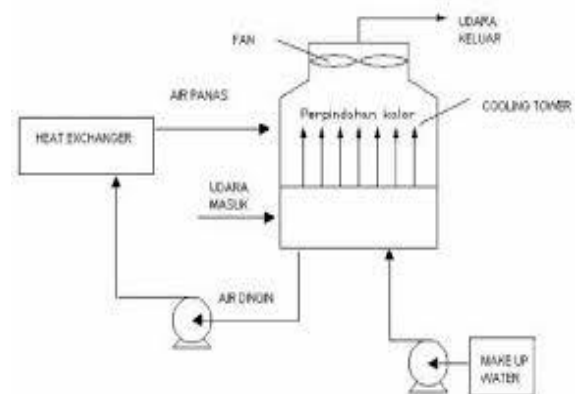
5. **Sistem kontrol**, berfungsi mengkoordinasikan operasi komponen-komponen mekanikal secara bersama sebagai suatu sistem.

2.3 *Cooling Tower*

Menurut (Pratiwi, Nugroho dan Hamidah,2014) *Cooling Tower* merupakan peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstrasi panas dari air dan mengemisikan panas ke atmosfer. *Cooling tower* memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Di dalam sistem *cooling tower* terdapat *fan*, *distribution system*, *spray nozzle (sprinkle)*, *fill (packing)*, *basin* dan *pump*.

Menara pendingin akan melepaskan kalor melalui kondensor, *refrigerant* melepaskan kalornya ke air pendingin sehingga air tersebut menjadi panas. Selanjutnya air panas ini dipompa menuju menara pendingin. Tujuan menara pendingin ialah menyerap banyak kalor dan menyediakan banyak air pendingin untuk digunakan pada instalasi pendinginan dengan kata lain menara pendingin mempunyai fungsi menurunkan suhu air dan mengesktrak kalornya menuju atmosfer. Menara pendingin mampu menurunkan suhu air lebih rendah daripada mesin pendingin lain yang menggunakan metode pendinginan udara, seperti radiator pada kendaraan bermotor.

Prinsip kerja menara pendingin berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Dalam menara pendingin, perpindahan kalor berlangsung dari air ke udara. Menara pendingin menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer. Sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan. Prinsip kerja menara pendingin dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Skematik Prinsip Kerja *Cooling Tower*

2.4 *Air Handling Unit*

Air Handling Unit (AHU) merupakan alat pendistribusian udara yang telah dikondisikan dari sumber dingin ataupun panas ke ruang yang akan

dikondisikan. AHU adalah komponen penukar kalor dimana air dingin hasil pendinginan oleh evaporator disirkulasikan ke *coil* yang ada pada AHU, kemudian udara dinginnya di sirkulasikan oleh *blower* dan didistribusikan ke ruangan melalui *ducting*.

2.5 Rumus Perhitungan

2.5.1 Chiller

Rumus-rumus yang digunakan pada *chiller* ialah sebagai berikut :

1. Flowrate *Chiller*

$$\dot{m}_{actual} = \sqrt{\frac{\text{pressure drop actual}}{\text{pressure drop design}}} \times \dot{m}_{desain} \quad (1)$$

2. Kapasitas Pendinginan *Chiller*

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (2)$$

$$Q_e = \dot{m}_e \times 4,2 \times \Delta T_e \quad (3)$$

$$Q_c = \dot{m}_c \times 4,2 \times \Delta T_c \quad (4)$$

3. Kinerja *Chiller*

$$COP = \frac{Q_e}{P} \quad (5)$$

4. Konsumsi Energi *Chiller*

$$KW/TR = \frac{P}{Q_e} \quad (6)$$

2.5.2 Cooling Tower

Rumus-rumus yang digunakan pada *cooling tower* ialah sebagai berikut :

