

ANALISA PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN RUANG PERANGKAT INTERNET DI PT. X - SITE KEDATON

Suko Winarno¹ dan Agus Budihadi²

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail : swinarno01@gmail.com, agusbdhd@yahoo.co.id

Abstrak – Proses pendinginan pada ruang perangkat internet mempunyai fungsi yang penting dalam menjaga temperatur ruangan sehingga peralatan yang ada didalam ruangan tetap berada pada temperatur yang diinginkan. Dengan pendinginan yang optimal, peralatan – peralatan didalam ruangan diharapkan akan dapat berfungsi secara maksimal. Penulis melakukan analisa terhadap kondisi ruang perangkat internet dengan metode penelitian yang digunakan adalah dengan cara mengambil data lapangan serta melakukan analisa perhitungan terhadap data tersebut menggunakan rumus rumus yang didapat dari bahan bahan literatur. Setelah dilakukan analisa perhitungan, maka didapat nilai rata rata beban thermal ruangan sebesar 3260 Watt, Temperatur rata rata ruang perangkat sebesar 22.95 ° C, nilai enthalpy rata rata pada ruang perangkat sebesar 42,72 kJ/kg.a, nilai enthalpy pada evaporator sebesar 35,86 kJ/kg.a.dan didapat besarnya nilai rata rata dari laju aliran massa yang keluar dari evaporator adalah sebesar 0.48 Kg/s. Dari perhitungan tersebut didapat kesimpulan bahwa nilai beban ruangan tertinggi adalah pada jam 13.20 WIB, suhu tertinggi di ruang perangkat terjadi pada jam 11.00 WIB kemudian nilai tertinggi enthalpy ruangan terjadi pada jam 11.00 WIB dan nilai tertinggi enthalpy evaporator terjadi pada jam 11.00 WIB dan nilai tertinggi rata rata laju aliran massa terjadi pada jam 13.20 WIB.

Kata Kunci: Cooling load, Air Conditioning, beban pendinginan, system HVAC.

Abstract -- The cooling process in the internet device room has an important function in maintaining room temperature so that the equipments in the room stay at the desired temperature. With optimal cooling, the equipments in the room are expected to function optimally. The author analyzes the condition of the internet device room with the research method used is by taking field data and analyzing the calculation of the data using formula formulas obtained from the literature. After calculating the data , then the average value of the Thermal load of the room is 3260 Watt, the average of room temperature is 22.95 ° C, the average enthalpy value in the room is 42.72 kJ / kg.a. Then the enthalpy value of the evaporator is 35.86 kJ / kg.a. Then the average value of the mass flow rate coming out of the evaporator is 0.48 Kg / s. From these calculations it can be concluded that the highest room temperature is at 11.00 AM, the average room thermal load value is at 1.20 PM, then the highest enthalpy value of the room occurs at 11.00 AM, then the highest value of enthalpy of the evaporator occurs at 11.00 AM, and the highest average value of mass flow rate occurs at 1.20 PM.

Keywords: Cooling load, Air Conditioning, beban pendinginan, system HVAC

1. PENDAHULUAN

Ruang perangkat internet harus dijaga agar tidak melebihi dari suhu yang ditentukan sesuai standard IEC 60079-0 yakni antara -200 C s/d 400 C[1]. Penggunaan alat pengkondisian udara AC (Air Conditioner) menjadi salah satu cara untuk mengurangi temperatur udara yang panas[2]. Secara geografis negara indonesia berada digaris khatulistiwa dan beriklim tropis dimana temperatur rata rata adalah sekitar 26,96°C dengan kelembaban relatif atau relative humidity (RH) rata-rata sekitar 80,8%. Pada musim kemarau, temperatur maksimal rata-rata mencapai sekitar 34,12°C, namun di beberapa tempat dapat mencapai 40°C[3]. Maka dari itu diperlukan pengkondisian udara untuk diperlukan untuk mengendalikan temperatur

