



ETNIK : Jurnal Ekonomi – Teknik

ISSN: 2808-6694 (Online); 2808-7291 (Print)

Jurnal Homepage <https://etnik.rifainstitute.com>

Efisiensi Chiller Gedung Produksi Cat PT. X

Fadel Muhammad Fatah¹, Ramon Trisno²

Universitas Pancasila Jakarta

Informasi Artikel

Histori Artikel:

Submit 10 Oktober 2023

Accepted 15 Oktober 2023

Published 20 Oktober 2023

ABSTRACT

Refrigeration machines and air conditioning machines are an inseparable part of human life in improving the quality of activities. using air conditioning (Air Conditioning). Refrigeration systems in large buildings or those used to cool production machines in the industrial world require energy efficiency. This study uses the CLTD method Cooling Load Temperatur Difference Calculation of heat from each internal and external load of the room refers to the standard ASHRAE Cooling Load Calculation. With the calculation of heat on walls, roofs and floors, it is included in the calculation of external heat loads and the heat of occupants, equipment and lighting is included in internal heat and heat from infiltration and ventilation. Some of the parameter factors considered include heat from building walls, building roofs, building floors, heat in humans working inside, lighting used, production parameters and infiltration factors, ventilation. The value of COcontractual for chiller 1 it was 6.47 and for chiller 2 it was 8.07. While the value of COPrefrigeran is 7.8 for chiller 1 and chiller 2 which is 9.7. The efficiency obtained from these two units is chiller 1 57.4% and chiller 2 58.8%. From the calculation of the cooling load carried out, it is obtained 275576 BTU/hr or 330691 BTH/hr after adding 20% so that the engine is not burdened, if it is known that 1 kW = 3410 BTU/hr then the cooling load is 97kW.

Keyword – Air Conditioning, Chiller, COPactual

ABSTRAK

Mesin refrigrasi dan mesin pengkondisaian udara menjadi bagian yang tidak bisa terpisahkan dalam kehidupan manusia dalam meningkatkan kualitas dalam beraktivitas, Akibat dari peningkatan suhu tersebut berbagai macam upaya dilakukan manusia untuk mendapatkan udara yang nyaman sejuk dan bersih, sehingga kebanyakan berbagai fasilitas seperti rumah, gedung, kantor menggunakan AC (Air Conditioning). Sistem refrigerasi pada bangunan besar atau yang digunakan untuk mendinginkan mesin

produksi pada dunia industri membutuhkan efisiensi energi. Penelitian ini menggunakan metode CLTD *Cooling Load Temperatur Difference* perhitungan kalor dari masing masing beban internal dan eksternal ruangan mengacu pada standar *ASHRAE Cooling Load Calculation*. Dengan perhitungan kalor pada dinding, atap, dan lantai masuk dalam perhitungan beban kalor eksternal serta kalor penghuni, peralatan dan penerangan masuk dalam kalor internal dan kalor dari infiltrasi dan ventilasi. Beberapa faktor parameter yang diperhatikan meliputi kalor dari dinding gedung, atap gedung, lantai gedung, kalor pada manusia yang bekerja didalam, penerangan yang digunakan, peralatan produksi dan faktor infiltrasi, ventilasi. Besarnya nilai COP_{actual} untuk chiller 1 sebesar 6,47 dan untuk chiller 2 sebesar 8,07. Sedangkan nilai $COP_{refrigeran}$ adalah 7,8 untuk chiller 1 dan chiller 2 yaitu 9,7. Efisiensi yang didapat dari kedua unit ini adalah chiller 1 57,4% dan chiller 2 58,8%. Dari perhitungan beban pendingin yang dilakukan, diperoleh sebesar 275576 BTU/hr atau 330691 BTH/hr setelah ditambah 20% agar mesin tidak terbebani, apabila diketahui 1 kW = 3410 BTU/hr maka beban pendingin adalah 97kW.

Kata Kunci – *Air Conditioning, Chiller, COP_{actual}*

PENDAHULUAN

Mesin refrigrasi dan mesin pengkondisaian udara menjadi bagian yang tidak bisa terpisahkan dalam kehidupan manusia, dalam meningkatkan kualitas dalam beraktivitas, meningkatnya kualitas hidup dapat dicapai dengan tersedianya lingkungan yang bersih, sejuk dan bebas polusi. Namun penggunaan mesin pengkondisi udara menjadi pengaruh terhadap pemanasan global, yang menyebabkan terjadinya meningkatnya tempratur bumi yang akibatnya dapat dirasakan oleh seluruh penduduk bumi.

Akibat dari peningkatan suhu tersebut berbagai macam upaya dilakukan manusia untuk mendapatkan udara yang nyaman sejuk dan bersih, sehingga kebanyakan bebrbagai fasilitas seperti rumah, mobil, kantor, gedung, hotel dan lain lain menggunakan AC (*Air Conditioning*). Pada bangunan penggunaan AC dapat berupa AC central_atau AC split, penggunaan kedua jenis AC tersebut dilihat dari ukuran bangunan yang membutuhkan mesin pengkondisi udara itu. Kriteria kenyamanan termal menurut SNI 03- 6572-2001 dibagi menjadi: sejuk nyaman, antara temperatur efektif $20,5^{\circ}\text{C} \sim 22,8^{\circ}\text{C}$, nyaman optimal, antara temperatur efektif $22,8^{\circ}\text{C} \sim 25,8^{\circ}\text{C}$, hangat nyaman, antara temperatur efektif $25,8^{\circ}\text{C} \sim 27,1^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban relatif 40% - 60%. Zona kenyamanan termal di Indonesia untuk perancangan umumnya diambil: $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban udara relatif 55 % $\pm$ 10 % [16].

