

Analisis Audit Energi Sistem Tata Udara Pada Chiller, Cooling Tower, dan Air Handling Unit di Gedung Transmart Buah Batu

Yulianti Andini¹, Ade Suryatman Margana², Apip Badarudin³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Email : yulianti.andini..tptu416@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Email : adesmargana@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Email : apipbdr@polban.ac.id

ABSTRAK

Sistem tata udara pada gedung pusat perbelanjaan atau mall merupakan konsumen energi terbesar. Sedangkan sesuai dengan peraturan pemerintah no 70 tahun 2009 tentang konservasi energi mewajibkan penggunaan energi dilakukan secara hemat dan efisien. Oleh karena itu, dilakukan analisa audit energi sistem tata udara untuk mengetahui besarnya konsumsi energi pada bangunan gedung dan mengetahui peluang penghematannya. Pada penelitian di gedung Transmart Buah Batu ini, sistem tata udara yang diaudit adalah 1 unit *water cooled chiller*, 1 unit *cooling tower*, dan 4 *Air Handling Unit* (AHU). Audit energi ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem tata udara pada gedung ini masih memiliki standar dan kenyamanan yang layak berdasarkan kapasitas katalog mesin yang dirancang dan standar yang berlaku di Indonesia sesuai dengan SNI 03-6390-2011 tentang konservasi energi sistem tata udara pada bangunan dan Gedung. Chiller yang diaudit memiliki nilai COP 5,62 dan sudah sesuai standar SNI, sedangkan untuk konsumsi energi memiliki nilai sebesar 0,63 KW/TR yang tidak sesuai standar. Cooling tower yang diaudit memiliki energi terpakai berdasarkan kapasitas pendinginannya sebesar 94,7 %. Salah satu AHU memiliki presentase energi terpakai sebesar 73% sedangkan AHU lain sebesar 22%. Kenyamanan termal pada setiap lantai dapat dikatakan nyaman namun udara sedikit kering karena setiap lantai memiliki nilai terukur sekitar 27 °C - 28 °C dan RH 55 - 60%.

Kata Kunci

Sistem tata udara, audit energi, chiller, air handling unit, cooling tower.

1. PENDAHULUAN

Saat ini AC sentral tipe *water cooled chiller* banyak digunakan pada bangunan pusat perbelanjaan sebagai sistem pendinginan ruangan. Alat ini merupakan salah satu sistem yang membutuhkan konsumsi energi terbanyak pada suatu bangunan perbelanjaan. Hal ini sebagaimana hasil penelitian (Marpaung, 2014) menunjukkan bahwa sistem tata udara mengkonsumsi energi sebesar 57% dari keseluruhan konsumsi energi pada gedung tersebut. Salah satu faktor penyebab semakin tingginya konsumsi energi pada sistem pendingin adalah kurang efisiennya suatu sistem bekerja. Audit energi pada penelitian ini guna mengetahui performansi peralatan, konsumsi pemakaian energi serta mengevaluasi tingkat kelayakannya. Analisa yang dilakukan terhadap audit tersebut untuk mengevaluasi pemakaian energi untuk sistem tersebut termanfaatkan dengan baik dan sudah sesuai dengan kapasitas standar mesin yang seharusnya mengacu pada SNI 03-6390-2011 tentang konservasi_energi sistem tata udara pada bangunan dan gedung.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Audit Energi

Audit energi pada sistem HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) merupakan aktivitas yang dilakukan secara berkala untuk mengetahui performa peralatan serta konsumsi energi dan mengevaluasi tingkat kelayakannya serta menentukan langkah perbaikannya untuk mendukung konservasi energi (Ahmad,2018). Konservasi energi sistem HVAC diatur dalam SNI 03-6390-2011. SNI ini digunakan agar sasaran penggunaan energi yang efisien dapat tercapai. Peralatan pada sistem HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) menggunakan chiller direkomendasikan untuk memenuhi efisiensi minimum dan kriteria. .