ruangan, kelembaban relatif, kualitas serta persebaran udara[4]. Pengkondisian udara adalah perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang diperlukan oleh orang yang berada di dalam suatu ruangan[5]. Pengkondisian udara telah berkembang secara pesat, dikarenakan manusia membutuhkan suatu kondisi udara yang nyaman dalam ruangan[6]. Dalam pemasangan dan penggunaannya, sistem tata udara memerlukan biaya yang tidak sedikit[7]. Kondisi didalam maupun luar ruangan sangat mempengaruhi kebutuhan mesin pendingin yang tersedia[8]. Selain itu setiap ruangan mempunyai beban kalor yang berbeda dan hal ini juga akan

mempengaruhi spesifikasi mesin pengkondisi udara yang akan dipakai[9].

Pemakaian peralatan pengkondisian udara yang tidak tepat akan mengakibatkan pemborosan dalam hal pemakaian listrik dan tidak tercapainya temperatur ruangan yang diinginkan[10].

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai beban ruangan dilihat dari aliran udara pada evaporator.
2. Mengetahui besarnya nilai enthalpy pada ruang perangkat.
3. Mengetahui besarnya nilai enthalpy pada evaporator.
4. Mengetahui besarnya laju aliran Massa udara yang keluar dari evaporator.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Umum AC

Air Conditioning (AC) tidak hanya berfungsi untuk memberikan perasaan dingin tetapi juga memberikan rasa kenyamanan yaitu suatu proses perlakuan termodinamik terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya[11].

Komponen utama pada sistem pendinginan adalah Compressor (kompresor), Cooling Coil (evaporator), Condensator (kondensor), dan Expansion Valve (katup ekspansi[12].

Pada sistem AC, kompresor berfungsi sebagai pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan refrigerant (freon) pada sistem. Refrigerant akan dihisap oleh kompresor kemudian refrigerant tersebut akan ditekan oleh kompresor untuk bersirkulasi ke seluruh sistem. Refrigerant yang keluar dari kompresor akan memiliki tekanan yang tinggi, berbentuk gas serta bertemperatur tinggi. Gas refrigerant yang telah dikompresikan disalurkan ke komponen selanjutnya yaitu di dinginkan di kondensator.

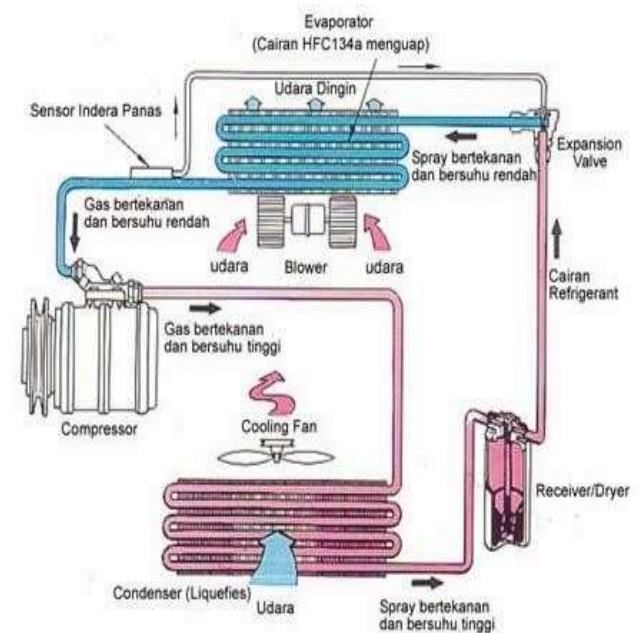
Kondensator berfungsi untuk mendinginkan gas refrigerant atau freon yang memiliki tekanan tinggi dan temperatur tinggi setelah melewati kompresor. Pada kondensator, refrigerant akan mengalami proses kondensasi yang menyebabkan terjadinya perubahan bentuk refrigerant, dari bentuk gas menjadi bentuk cair. Semakin besar panas yang dikeluarkan oleh kondensator maka semakin baik pula efek pendinginan yang terjadi pada evaporator.