Sistem refrigerasi pada bangunan besar atau yang digunakan untuk mendinginkan mesin produksi pada dunia industri memang membutuhkan efisiensi energi. Pengoprasian pengkondisian udara yang benar (sesuai dengan spesifikasinya), perawatan yang teratur, perhitungan yang benar pada *cooling load* dapat menentukan spesifikasi pengkondisian udara yang akan digunakan sehingga merupakan salah satu cara untuk melakukan efisiensi energi[1].

METODE

Dalam penelitian ini peneliti mengkaji tentang perhitungan beban pendingin serta efisiensi pendingin terhadap ruangan, dengan metoda CLTD *Cooling Load Temperatur Difference* perhitungan kalor dari masing masing beban internal dan eksternal ruangan mengacu pada standar *ASHRAE Cooling Load Calculation*. Dengan perhitungan kalor pada dinding, atap, dan lantai masuk dalam perhitungan beban kalor eksternal serta kalor penghuni, peralatan dan penerangan masuk dalam kalor internal dan kalor dari infiltrasi dan ventilasi. Persamaan dan nilai koefisien yang dipakai dalam penulisan ini berdasarkan tabel *Handbook ASHRAE Cooling Load Calculation*.

Penelitian ini dilakukan pada perusahaan produksi cat yakni PT.X yang bertempat di Bogor, dimana pada PT.X terdapat ruang produksi cat yang pengkondisian udaranya menggunakan sistem pendingin. Dengan luas area 526m², ruangan ini menjalankan 2 unit chiller waktu oprasional perusahaan berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Geografis Bangunan

a. Mesin Chiller

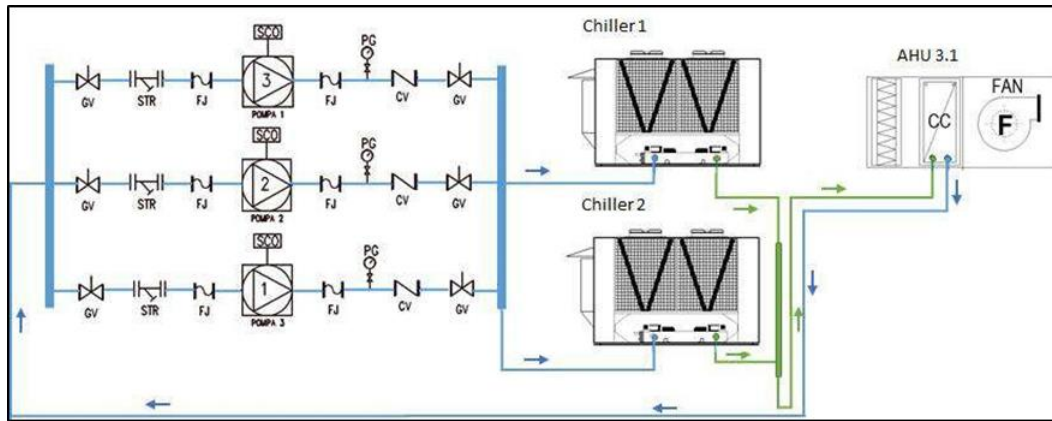
Pada mesin *chiller* ini menggunakan 2 jenis *chiller* dengan type dan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Chiller 1 dan 2

ID Chiller	Chiller 1	Chiller 2
Merk	Trane	Carrier
Tipe	21TR-30GT-025	XB2.100 PE-H
Kapasitas	21 TR (Each)	60 TR (Each)
Kompresor	Reciprocating, semi-Hermetik	Reciprocating, semi-hermetik
Voltage	380 Volt	380 Volt
Phase	3 ~	3 ~
Frekuensi	50 hz	50 hz
Refrigerant	R-22	R-290
Min/Max flow Rates	2/22 L/s	10.56/-L/s
Temperatur Inlet/Outlet	Water 12/7°C	12/7 °C

b. Skema Sistem HVAC Chiller

PT X memiliki 2 chiller untuk pendinginan fasilitas produksi mereka. Loop 1 (*chiller 1*) menyediakan air dingin untuk AHU 1 pada area produksi, sedangkan Loop 2 (*chiller 2*) pada AHU 1, pada Loop 1 dibantu dengan 3 pompa, Dalam 1 hari pompa yang berkerja hanya 2 sedangkan yang 1 lagi menjadi cadangan ketika ada *maintanace*. Loop 2 pun demikian sama dengan Loop 1.