2.2. Perhitungan Data

1. Chiller

- Kapasitas Pendinginan
 $Q_e = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$
(1)

- COP (Coefficient of Performance)

$$COP = \frac{Q_e}{P} \quad (2)$$

- Konsumsi Energi

$$KW/TR = \frac{P}{Q_e} \quad (3)$$

2. Cooling Tower

- Kapasitas Pendinginan Sisi Udara

$$Q_a = \dot{m} \times \Delta h \quad (4)$$

- Kapasitas Pendinginan Sisi Air

$$Q_w = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (5)$$

3. Air Handling Unit (AHU)

- Kapasitas Pendinginan AHU

$$Q_{ahu} = \dot{m} \times \Delta h \quad (6)$$

- Ducting Losses

$$Ducting Losses = \Delta h \quad (7)$$

$$Ducting Losses = \frac{(h_1 - h_2)}{h_2} \times 100 \% \quad (8)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Transmart Buah Batu dengan menggunakan *water cooled chiller* berkapasitas 328 TR dengan LiBr sebagai absorben dan Air refrigeran yang digunakan. Penelitian ini akan dilakukan analisis yang meliputi perbandingan performansi dan konsumsi energi chiller dengan SNI 03-6390-2011, perbandingan kapasitas pendinginan AHU dengan katalog, perbandingan kapasitas pendinginan cooling tower dengan katalog dan perbandingan temperature dan RH ruangan dengan SNI 03-6390-2011. Kemudian pengukuran yang terbaca alat ukur akan ditampilkan pada monitor *chiller*, untuk AHU dan cooling tower dilakukan pengukuran secara langsung untuk mengukur data yang dibutuhkan. Alat ukur yang digunakan yaitu anemometer, thermometer gun, sling psikrometrik, dan manometer tabung pitot digital. Data yang sudah diambil diolah dalam Excel yang sudah terintegrasi dengan rumus – rumus yang dipakai.

Cara kerja dari AC sentral yang menggunakan *chiller* adalah uap refrigeran pada kompresor akan dikompresi sehingga tekanannya meningkat dan temperaturnya pun ikut meningkat. Setelah itu uap refrigeran masuk ke dalam kondenser, pada kondenser uap refrigeran melepas kalor ke lingkungan sehingga refrigeran berubah fasa menjadi cair. Cairan refrigeran dari kondenser masuk ke alat ekspansi, pada alat ekspansi terjadi drop tekanan dan penurunan temperatur. Setelah itu refrigeran masuk ke evaporator, di evaporator refrigeran menyerap kalor dari lingkungan

sekitarnya sehingga fasa refrigeran berubah menjadi uap dan akan kembali ke kompresor.

Kalor yang dibuang dari refrigeran pada kondenser dilepas melalui air yang nantinya akan disalurkan menuju *cooling tower*. Air tersebut memiliki temperatur yang tinggi dibandingkan temperatur udara lingkungan sekitar karena air tersebut menerima kalor dari refrigeran pada kondenser. Air panas tersebut akan masuk ke *cooling tower* untuk dibuang kalornya sehingga temperatur air akan menurun dan masuk kembali melewati kondenser untuk menerima kalor dari refrigeran.

Kalor yang diserap oleh refrigeran pada evaporator adalah kalor dari air yang nantinya akan disalurkan menuju AHU (*Air Handling Unit*) atau FCU (*Fan Coil Unit*). Air tersebut memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan temperatur udara lingkungan sekitar karena kalor dari air tersebut diserap oleh refrigeran pada evaporator. Air dingin tersebut akan masuk ke AHU atau FCU untuk dimanfaatkan sebagai pendingin udara yang akan disebarkan ke dalam ruangan oleh AHU melalui *ducting*.

1. Water Cooled Chiller

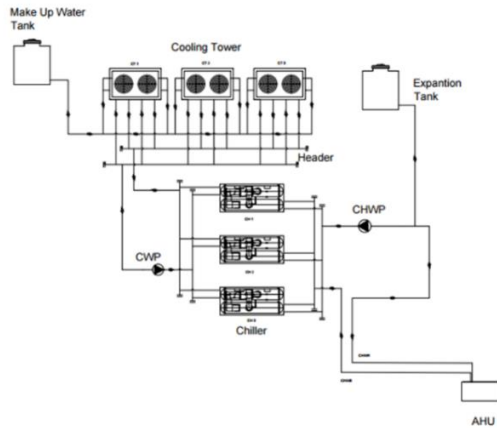
Chiller, water chiller, atau *liquid chiller* adalah mesin yang dapat mengambil kalor dari cairan melalui siklus refrigerasi. Jenis chiller yang digunakan pada gedung Transmart Buah Batu ini adalah Helical Rotary Liquid Chiller dari TRANE, yang menggunakan kompresor jenis helical rotary (screw).