1. Kapasitas Cooling Tower Sisi Air

$$Q_w = \dot{m} \times C_{p\text{water}} \times \Delta T \quad (7)$$

2. Kapasitas Cooling Tower Sisi Udara

$$Q_a = \dot{m} \times C_{p\text{air}} \times \Delta h \quad (8)$$

2.5.3 Air Handling Unit

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas pendinginan *air handling unit* ialah sebagai berikut :

$$Q_{ahu} = \dot{m} \times \Delta h \quad (9)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data dilaksanakan di Transmart Buah Batu Bandung dimana data telah yang digunakan adalah data pada tanggal 7 Maret 2020 untuk data sebelum *maintenance* dan tanggal 25 Juni 2020 untuk data setelah *maintenance*. Pengambilan data dimulai pada jam 12.35 agar kerja dari mesinnya telah stabil kemudian mengambil data yang diperlukan menggunakan monitor yang sudah tersedia untuk *chiller*, dan mengambil data manual menggunakan 1 buah anemometer dan manometer

digital untuk Air Handling Unit (AHU) dan *cooling tower*. Pengukuran tekanan menggunakan pressure gauge yang sudah tersedia dimasing-masing unit pipa chiller menuju Air Handling Unit (AHU). Selanjutnya data akan dimasukkan kedalam excel dan diolah menggunakan rumus-rumus yang telah disebutkan diatas.

4. HASIL DAN ANALISA

4.1 Data Pengamatan

Pengambilan data pada *cooling tower*, *chiller* dan *air handling unit* dilakukan pada 2 waktu yakni sebelum *maintenance* (pada tanggal 7 Maret 2020) dan setelah *maintenance* (pada tanggal 25 Juni 2020). Data pengamatan masing-masing mesin dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 1. Data Cooling Tower Sebelum dan Sesudah Maintenance

Information	Unit	Air Side (Evaporator)		Water Side (Condenser)	
		Before	After	Before	After
T _{Inlet}	°C	31.9	31.5	28.1	30.4
RH _{Inlet}	%	44.9	48.4	--	
T _{Outlet}	°C	29.6	29	25.4	26.6
RH _{Outlet}	%	56.2	62.4	--	
Velocity	m/s	7.7	7.7	--	
Outlet Area	m ²	2.54	2.54	--	
Water flow rate	CMM	--		6.5909	5.7079

Tabel 2. Data Chiller Sebelum Maintenance

No	Besaran	Awal	5'	10'	15'	Sat	
Comp. Motor Electricity							
1	Current	R	271	270	271	270	A
		S	302	302	302	303	A
		T	305	305	304	303	A
2	Voltage	R-S	392	394	393	392	V
		S-T	398	401	400	399	V
		R-T	400	399	400	398	V
3	Cos f	R-S	0.835	0.832	0.834	0.832	
		S-T	0.932	0.935	0.932	0.932	
		R-T	0.94	0.944	0.938	0.933	
4	Power	R	153.64	153.30	153.85	152.52	kW
		S	194.03	196.12	195.00	195.16	kW
		T	198.63	198.98	197.56	194.88	kW
Cooling Water Side							
1	T _{Inlet}	27.6	27.7	27.5	25.4	°C	
2	T _{Outlet}	32.6	32.7	32.5	28.1	°C	
3	P _{Inlet}	1.75	2	1.75	2	Bar	
4	P _{Outlet}	1	1	1	1	Bar	

No	Besaran	Awal	5'	10'	15'	Sat
5	Water flow rate	5.708	6.591	5.708	6.591	CMM
Chilled Water Side						
1	T _{Inlet}	12.3	12.3	12.3	12.3	°C
2	T _{Outlet}	9.1	9.1	9.1	9.1	°C
3	P _{Inlet}	5	5	5	5	Bar
4	P _{Outlet}	2.5	2.5	2.5	2.5	Bar
5	Flow rate	13.683	13.683	13.683	13.683	CMM

Tabel 3. Data Chiller Sesudah Maintenance

No	Besaran	Awal	5'	10'	15'	Sat	
Comp. Motor Electricity							
1	Current	R	280	272	271	148	A
		S	308	305	302	174	A
		T	313	307	304	177	A
2	Voltage	R-S	396	395	395	392	V
		S-T	402	399	399	399	V
		R-T	401	400	400	395	V
3	Cos f	R-S	0.862	0.841	0.834	0.458	
		S-T	0.95	0.941	0.932	0.538	
		R-T	0.964	0.947	0.938	0.547	
4	Power	R	165.55	156.50	154.63	46.02	kW
		S	203.73	198.35	194.52	64.69	kW
		T	209.57	201.42	197.56	66.24	kW
Cooling Water Side							
1	T _{Inlet}	27.3	27.1	26.6	25.4	°C	
2	T _{Outlet}	32.8	32.4	30.4	28.1	°C	
3	P _{Inlet}	2	2	2	2	Bar	
4	P _{Outlet}	1	1	1.4	1	Bar	
5	Water flow rate	6.591	6.591	5.105	6.591	CMM	
Chilled Water Side							
1	T _{Inlet}	16.3	14.5	13.4	13.4	°C	
2	T _{Outlet}	12.6	11	10.7	11.3	°C	
3	P _{Inlet}	5	4.8	5	5	Bar	
4	P _{Outlet}	2.4	2.4	2.4	2.4	Bar	
5	Flow rate	13.954	13.406	13.954	13.954	CMM	