Gambar 1. Skema Sistem HVAC Chiller 1 dan 2

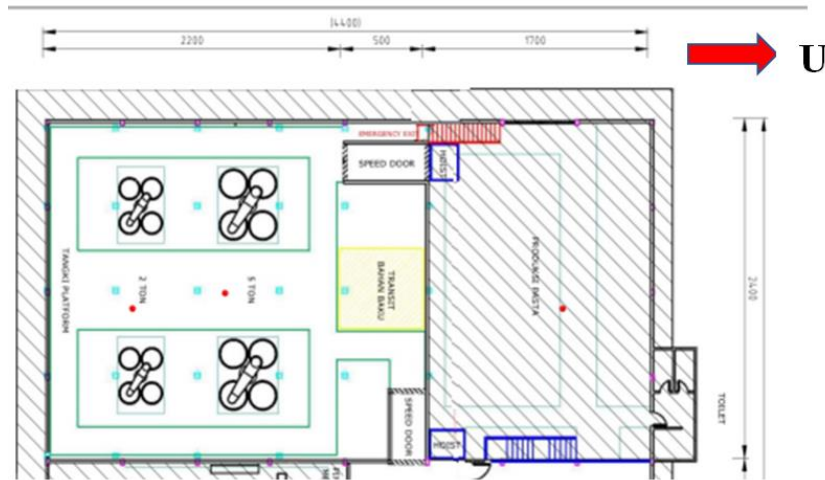
Tabel 2. Keterangan Gambar Skema HVAC

No	Simbol	Keterangan
1		Arah aliran air kembali
2		Arah aliran air dingin dari Chiller menuju AHU
3		AHU 3.1
4	CV (Check Valve)	Alat untuk Mengatur fluida agar aliran air satu arah Saja
5	FJ (FlexibleJoint)	komponen yang biasa digunakan untuk sistem pipa yang ditujukan untuk menyerap ekspansi karena panas atau gerakan pada sambungan.
6	GV (GateValve)	Jenis stopper yang ditempatkan pada sistem instalasi pemipaan yang berguna untuk memblokir aliran / flow.
7	STR (Strainer)	Alat sejenis penyaring yang fungsinya adalah agar pada saat pompa menghisap air, kotoran atau material yang lain ikut terhisap kedalam pompa yang dapat mengakibatkan kerusakan impeler pompa.
8	PG (Pressure Gauge)	Alat yang digunakan untuk mengukur tekananfluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup.

Table 3. Data Bagian Bagian Sistem HVAC

No.	Bagian- Bagian Sytem HVAC	Model	Total
Data Ruang Produksi Cat			
1	AHU 2 – 1	Trane, 39FVO-710EA1016 AP	1
2	Motor & Pompa GC. 1	Ebara, 80x65 FS2HA	3
		Rated Power : 15 kW Frekuensi : 50 Hz Voltage : 220	

c. Denah Gedung Produksi Cat PT X



Gambar 2. Denah Gedung Produksi Cat PT X

Spesifikasi luas area produksi cat:

Luas bangunan : 528m²
 Tinggi bangunan : 4 m
 Volume bangunan : 2112 m³

2. Menghitung Kapasitas Beban Pendingin

Dari hasil Analisa COP bahwa chiller 1 tidak memenuhi syarat maka diperlukan perhitungan ulang kebutuhan pendinginan yang dilayani chiller 1 untuk melayani ruang produksi cat.

2.1 Kalor yang dihasilkan oleh dinding luar

a. Nilai Koefisien Perpindahan Panas Pada Dinding Luar

Nilai koefisien perpindahan panas pada dinding luar yang terkena dinding matahari langsung besar koefisien adalah 0,46 Btu/hr.ft².Fo. dari data yang di gunakan dinding termasuk kedalam grup D.

b. Nilai CLTD dan LM (*Latitude Month*)

Nilai CLTD dan LM dapat dilihat pada table 4, nilai CLTD didapat berdasarkan grup dinding dan arah dinding, dan nilai LM didapat rata rata bulan terpanas ditambah dengan titik kordinat lokasi gedung. (Apabila terdapat pada Lintang Selatan, maka bulan akan ditambah 6 dari bulan terpanas)arah dinding (apabila terdapat pada Lintang Selatan, maka semua arah utara menjadi selatan dan sebaliknya). Dinding barat dan timur tidak dilakukan koreksi.

Tabel 4. Nilai CLTD dan LM Untuk Dinding Luar

Arah Dinding	Arah Dinding Koreksi	Nilai CLTD (°F)	Nilai LM
Timur	Timur	33	-3

c. Nilai CLTD_{corr}

Nilai CLTD_{corr} untuk ruang produksi cat didapat menggunakan persamaan:

Keterangan :

LM (*Latitude month*) = -33
 K (Koefisien warna dinding) = 0,65
 T_r (Temperatur ruangan rancangan) = 69,2°F
 T_o (Temperatur udara luar) = 83,3°F
 CLTD_{corr} (CLTD corrected) = 20,6°F

Dari hasil hitungan secara teoritis untuk nilai CLTDcorr pada dinding ruang produksi cat berdasarkan arah dinding yang menghadap ke timur, nilai CLTD sebesar 20,6°F.

d. Kalor yang dihasilkan dinding luar

Kalor yang dihasilkan dinding luar yang terkena matahari secara langsung pada ruangan produksi cat dapat dihitung menggunakan persamaan:

Keterangan :

$Q_{(wall,ex)}$ (besarnya kalor yang diterima dinding)	= 3217,01 Watt
$U_{(wall,ex)}$ (koefisien perpindahan kalor)	= 0,46 BTU/hr.ft ² .°F
$A_{(wall,ex)}$ (luas dinding)	= 1066 ft ²
CLTD (beda temperatur ruangan dengan temperatur luar)	= 20,6 °F
3,412	= Koefisien satuan

Tabel 5. Kalor yang Dihasilkan Dinding Luar

Ruangan	$U_{wall,ex}$ Btu/hr.ft ² .°F	$A_{wall,ex}$ ft ²	$CLTD_{wall,ex}$ (°F)	$Q_{wall,ex}$ Watt
Produksi cat	0,46	1066	20,6	3217,01

2.2 Kalor yang dihasilkan oleh Atap (Q_{roof})

1) Nilai Koefisien Perpindahan Panas Atap (U_{roof})

Nilai koefisien perpindahan panas pada atap yang terkena dinding matahari langsung besar koefisien adalah 0,14 Btu/hr.ft².°F.