2. Cooling Tower

Cooling Tower atau menara pendingin merupakan alat untuk mendinginkan air panas dari kondensor dengan cara dikontakkan langsung dengan udara secara konveksi paksa menggunakan kipas. Hasil air dingin yang dihasilkan dialirkan kembali ke kondenser untuk mendinginkan kondenser tersebut.

3. Air Handling Unit (AHU)

Air Handling Unit (AHU) merupakan bagian penting dalam sistem AC sentral sebagai alat penghantar 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 koil yang ada pada AHU, kemudian udara dinginnya di sirkulasikan oleh *blower*.



Gambar 1 Skema Sistem Tata Udara Gedung Transmart Buah Batu

Terdapat 3 *chiller* dan 3 *cooling tower* yang terdapat pada sistem tata udara di Gedung Transmart Buah Batu. Ketiga *chiller* diberi nomor yaitu *Chiller 1*, *Chiller 2* dan *Chiller 3*, begitupula dengan *cooling tower* yaitu CT 1, CT 2, dan CT 3. Sistem yang bekerja untuk setiap pengoperasian, menggunakan 1 *chiller* dan 1 *cooling tower* untuk memenuhi kebutuhan pendinginan disetiap AHU. Pengoperasian masing – masing *chiller* dan *cooling tower* setiap harinya bergantian sesuai jadwal.

4. HASIL DAN ANALISA

4.1. Hasil Pengukuran

Pengambilan data yang dilakukan penulis adalah pada saat *chiller* 1 yang sedang beroperasi pada tanggal 7 Maret 2020.

1. Chiller

Tabel 1 Data Pengamatan Chiller

No	Besaran	12.35	12.40	12.45	12.50	Satuan
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
5	Water flow rate	5,71	6,59	5,71	6,59	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	13,68	13,68	13,68	13,68	CMM

2. Cooling Tower

Tabel 2 data pengamatan cooling tower

No	Besaran	Data	Satuan
Air Side			
1	T_{Inlet}	29,6	°C
2	RH_{Inlet}	56,2	%
3	T_{Outlet}	32,2	°C
4	RH_{Outlet}	81,4	%
5	Velocity	11,2	m/s
6	Outlet Area		m ²
Water Side			
1	T_{Inlet}	32,8	°C
2	T_{Outlet}	27,6	°C
3	Water flow rate	867,913	CMM

3. Air Handling Unit

Tabel 3 data pengamatan compressor motor electricity

No	Besaran	AHU Ground	AHU F1	AHU F2	AHU F3	Satuan
Water Side						
1	T_{Inlet}	9,1	9,1	9,1	9,1	°C
2	T_{Outlet}	12,3	12,3	12,3	12,3	°C
3	Flow rate	13,68	13,68	13,68	13,68	CFM [L/s]
Air Side						
1	$T_{DB Return}$	27,4	28,5	28,5	28,5	°C
2	RH_{Return}	59,6	56,7	56,7	56,7	%
3	$T_{DB Supply}$	25,7	27,2	27,2	27,2	°C
4	RH_{Supply}	62	50	50	50	%
5	$T_{DB Fresh Air}$	31,4	31,4	31,4	31,4	°C
6	$RH_{Fresh Air}$	53,1	53,1	53,1	53,1	%
7	T_{Room}	27,9	28,5	28,5	28,1	°C
8	RH_{Room}	55,6	56,7	56,7	60,3	%
9	$T_{Diffuser}$	27	28,3	28,3	28,3	°C
10	$RH_{Diffuser}$	57,8	52,9	52,9	52,9	%
11	V_{Return}	6,581	6,581	6,581	6,581	m/s
12	Return Section Area	0,36	0,360	0,360	0,36	m ²
13	V_{Supply}	4,3	8,794	8,794	8,7942891	m/s
14	$V_{Fresh Air}$	3,4	3,4	3,4	3,4	m/s
15	Return Fresh Air Area	0,33	0,33	0,33	0,33	m ²

Dari data pengukuran dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan nilai kapasitas pendinginan *chiller*, *heat rejection chiller*, kinerja *chiller*, konsumsi energi *chiller*, kapasitas pendinginan *cooling tower* dan kapasitas pendinginan AHU. Pengolahan data dihitung menggunakan rumus yang berlaku, data yang digunakan adalah data pada jam 12.50.