Tabel 4. Data Air Handling Unit Sebelum dan Sesudah Maintenance

AHU							
No	Besaran		AHU Ground	AHU F1	AHU F2	AHU F3	Unit
Water Side							
1	T _{Inlet}	Before	9.1	9.1	9.1	9.1	°C
		After	10.7	10.7	10.7	x	°C
2	T	Before	12.3	12.3	12.3	12.3	°C

	Outlet	After	13,4	13,4	13,4	x	°C
3	Flow rate	Before	13.683	13.683	13.683	13.683	[L/s]
		After	13.954	13.954	13.954	x	[L/s]
		Air Side					
1	T _{DB Return}	Before	27.4	28.5	28.5	28.5	°C
		After	27.7	27.9	27.9	x	°C
2	RH _{Return}	Before	59.6	56.7	56.7	56.7	%
		After	54.4	55	55	x	%
3	T _{DB Supply}	Before	25.7	27.2	27.2	27.2	°C
		After	26.5	26	26	x	°C
4	RH _{Supply}	Before	62	50	50	50	%
		After	59.1	60.5	60.5	x	%
5	T _{DB Fresh Air}	Before	31.4	31.4	31.4	31.4	°C
		After	33.4	33.4	33.4	x	°C
6	RH _{Fresh Air}	Before	53.1	53.1	53.1	53.1	%
		After	46.4	46.4	46.4	x	%
7	T _{Room}	Before	27.9	28.5	28.5	28.1	°C
		After	27.5	27	27	x	°C
8	RH _{Room}	Before	55.6	56.7	56.7	60.3	%
		After	59.5	57	57	x	%
9	T _{Diffuser}	Before	27	28.3	28.3	28.3	°C
		After	27.7	26.4	26.4	x	°C
10	RH _{Diffuser}	Before	57.8	52.9	52.9	52.9	%
		After	58.1	60	60	x	%
11	V _{Return}	Before	6.581	6.581	6.581	6.581	m/s
		After	6.280	6.280	6.280	x	m/s
12	Return Section Area	Before	0.36	0.360	0.360	0.36	m ²
		After	0.36	0.360	0.360	x	m ³
13	V _{Supply}	Before	4.30	8.79	8.79	8.79	m/s
		After	2.3	7.000	7.000	x	m/s
14	V _{Fresh Air}	Before	3.4	3.4	3.4	3.4	m/s
		After	3.4	3.4	3.4	x	m/s
15	Return Fresh Air Area	Before	0.33	0.33	0.33	0.33	m ²
		After	0.33	0.33	0.33	0.33	m ³

Dari data yang telah didapat kemudian didapatkan hasilnya dengan mengolah pada excel yakni untuk chiller didapat nilai COP dan penggunaan energy, sementara pada cooling tower didapat hasil kapasitas cooling tower baik sisi air maupun sisi udara, dan

untuk AHU didapat besar kapasitas pendinginan pada AHU. Setelah hasil dari perhitunga telah didapat maka dapat disajikan dalam bentuk grafik yang akan dijelaskan pada bagian analisa dibawah. Pada data untuk lantai 3 (setelah maintenance), tidak ada data yang dimasukkan karena pada saat pengambilan data khusus untuk lantai 3 sedang tidak dioperasikan sehingga data pada table ditulis dengan menggunakan keterangan "x".