2) Kalor yang dihasilkan atap

Kalor yang dihasilkan atap pada ruang produksi cat dapat dihitung dengan persamaan.

Keterangan :

Q_{roof} (besarnya kalor yang diterima atap)	= 10740 Watt
U_{roof} (koefisien perpindahan kalor)	= 0,14 BTU/hr.ft ² .°F
A_{roof} (luas atap)	= 5683 ft ²
TD (beda temperatur ruangan dengan temperatur luar)	= 13,5 °F
3,412	= Koefisien satuan

Tabel 6. Kalor Yang Dihasilkan Atap

U_{roof} Btu/hr.ft ² .°F	A_{roof} ft ²	T_o (°F)	T_r (°F)	Q_{roof} Watt
0,14	5683	69,8	83,3	10740

2.3 Kalor Yang Dihasilkan Oleh Lantai (Q_{floor})

a. Nilai Koefisien Perpindahan Panas lantai (U_{floor})

Nilai koefisien perpindahan panas pada lantai besar koefisien adalah 0,162 Btu/hr.ft².°F.

b. Kalor yang dilepaskan lantai pada ruang produksi cat dapat dihitung dengan persamaan:

Keterangan :

Q_{floor} (besarnya kalor yang diterima atap)	= 12427 Watt
U_{floor} (koefisien perpindahan kalor)	= 0,162 BTU/hr.ft ² .°F
A_{floor} (luas lantai)	= 5683 ft ²
TD (beda temperatur ruangan dengan temperatur luar)	= 13,5 °F
3,412	= Koefisien satuan

Tabel 7. Kalor Yang Dihasilkan Lantai

U_{floor} Btu/hr.ft ² .°F	A_{floor} ft ²	T_o (°F)	T_r (°F)	Q_{floor} Watt
0,14	5683	69,8	83,3	12427

2.4 Kalor Yang Dihasilkan Oleh Penghuni (Q_{person})

a. Kalor sensible dan laten yang dihasilkan manusia per orang

Beban sensible dan laten per orang diperoleh dari buku ASHRAE GRP 158 *Cooling Load And Heating Load Calculation Manual*.

1) Cooling Load Factor (CLF)

Jam oprasional ruang produksi cat beroperasi selama 9 jam (dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 17.00) pada *shift* 1 dan *shift* 2 (dari pukul 16.00 sampai dengan 01.00). dapat di lihat CLF pada buku ASHRAE GRP 158 *Cooling Load And Heating Load Calculation Manual*.

2) Kalor yang dihasilkan penghuni

Berdasarkan data yang diperoleh kalor sensible dan latem dapat di hitung menggunakan rumus:

Keterangan :

$Q_{\text{person sensible}}$ (besar kalor sensible manusia) = 664 BTU/hr

Q_{laten} (besar kalor laten manusia) = 492 BTU/hr

q^s/p = 210 BTU/hr

q^l/p = 140 BTU/hr

n = 12 orang

CLF (*Cooling Load Factor*) = 0,9

Tabel 8. Kalor Sensible Oleh Penghuni

Waktu beban puncak	N (<i>person</i>)	Q_s/p (BTU/hr)	CLF	$Q_{\text{person sensible}}$ BTU/hr
11:00	12	210	0,9	664

Tabel 9. Kalor Laten Oleh Penghuni

Waktu beban puncak	N (<i>person</i>)	Q_l/p (BTU/hr)	CLF	$Q_{\text{person laten}}$ BTU/hr
11:00	12	140	0,9	492

2.5 Kalor dari Penerangan

a. Cooling Load Factor (CLF)

Pada ruangan area produksi cat lampu menyala selama bekerja yakni 18 jam. Nilai CLF dengan konduksi tersebut berdasarkan buku ASHRAE GRP 158 *Coolong Load And Heating Load Calculation Manual*. Klasifikasi 'a' pada tabel bernilai 0,55.

b. Fraction In Use (F_u)

Total lampu yang digunakan yaitu semua dengan nilai $F_u = 1$

c. Ballast Allowance (F_s)

Lampu yang digunakan adalah 1 dengan daya lampu tidak lebih dari 60 watt sehingga pada buku ASHRAE GRP 158 *Coolong Load And Heating Load Calculation Manual* diperoleh nilai $F_s = 1,3$.

d. Kalor Yang Dihasilkan Oleh Peralatan Penerangan

Untuk mendapatkan nilai kalor yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan rumus

Keterangan :

Q_{Light} (besar nilai kalor hasil penerangan) = 1560 Watt

q (daya total dari lampu) = 1200 Watt

F_u (factor dari lampu menyala) = 1

F_s (factor Ballast) = 1,3

CLF (*Cooling Load Factor*) = 1

Tabel 10. Kalor Yang Dihasilkan Dari Penerangan

Daya Setiap Lampu	Jumlah Lampu	Total daya, (Watt)	F_u	F_s	CLF	Q_{Light} Watt
20	1	1200	1	1,3	1	1560