1. Pengolahan Data Chiller

Sebelum menghitung kapasitas pendinginan *chiller*, diperlukan nilai *flow rate*-nya. Dapat dihitung berdasarkan persamaan (II.2) pada Bab 2 Dengan diketahui dari katalog Trane untuk jenis *chiller* RTHD D1 G1 G1:

- *pressure drop* desain=0,53 Bar
- *m* desain=105 L/s=6,3 CMM

Serta *pressure drop* aktual yang didapat dari pengukuran sebesar 2,5 Bar. Maka diperoleh nilai *flowrate chiller* :

$$\dot{m} = \sqrt{\frac{2,5 \text{ Bar}}{0,53 \text{ Bar}}} \times 6,3 \text{ CMM} = 13,68 \text{ CMM} \\ = 228,05 \text{ kg/s}$$

Berdasarkan persamaan (II.1) pada Bab 2 maka diperoleh kapasitas pendinginan *chiller* :

$$Q_e = 228,05 \text{ kg/s} \times 4,179 \times (12,3 - 9,1) \text{ }^\circ\text{C} \\ Q_e = 3049,61 \text{ kW}$$

Dari data pengukuran diapat performansi *chiller* :

$$COP = (3049,61 \text{ kW}) / (542,56 \text{ kW}) = 5,62$$

Untuk pengolahan data digunakan excel yang dimasukan rumus berlaku untuk memudahkan pekerjaan. Hasil pengolahan data disajikan pada berikut :

Tabel 4 Hasil Pengolahan Data Chiller

Analyzing Result		
Power Input	546,30	kW
Chilled Water Flow Rate	228,05	kg/s
Cooling Capacity	3049,61	kW
	867,91	TR
Heat Rejection	1987,77	kW
	565,72	TR
COP	5,58	
kW/TR	0,63	

2. Pengolahan Data Cooling Tower

Dari data temperature dan RH yang didapat di plot pada diagram psikrometrik sehingga didapat nilai enthalpy untuk sisi inlet sebesar 67,4 kJ/kg. Maka

berdasarkan persamaan (4) didapat kapasitas pendinginan pada sisi udara:

$$Q_a = 22,04 \text{ kg/s} \times (67,4 - 67,4) \text{ kJ/kg} \\ Q_a = 24,25 \text{ kW}$$

Berdasarkan persamaan (5) diperoleh kapasitas pendinginan cooling tower sisi air:

$$Q_w = (6,591 \text{ m}^3/\text{min} \times 4179 \times (28,1 - 25,4) \text{ }^\circ\text{C}) / 60 \\ Q_w = 1239,45 \text{ kW}$$

Dari pengolahan data yang dilakukan didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 5 Hasil Pengolahan Data Cooling Tower

Analyze		
CT Capacity by air data	24,25	kW
	6,90	TR
CT Capacity by cooling water data / chiller heat rejection	1239,45	kW
	352,75	TR

3. Pengolahan Data AHU

Dari data pengukuran pada dan berdasarkan persamaan (6) diperoleh kapasitas pendinginan AHU 1 (Ground) :

$$Q_{ahu} = 2,73 \text{ kg/s} \times (84,9 - 58,7) \text{ kJ/kg} = 71,63 \text{ kW}$$

Berdasarkan persamaan (7) diperoleh *ducting losses* AHU 1 (Ground) antara *supply* menuju *diffuser* adalah :

$$\text{Ducting Losses} = (60,2 - 58,7) \text{ kJ/kg} \\ \text{Ducting Losses} = 1,5 \text{ kJ/kg}$$

Berdasarkan persamaan (7) diperoleh presentase *ducting losses* AHU 1 (Ground) antara *supply* menuju *diffuser* adalah :

$$\text{Ducting Losses} = \frac{(60,2 - 58,7) \text{ kJ/kg}}{58,7 \text{ kJ/kg}} \times 100 = 2,56 \%$$

Perhitungan	AHU Ground	AHU F1	AHU F2	AHU F3	Satuan
AHU Capacity	71,63	21,70	21,70	21,70	kW
	20,39	6,18	6,18	6,18	TR
Ducting Losses	1,50	4,90	4,90	4,90	kJ/kg
	2,6	8,7	8,7	8,7	%
Room Cooling Load	3,83	8,41	8,41	8,41	kW
	1,09	2,39	2,39	2,39	TR
Act. perf. to spec.	57,7	15,5	31	23,59	%
Percentage of Fresh Air	47,3	47,3	47,3	47,3	%