4.2 Pengolahan Data

1. Chiller

Dalam menentukan perhitungan kapasistas pendinginan kondenser diperlukan nilai *flow rate* yang dapat dihitung menggunakan rumus (1) pada perhitungan ini data yang digunakan adalah data chiller sebelum maintenance pada menit ke

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{\text{pressure drop actual}}{\text{pressure drop desain}}} \times \dot{m}_{\text{desain}}$$

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{2 - 1 \text{ Bar}}{1.21 \text{ Bar}}} \times 7.25 \text{ CMM}$$

$$\dot{m} = 6,5909 \text{ CMM}$$

$$\dot{m} = 109,84 \text{ kg/s}$$

Dalam menentukan perhitungan kapasistas pendinginan evaporator diperlukan nilai *flow rate* yang dapat dihitung menggunakan rumus (1)

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{\text{pressure drop actual}}{\text{pressure drop desain}}} \times \dot{m}_{\text{desain}}$$

$$\dot{m} = 13,683 \text{ CMM}$$

$$\dot{m} = 228,05 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan rumus (3) diperoleh kapasitas pendinginan *chiller* 1 sebelum *maintenance* ialah :

$$Q_e = \dot{m} \times C_p \times \Delta T_e$$

$$Q_e = 228,05 \text{ kg/s} \times 4,179 \times (12,3 - 9,1) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_e = 3049,61 \text{ kW}$$

Berdasarkan rumus (4) diperoleh *heat rejection chiller* 1 sebelum *maintenance* ialah:

$$Q_c = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_c = \dot{m} \times 4,179 \times T_1 - T_2$$

$$Q_c = 109,84 \text{ kg/s} \times 4,179 \times (28,1 - 25,4) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_c = 1239,45 \text{ kW}$$

Berdasarkan rumus (5) diperoleh kinerja *chiller*1:

$$COP = \frac{Q_e}{P}$$

$$COP = \frac{3049,61 \text{ kW}}{542,56 \text{ kW}}$$

$$COP = 5,62$$

Berdasarkan rumus (6) diperoleh konsumsi energi *chiller* 1:

$$KW/TR = \frac{P}{Q_e}$$

$$KW/TR = \frac{542,56 \text{ kW}}{867,91 \text{ TR}}$$

$$KW/TR = 0,63$$

2. Cooling tower

Berdasarkan rumus (7) diperoleh kapasitas pendinginan *cooling tower* sisi udara:

$$Q_a = \dot{m} \times \Delta h$$

$$Q_a = 22,04 \text{ kg/s} \times (67,4 - 66,3) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_a = 24,25 \text{ kW}$$

Berdasarkan rumus (8) diperoleh kapasitas pendinginan *cooling tower* sisi air:

$$Q_w = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_w = \frac{6,591 \text{ m}^3/\text{min} \times 4,179 \times (28,1 - 25,4) \text{ }^\circ\text{C}}{60} \times 1000$$

$$Q_w = 1239,45 \text{ kW}$$

3. Air Handling Unit

Berdasarkan rumus (9) diperoleh kapasitas pendinginan AHU 1:

$$Q_{ahu} = \dot{m} \times \Delta h$$

$$Q_{ahu} = \dot{m} \times h_{\text{return}} - h_{\text{supply}}$$

$$Q_{ahu} = 2,73 \text{ kg/s} \times (62,5 - 58,7) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{ahu} = 10,39 \text{ k}$$

Berdasarkan rumus (9) diperoleh kapasitas pendinginan ruangan AHU 1:

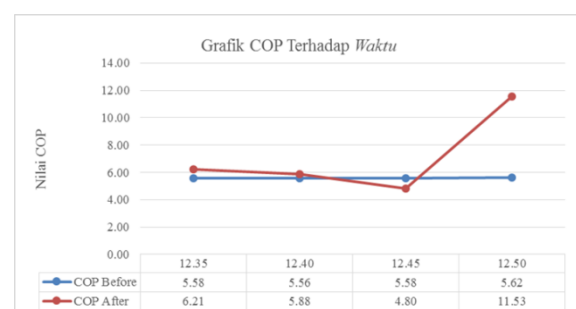
$$Q_{ahu} = \dot{m} \times \Delta h$$

$$Q_{ahu} = \dot{m} \times h_{\text{room}} - h_{\text{diffuser}}$$

$$Q_{ahu} = 2,73 \text{ kg/s} \times (61,6 - 60,2) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{ahu} = 3,83 \text{ kW}$$