2.6 Kalor Yang Dihasilkan Oleh Peralatan Elektronik ($Q_{equipment}$)

a. Cooling Load Factor (CLF)

Untuk menghitung besar kalor yang dihasilkan oleh peralatan dapat menggunakan persamaan:

Keterangan:

$Q_{equip\ sensible}$ (besarnya kalor sensible peralatan) = 30360 w

C_s (Coefficient Sensible) = 0,33

Q (manufacture Input Rating) = 50 kW

CLF (Cooling Load Factor) = 0,92

Tabel 11. Kalor Sensible Yang Dihasilkan Oleh Peralatan Elektronik

Waktu beban puncak	Nama Peralatan	Total Konsumsi Daya (Watt)	C_s	CLF	$Q_{equipsensible}$ (watt)
11:00	Mixer 5 Ton	100000	0,33	0,92	30360
11.00	Mixer 2 Ton	60000	0,33	0,92	18216

2.7 Perhitungan Perpindahan Kalor Secara Infiltrasi (Q_{inf})

a. Debit Infiltrasi (V_{inf})

Debit infiltrasi dapat di hitung menggunakan rumus, dengan nilai ACH yang digunakan 0,4.

Keterangan :

V_{inf} (Debit Udara Infiltrasi) = 234,6 Liter/detik

ACH (Air Change per Hour) = 0,4

Vol (Volume ruangan) = 2112m³

Untuk mengubah satuan m³/h menjadi liter/detik, maka hasil perhitungan harus dikali dengan 0,2278.

Tabel 12. Debit Infiltrasi

Ruangan	Vol Ruangan (m ³)	ACH _{inf}	Debit _{inf} (Lps)
Area Produksi cat	2112	0,4	234,6

b. Rasio Infiltrasi (ω_r)

Rasio kelembaban ditentukan menggunakan diagram psikometrik, dari setiap parameter udara, didapat nilai rasio kelembaban udara (ω_r).

Tabel 13. Nlai Rasio kelembaban Udara Ruangan

Ruangan	Temp ruangan (°C)	RH Ruangan (%)	Rasio Kelembaban ruangan (g _v /kg _a)
Area Produksi cat	21	50	4,7

Nilai tempratur udara luar rata 28,5°C dengan kelembaban maximal 60%, maka dengan kelembaban udara luar, sebesar 14,74 g_v/kg_a.

c. Kalor Akibat Infiltrasi (Q_{inf})

Kalor yang ditimbulkan dalam ruangan dapat dihitung menggunakan persamaan
Keterangan:

$Q_{infsensible}$ (Kalor infiltrasi sensible) = 2897 watt

$Q_{inflaten}$ (Kalor infiltrasi laten) = 7089 watt

ΔT (Perbedaan temp luar dan ruangan) = 7,5°C

$\Delta \omega$ (perbedaan Rasio kelembaban udara luar dan ruangan) = 10,04 g_v/kg_a.

$$V_{inf}(\text{Debit udara infiltrasi}) = 243,6 \text{ l/s}$$

Tabel 14. Kalor Akibat Infiltrasi

Ruangan	Debit infiltrasi (Lps)	Perbedaan temperatur (°C)	Perbedaan rasio kelembaban (g_v/kg_a)	Kalor Infiltrasi sensible (Watt)	Kalor Infiltrasi laten (Watt)
Area Produksi cat	243,6	7,5	10,04	2897	7089

2.8 Perhitungan Perpindahan Kalor Secara Ventilasi

a. Debit Infiltrasi (V_{vent})

Debit ventilasi dapat di hitung menggunakan rumus, namun nilai ACH didapat dari nilai udara setiap fungsi ruangan.

Keterangan :

$$V_{inf}(\text{Debit Udara Infiltrasi}) = \text{Liter/detik}$$

$$ACH (\text{Air Change per Hour}) = 10$$

$$Vol (\text{Volume ruangan}) = 2112m^3$$

Untuk mengubah satuan m^3/h menjadi liter/detik, maka hasil perhitungan harus dikali dengan 0,2278.

Tabel 15. Debit Infiltrasi

Ruangan	Vol Ruangan (m^3)	ACH_{vent}	Debit $_{vent}$ (Lps)
Area Produksi cat	2112	10	4811

b. Rasio Ventilasi (ω)

Rasio kelembaban ditentukan menggunakan diagram psikometrik, dari setiap parameter udara, didapat nilai rasio kelembaban udara (ω_r).

Tabel 16. Nilai Rasio kelembaban Udara Ruangan

Ruangan	Temp ruangan (°C)	RH Ruangan (%)	Rasio Kelembaban ruangan (g_v/kg_a)
Area Produksi cat	21	50	4,7

Nilai temperatur udara luar rata 28,5°C dengan kelembaban maksimal 60%, maka dengan kelembaban udara luar, sebesar 14,74 g_v/kg_a .

c. Kalor Akibat Ventilasi (Q_{vent})