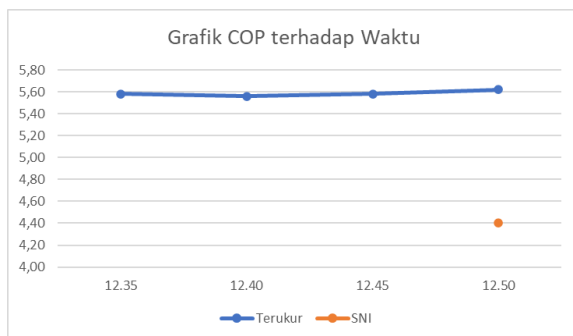
4.2 ANALISA

4.2.1 Performansi Chiller

Tabel 6 Analisis Performansi Chiller

SNI 03-6390-2011 Standar Efisiensi minimum Water Cooled Chiller > 150 TR (Screw)				
Jenis	COP	KW/TR	Standar SNI COP Minimum	Standar SNI KW/TR Minimum
			4,4	0,799
Chiller 1	5,62	0,63	Sesuai Standar	Tidak Standar

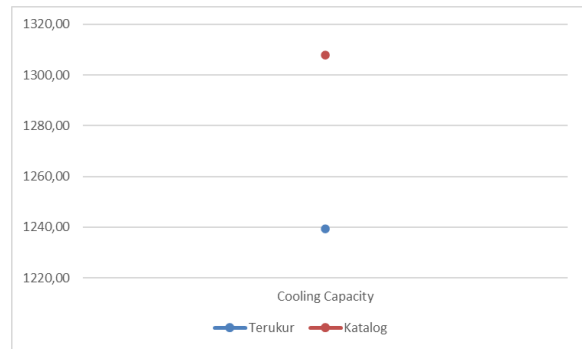
Dari Tabel 6 Analisa Performansi Chiller dapat dilihat bahwa data terukur untuk nilai COP dibandingkan dengan SNI 03-6390-2011 sudah sesuai standar yang berlaku dengan nilai COP terukur pada jam 12.50 sebesar 5,62 dan standar SNI dengan COP sebesar 4,4. Dapat dikatakan bahwa performansi chiller sudah termasuk dengan kriteria SNI 03-6390-2011. Sedangkan untuk konsumsi energi pada chiller terukur yang memiliki nilai kW/TR sebesar 0,63 dan standar SNI sebesar 0,799 dapat dikatakan tidak sesuai dengan standar. Dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 2 Grafik COP terhadap waktu

4.2.2. Cooling Tower

Dari hasil perhitungan bahwa kapasitas pendingin cooling tower yang terukur sebesar 1239,45 kW sedangkan pada katalog untuk jenis cooling tower yang terpakai yaitu SKB-430R sebesar 1308 kW. Jika di presentase kan kapasitas terpakai dari cooling tower tersebut sebesar 94,76% dan yang tidak terpakai sebesar 5,24%.



Gambar 4 Grafik Kapasitas Pendinginan Cooling Tower

4.2.3 Air Handling Unit

Dari pengolahan data didapat analisis perbandingan kapasitas AHU sebagai berikut

Tabel 7 Analisis Perbandingan Kapasitas AHU

Unit	Cooling Capacity		Satuan	Analisa	
	Terukur	Desain		Terpakai	Tidak terpakai
AHU Ground	71,63	93,1	kW	77%	23%
AHU F1	21,70	97,7	kW	22%	78%
AHU F2	21,70	97,7	kW	22%	78%
AHU F3	21,70	99,9	kW	22%	78%

Dari Tabel 7 Analisis Perbandingan Kapasitas AHU diatas dapat terlihat bahwa perbandingan kapasitas pendinginan pada setiap AHU berbeda. untuk AHU di ground floor energi terpakai sebesar 77% sedangkan untuk lantai lain sekitar 22% semua. Dapat diartikan bahwa kapasitas pendinginan AHU pada setiap lantai tidak terpakai dengan optimal.

4.2.4 Analisis Ruangan

Dari hasil pengukuran pada Gedung Transmart buah batu untuk setiap lantainya dianalisa tingkat kenyamanan atau kesesuaiannya dengan standar SNI 03-6390-2011.