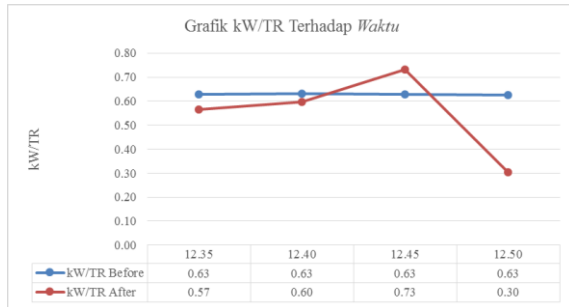
4.3 Analisa



Gambar 1. Grafik COP Chiller

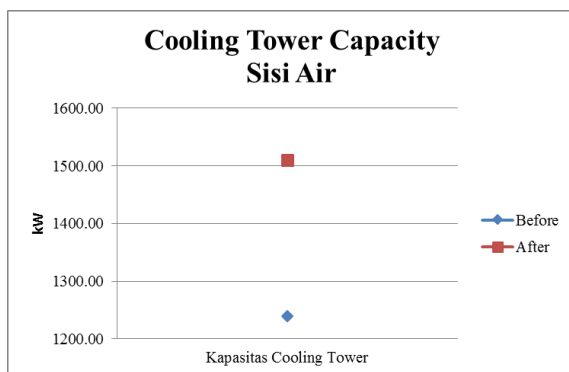
Dari grafik COP, kinerja *chiller* sebelum *maintenance* tidak menunjukkan perubahan nilai yang terlalu jauh dimana data nilai kinerja *chillernya* berkisar pada rentang 5,58 s/d 5,65 karena kerja *chiller* sudah stabil, sementara pada data kinerja

chiller sesudah *maintenance* nilai nya memiliki perbedaan yang cukup jauh yakni pada data awal nilai COP nya sebesar 6,21 kemudian pada 5 dan 10 menit selanjutnya turun menjadi 5,88 dan 4,80 tetapi naik lagi pada menit ke-15 menjadi 11,53 hal tersebut dikarenakan pada saat pengambilan data setelah *maintenance chiller* baru dioperasikan pada pukul 11 dan keadaan mesin pada saat pengambilan data belum stabil.



Gambar 2. Grafik Konsumsi Energi *Chiller*

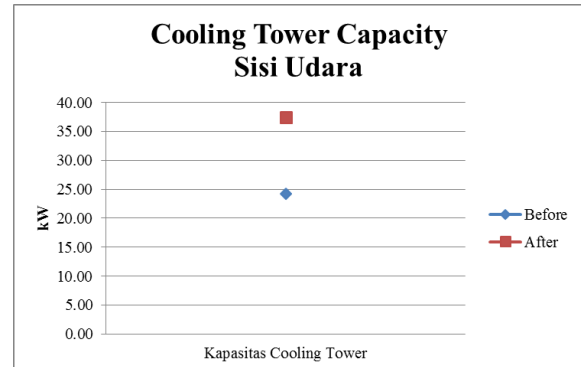
Dari grafik konsumsi energi, terlihat jika konsumsi energy *chiller* sebelum *maintenance* tidak menunjukkan perubahan nilai dimana data nilainya sebesar 0,63 kW/TR sementara pada data sesudah *maintenance* nilai nya memiliki perbedaan yakni pada data awal nilainya sebesar 0,57kW/TR kemudian pada 5 dan 10 menit selanjutnya naik menjadi 0,60 dan 0,73kW/TR tetapi turun lagi pada menit ke-15 menjadi 0,3KW/TR hal tersebut dikarenakan pada saat pengambilan data setelah *maintenance* nilai power input *chiller* naik pada menit awal hingga menit ke-10 kenaikannya tidak terlalu signifikan sementara pada menit ke-15 terjadi penurunan yang sangat tinggi.



Gambar 3. Grafik Kapasitas *Cooling Tower* Sisi Air

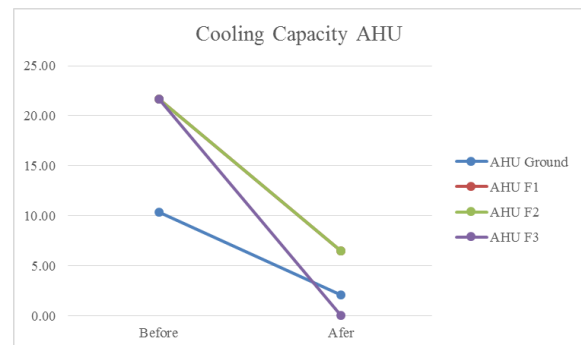
Pada nilai kapasitas menara pendingin sisi air hasilnya mengalami kenaikan dari data sebelum dan sesudah *maintenance* yakni sebesar 271,26kW dari nilai awal sebesar 1239,45kW menjadi 1510kW. Hal tersebut terjadi karena kenaikan selisih nilai temperatur masuk dan keluar *cooling tower* dan juga perbedaan nilai *flow rate* baik sebelum dan sesudah