Kalor yang ditimbulkan dalam ruangan dapat dihitung menggunakan persamaan Keterangan :

$$OASH (\text{Kalor ventilasi sensible}) = 44381 \text{ watt}$$

$$OALH (\text{Kalor ventilasi laten}) = 145390 \text{ watt}$$

$$\Delta T (\text{Perbedaan temp luar dan ruangan}) = 7,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta \omega (\text{perbedaan Rasio kelembaban udara luar dan ruangan}) = 10,04 \text{ } g_v/kg_a.$$

$$V_{vent} (\text{Debit udara ventilasi}) = 4811 \text{ liter/s}$$

Tabel 17. Kalor Akibat Ventilasi

Ruangan	Debit ventilasi (Lps)	Perbedaan temperatur (°C)	Perbedaan rasio kelembaban (g_v/kg_a)	Kalor ventilasi sensible (Watt)	Kalor ventilasi laten (Watt)
Area Produksi cat	4811	7,5	10,04	44381	145390

2.9 Total Kalor Yang Dihasilkan Area Produksi Cat

Total kalor yang dihasilkan oleh ruangan pada saat beban puncak dapat dihitung drngan persamaan:

Tabel 18. Nilai Total Kalor Sensibel Ruangan

Fungsi ruangan	Nilai Kalor Sensible (watt)								RHSG
	$Q_{wallout}$	Q_{wallin}	Q_{roof}	Q_{floor}	$Q_{perssen}$	Q_{light}	$Q_{equipsen}$	Q_{inf}	
R.Area Produksi	3217	0	10740	12427	664	560	48576	2897	78224

Tabel 19. Nilai Total Kalor Laten Ruangan

Fungsi Ruangan	Nilai Kalor Laten (BTU/hr)			
	Q_{person}	Q_{equip}	Q_{inf}	RLHG
Area Produksi	492	0	7089	7581

Nilai total kalor pada area dan nilai RSHF dapat dihitung menggunakan persamaan:

Keterangan :

$RTHG$ (kalor total ruangan)	= 85805
$RSHG$ (Kalor total sensible ruangan)	= 78224
$RLHG$ (kalor total laten ruangan)	= 7581
$RSHF$ (Room Sensible Heat Factor)	= 0,89

Tabel 20. Nilai Total Kalor Ruangan

Fungsi Ruangan	Nilai Kalor (Watt)			
	$RSHG$	$RLHG$	$RTHG$	RSHF
Area Produksi	78224	7581	85805	0,91

Dalam menentukan *Grand Total Heat* (GTH) dan GSHP digunakan persamaan berikut:

Keterangan :

<i>Grand Sensible Heat</i> (GSH)	= 122605
<i>Grand Laten Heat</i> (GLH)	= 152971
<i>Grand Total Heat</i> (GTH)	= 275576
<i>Grand Sensible Heat Factor</i> (GSHP)	= 0,44

Tabel 21. Nilai Total Kalor Ruangan

Fungsi Ruangan	Nilai Kalor Total(Watt)			
	GSH	GLH	GTH	GSHP
Area Produksi	122605	152971	275576	0,44

Dari perhitungan beban pendingin yang dilakukan, diperoleh sebesar 275576 BTU/hr atau 330691 BTH/hr setelah ditambah 20% agar mesin tidak terbebani, apabila diketahui 1 kW = 3410 BTU/hr maka beban pendingin adalah 97kW, dari beban pendingin yang telah di hitung maka chiller 1 tidak lagi di operasionalkan, karena chiller 2 sudah dapat memenuhi kapasitas pendinginan ruangan tersebut.

3. Menghitung Besarannya COP (*Coefisien Of Perfoemance*)

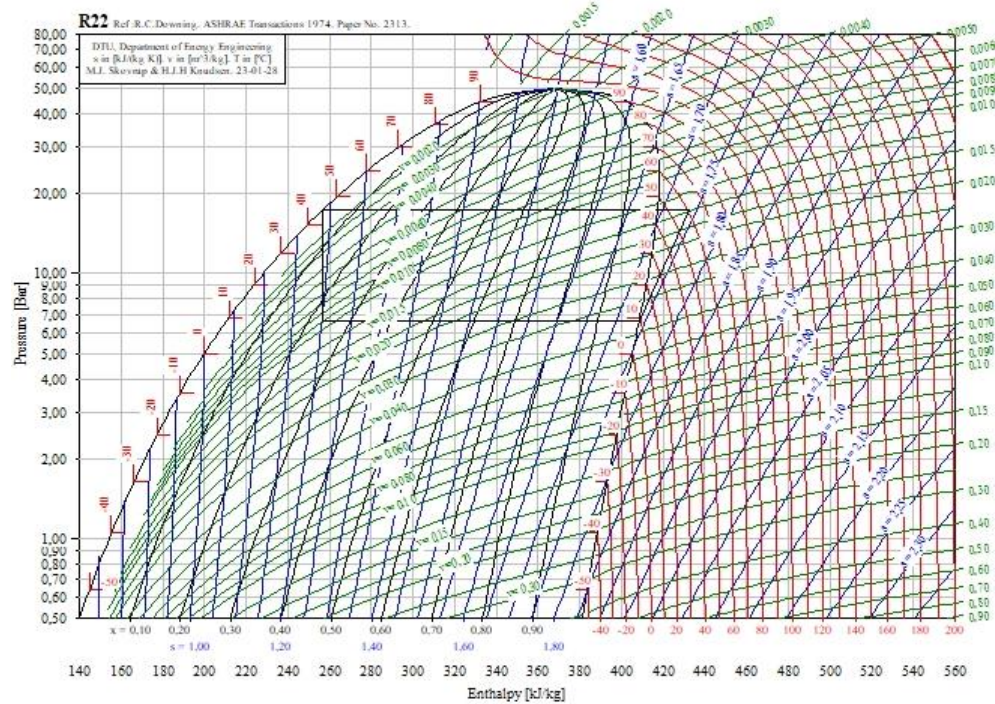
Setelah melakukan pengukuran pada sistem pendingin, langkah berikutnya yaitu melakukan perhitungan nilai efisiensi dari kedua chiller. Dengan menggunakan *software Refrigeration Utilities*, data yang di gunakan sebagai berikut:

a. Temperatur evaporator

Didapat dari pengambilan data secara langsung data rata-rata dari tempratur evaporator, pada chiller 1 hasil yang didapat yaitu 8,92°C sedangkan pada chiller 2 yaitu 15,62°C.

b. Temperatur Kondensasi

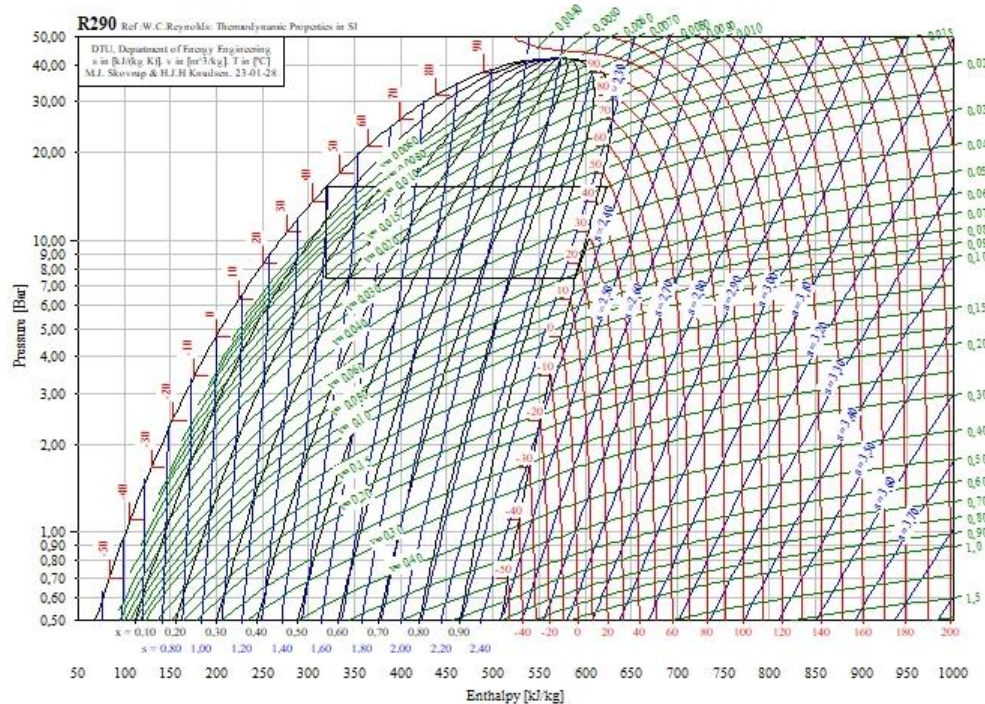
Sebesar 45°C Didapat dari temperatur udara luar ditambah 10°C. Gambar 4.1 Dan 4.2 Merupakan hasil *plisting software refrigeration utilities*.



Gambar 3. Hasil plotting dari diagram P-h R-22 untuk chiller 1

Keterangan:

$P_1=P_2$ = Tekanan evaporasi	= 6,5bar <i>absolute</i>
$P_2=P_3$ = Tekanan kondensasi	= 17,2 bar <i>absolute</i>
h_1 (entalpi keluar evaporator)	= 408 kJ/Kg
h_2 (entalpi masukan kondensor)	= 432 kJ/Kg
$h_3=h_4$ (entalpi masukan evaporator)	= 256 kJ/Kg



Gambar 4. Hasil plotting dari diagram P-h R-290 untuk chiller 2

Keterangan:

$P_1=P_2$ = Tekanan evaporasi	= 7,3 bar <i>absolute</i>
$P_2=P_3$ = Tekanan kondensasi	= 15,3 bar <i>absolute</i>

$$\begin{aligned}
 h_1 \text{ (entalpi keluar evaporator)} &= 581 \text{ kJ/Kg} \\
 h_2 \text{ (entalpi masukan kondensor)} &= 623 \text{ kJ/Kg} \\
 h_3=h_4 \text{ (entalpi masukan evaporator)} &= 319 \text{ kJ/Kg}
 \end{aligned}$$

3.1 Perhitungan $COP_{\text{refrigeran}}$

Dari hasil *plotting* didapat nilai entalpi yang di gunakan untuk menghitung COP, didapatkan nilai.

Tabel 22. Hasil Perhitungan COP

Nama Unit	Temp evaporasi (°C)	Temp kondensasi (°C)	h_1 (kJ/Kg)	h_2 (kJ/Kg)	h_3 (kJ/Kg)	h_4 (kJ/Kg)	COP_{ref}
Chiller 1	8,92	45	408	432	256	256	6,37
Chiller 2	15,62	45	581	623	319	319	8,06

3.2 Perhitungan COP_{actual}

Dari hasil *plotting* diapat nilai entalpi yang di gunakan untuk menghitung COP, didapatkan nilai.