Tabel 8 Analisis Data Ruangan

SNI 03-6390-2011 Kenyamanan Termal Ruang Bangunan (Ruang transit : lobi,koridor)				
FLOOR	TDB Room	RH Room	Standar SNI TDB	Standar SNI RH
			28,5 °C ± 1,5 °C (27°C- 30°C)	60 % ± 10% (50 % - 70%)
Ground	27,9	55,6	Sesuai	Sesuai

SNI 03-6390-2011 Kenyamanan Termal Ruang Bangunan (Ruang transit : lobi,koridor)				
			Standar	Standar
Floor 1	28,5	56,7	Sesuai Standar	Sesuai Standar
Floor 2	28,5	56,7	Sesuai Standar	Sesuai Standar
Floor 3	28,1	60,3	Sesuai Standar	Sesuai standar

Dari Tabel 8 Analisis Data Ruangan dapat dilihat bahwa tingkat kenyamanan pada ruangan tiap lantai tidak memenuhi standar. Suatu ruangan dapat dikatakan nyaman jika suhu dan kelembabannya sesuai, jika salah satu faktor tidak tercapai maka dapat dikatakan ruangan tersebut tidak nyaman.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil keseluruhan dari jurnal ini maka diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Performansi chiller terukur yang digunakan di Gedung Transmart Buah Batu telah memenuhi standar SNI 03-6390-2011 tentang konservasi energi sistem tata udara pada gedung dan bangunan. Karena efisiensi chiller terukur lebih besar dari efisiensi minimum peralatan tata udara pada SNI 03-6390-2011 dengan nilai COP chiller terukur sebesar 5,62 sedangkan nilai minimum efisiensi untuk chiller yang dipakai adalah sebesar 4,4. Untuk konsumsi energi dari chiller yang terukur sudah sesuai dengan desain dari katalognya, dengan nilai terukur sebesar 0,63 dan nilai pada standar sebesar 0,799.
2. Kapasitas pendinginan cooling tower dari sisi air didapatkan nilai terukur sebesar 1239,45 kW sedangkan desain katalognya sebesar 1308 kW, kapasitas pendinginan cooling tower yang terpakai sebesar 94,7% dari desain.
3. Pada Air Handling Unit di ground floor energi terpakai berdasarkan nilai kapasitas pendinginannya sebesar 77% sedangkan untuk lantai 1 sampai 3 energi terpakai sebesar 22%.

Dapat diartikan bahwa kapasitas pendinginan AHU pada setiap lantai tidak terpakai dengan optimal jika dibandingkan dengan kapasitas pendinginan desainnya.

4. Tingkat kenyamanan termal pada setiap lantai sudah sesuai standar dengan nilai temperatur sekitar 27,9 °C – 28,5 °C dan nilai RH sekitar 55,6 % - 60,3%.
5. Dari hasil Analisis audit energi di Gedung Transmart Buah Batu, dapat disimpulkan bahwa energi yang digunakan pada sistem tata udara sudah sesuai standar.

Untuk memaksimalkan pemanfaatan kapasitas pendinginan pada AHU dapat dipakai secara optimal perlu dilakukan pembersihan koil atau penggantian filter jika dibutuhkan. Hal ini dilakukan agar pelepasan kalor pada AHU dapat optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baliarta, I.N.G., Suamir, I.N., Arsana, M.E., 2016. Kajian pengaruh temperature approach evaporator dan condenser terhadap performansi sistem AC sentral tipe water chiller. Cengel, Y. A., & Bole, M. A. (1989). Thermodynamics: An Engineering Approach.
- [2] Ahmad, Amak . Audit energi : landasan hukum, pelaksanaan dan manfaatnya . 2018..<https://www.auditenergi.co.id/landasan-hukum-audit-energi/> [diakses : 4 Desember 2019].
- [3] Marpaung, Parlindungan. Konservasi Energi Pada Sistem Tata Udara Dan Selubung Bangunan Gedung. <https://docplayer.info/35953884-Konservasi-energi-pada-sistem-tata-udara-dan-selubung-bangunan-gedung-oleh-ir-parlindungan-marpaung.html>. [diakses : 28 November 2019]
- [4] Egsean.com. Fungsi Komponen – Komponen pada Chiller <http://egsean.com/fungsi-komponen-komponen-pada-chiller/> . [diakses ;22 Desember 2019]
- [5] Tassou, S. A. (2001). *Air Conditionig Part 1*. London.
- [5] SNI 03-6390-2011. Konservasi energi system tata udara pada bangunan dan Gedung. [diakses : 23 Februari 2020]