maintenance yang mengakibatkan naiknya nilai kapasita *cooling tower* sisi udara. Hal tersebut terjadi karena terjadi perubahan nilai temperatur dan RH udara masuk dan keluar yang membuat selisih nilai entalpi mengalami kenaikan yang mengakibatkan nilai kapasitasnya naik.



Gambar 4. Grafik Kapasitas *Cooling Tower* Sisi Udara

Begitu pula pada kapasitas menara pendingin sisi udara yang juga naik sebesar 13,22kW dari nilai awal sebelum *maintenance* sebesar 13,22kW menjadi 37,47kW. Hal tersebut terjadi karena terjadi perubahan nilai temperatur dan RH udara masuk dan keluar yang membuat selisih nilai entalpi mengalami kenaikan yang mengakibatkan nilai kapasitasnya naik.



Gambar 5. Grafik Cooling Capacity AHU Sebelum dan Sesudah Maintenance

Pada grafik dapat terlihat bahwa kapasitas pendinginan AHU mengalami penurunan setelah *maintenance* di setiap lantai yakni saat sebelum *maintenance* nilai kapasitas pendinginannya dari riap lantai ground, L1, L2 dan L3 berturut-turut sebesar 10,39kW, 21,7kW, 21,7kW, 21,7kW. Sementara nilai pada saat setelah *maintenance* secara berturut-turut ialah sebesar 2,09kW, 6,47kW, 6,47kW (lantai 3 tidak dibuka saat pandemi). Hal ini dikarenakan pengaruh perubahan suhu return dan suhu supply AHU yang menyebabkan perubahan nilai entalpi sehingga kapasitas pendinginan AHU juga mengalami kenaikan.

5. KESIMPULAN

1. Nilai COP *chiller* setelah *maintenance* lebih besar daripada sebelum *maintenance*. Dimana nilai COP sebelum *maintenance* dari data awal hingga menit ke-15 berturut-turut sebesar 5,58, 5,56, 5,58 dan 5,62. Sementara nilai COP setelah *maintenance* dari data awal hingga menit ke-15 berturut-turut sebesar 6,21, 5,88, 4,80, 11,53.
2. Nilai konsumsi energi *chiller* mengalami penurunan yakni nilai sebelum *maintenance* besar konsumsi energy *chiller* sebesar 0,63kW sementara konsumsi energy *chiller* setelah *maintenance* sebesar 0,57kW, 0,6kW, dan 0,30kW.
3. Nilai kapasitas cooling tower baik sisi udara dan sisi air mengalami kenaikan setelah *maintenance* sebesar 271,26kW dari nilai awal sebesar 1239,45kW menjadi 1510kW pada sisi air, dan sebesar 13,22kW dari nilai awal sebelum *maintenance* sebesar 13,22kW menjadi 37,47kW pada sisi udara.
4. Nilai kapasitas pendinginan AHU mengalami penurunan di tiap lantai nya yakni untuk nilai kapasitas pendinginan AHU sebelum

maintenance lantai ground, L1, L2 dan L3 berturut-turut ialah 10,39kW, 21,7kW, 21,7kW, 21,7kW. Sementara nilai kapasitas pendinginan AHU setelah *maintenance* 2,09kW, 6,47kW, 6,47kW (lantai 3 tidak dibuka saat pandemi).

5. Pelaksanaan *maintenance* pada *chiller*, *cooling tower* dan AHU dilakukan setiap bulan oleh staff internal dan vendor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ansori, Nachnul, and M. Imron Mustajib. 2013. *Sistem Perawatan Terpadu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Corder, A.S. 1996. *Teknik Manajemen Pemeliharaan / A.S Corder; alih bahasa Kusnul Hadi*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Handoyo, Yopi. 2015. "Analisa Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 3, No.1* 38-52.
- [4] Nugroho, Ali. 2015. "ANALISA KINERJA REFRIGERASI WATER CHILLER PADA PT GMF AEROASIA ." *JTM Vol. 04, No. 1* 26-30