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 COP_{\text{actual}} &= 7,8 \\
 T_e \text{ (temperatur evaporasi)} &= 8,92^\circ\text{C} = 282^\circ\text{K} \\
 T_c \text{ (tempratur kondensasi)} &= 45^\circ\text{C} = 318^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Tabel 23. Tabel COP_{actual}

Nama Unit	Temp evaporasi (°K)	Temp kondensasi (°K)	COP_{actual}
Chiller 1	282	318	7,8
Chiller 2	289	318	9,7

3.3 Perhitungan Efisiensi

Dari hasil perhitungan COP pada tabel 4.

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 COP_a &= 7,8 \\
 COP_R &= 6,37 \\
 \eta \text{ (Efisiensi sistem refrigrasi)} &= 57,4\%
 \end{aligned}$$

Table 24. Hasil COP Chiller 1 dan 2

Nama unit	COP_R	COP_a	Efisiensi η
Chiller 1	6,37	7,8	57,4%
Chiller 2	8,06	9,7	58,8%

Dari hasil perhitungan teoritis hasil efisiensi yang didapatkan nilai efisiensi untuk chiller 1 sebesar 57,4% sedangkan chiller 2 sebesar 58,8%.

SIMPULAN

Dalam menentukan parameter beban kalor pendingin pada gedung produksi cat PT.X, beberapa faktor parameter yang diperhatikan meliputi kalor dari dinding gedung, atap gedung, lantai gedung, kalor pada manusia yang bekerja didalam, penerangan yang digunakan, peralatan produksi dan faktor infiltrasi, ventilasi. 2. Besarnya nilai COP_{actual} untuk chiller 1 sebesar 6,47 dan untuk chiller 2 sebesar 8,07. Sedangkan nilai $COP_{\text{refrigeran}}$ adalah 7,8 untuk chiller 1 dan chiller 2 yaitu 9,7. Efisiensi yang didapat dari kedua unit ini adalah chiller 1 57,4% dan chiller 2 58,8%. Dari perhitungan beban pendingin yang dilakukan, diperoleh sebesar 275576 BTU/hr atau 330691 BTH/hr setelah ditambah 20% agar mesin tidak terbebani, apabila

diketahui 1 kW = 3410 BTU/hr maka beban pendingin adalah 97kW.

BIBLIOGRAFI

- AGS, Guideliness for gloveboxes Thrid Edition, Santa Rosa: American Glovebo Society, 2014.
- Arora, C.P. *Refrigeration and Air Conditioning*. Second edition. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd. 2020.
- American Society Heating Refrigeration and Air Conditioning. ASHRAE Hand Book. 2012.
- Annex 8, *WHO Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations*, Geneva: s Fifty-second report, 2018.
- Bureau of Energy Efficiency, Ministry of Power, India. *HVAC and Refrigeration Sistems*. In: Energy Efficiency in Electrical Utilities, chapter 4. 2012.
- Cengel Y.A, Boles M.A, *Thermodynamics*, New York : McGraw-Hill Education, 2015.
- D.R Andreson., J Macaluso, dkk, *Building and Renovating schools: Design, costuction management, lost control*, Kingston: Reed Construction Data, 2004.
- Henrynuryani, "Cara menghitung AC berdasarkan luas ruangan, 2016. [online]. Available: <https://docplayer.info/31492101-Ada-beberapa-rumus-cara-menentukan-pk-ac-yang-sesuai-untuk-ruangan-saya-akan-me-nuliskan-2-diantaranya.html>. [diakses 22 september 2022]
- H. Siegfried, Helmut Henrici "*Refrigeration Technology*" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2019, Wiley-VCH
- Hukum.uma.ac.id, "Head or Head Transfer", 2022. [online]. Available: <https://hukum.uma.ac.id/2022/10/28/perpindahan-panas-atau-kalor/> . [diakses 30 september 2022]
- Mubarok, M.F, 'Mengenal Sistem Udara HVAC', 2020. [online]. Available: <https://farmasiindustri.com/cpob/mengenal-hvac.html>. [diakses 26 September 2022].
- SNI 03-6572-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisina udara pada bangunan gedung.
- Saputra, Antoni, "Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)", Batam: UIB Repository, 2020.
- Tandafatu, M.C, Soludaler N.M, dkk, "Analisis Aliran Udara untuk Meningkatkan Kenyamanan Termal pada Ruang Kelas di Maumere- Nusa Tenggara Timur," dalam Seminar Nasional Teknologi dan Multidisiplin Ilmu, Semarang, 2021.
- Tambunan, A.H& Kamarudin Abdullah, "Teknik Refrigerasi", Bogor: PT. Penerbit IPB Press, 2017.
- Haryanto, Haryanto Haryanto, Mareta Ramadhanis Ramadhanis, and Dekarina Dekarina Dekarina. "PERENCANAAN DUCTING PADA GEDUNG SERBAGUNA DESA LUMPATAN I." *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara* 6.1 (2019): 1-9. <https://www.dekafilter.com/produk/ahu/>
- Purwanto, Edi, and Kemas Ridhuan. "Pengaruh Jenis Refrigerant Dan Beban Pendinginan Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin." *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 3.1 (2014).

Copyright holder:

Fadel Muhammad Fatah, Ramon Trisno (2023)

First publication right:

ETNIK : Jurnal Ekonomi dan Teknik