Katup Ekspansi merupakan komponen terpenting dari sistem, dirancang untuk mengkabutkan refrigerant. Cairan refrigerant dari receiver dryer akan menuju ke katup ekspansi

dan pada katup ekspansi didalamnya terdapat lubang-lubang kecil (lubang orifice), sehingga ketika refrigerant melewati lubang orifice ini, refrigerant akan berubah bentuk dari cair menjadi kabut dengan tekanan yang lebih rendah.

Evaporator pada sistem AC memiliki fungsi kebalikan dari komponen kondensator. Fungsi dari evaporator yaitu untuk menyerap panas, refrigerant yang melewati evaporator ini akan menyerap panas dari udara yang dihembuskan oleh komponen blower. Sehingga udara yang dihembuskan oleh blower setelah melewati evaporator akan bersuhu dingin. Karena refrigerant tadi menyerap panas dari udara maka bentuk refrigerant setelah keluar dari evaporator akan berubah dari yang berbentuk partikel-partikel kecil menjadi gas.

2.2. Prinsip Kerja Pendinginan



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Pendinginan

Ketika AC mulai dinyalakan, maka kompresor yang ada pada sistem pendingin akan mulai bekerja memampatkan fluida kerja (refrigerant), jadi refrigerant yang masuk ke dalam kompresor dialirkan dan dimampatkan di kondensator.

Di bagian kondensator ini refrigerant yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigerant fase uap menjadi refrigerant fase cair. Refrigerant mengeluarkan kalor (kalor penguapan) yang terkandung di dalam refrigerant. Besar kalor yang dilepaskan oleh kondensator adalah jumlah energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil

evaporator dari substansi yang akan didinginkan.

Pada kondensor, tekanan refrigerant yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigerant yang berada pada pipi-pipa evaporator.

Setelah refrigerant melewati kondensor dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair, maka refrigerant dilewatkan melalui katup ekspansi. Pada katup ekspansi ini refrigerant tekanannya diturunkan sehingga refrigerant berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigerant akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap. Perubahan fase ini disebabkan karena tekanan refrigerant dibuat sedemikian rupa sehingga refrigerant setelah melewati katup ekspansi dan melalui evaporator tekanannya menjadi sangat turun.

Hal tersebut secara praktis dapat dilakukan dengan jalan diameter pipa yang ada di evaporator relatif lebih besar jika dibandingkan dengan diameter pipa yang ada pada kondensor.

Perubahan proses dari refrigerant fase cair ke refrigerant fase uap membutuhkan energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan.

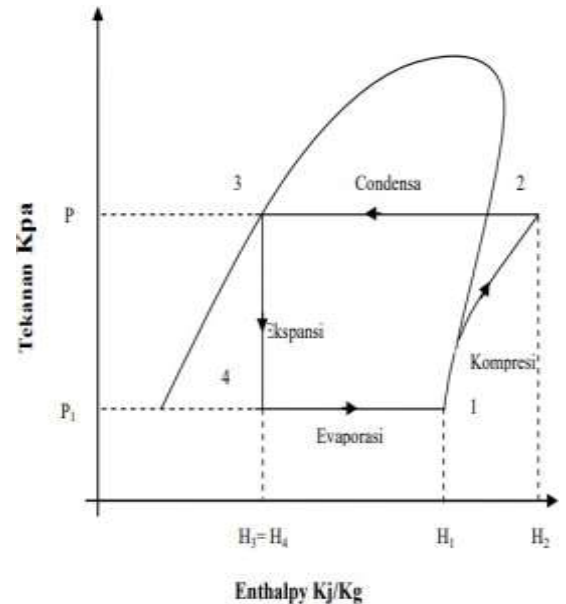
Dengan diambilnya energi yang diambil dalam substansi yang akan didinginkan maka enthalpi (banyaknya kalor yang ada dalam udara setiap satu satuan massa) substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun, dengan turunnya enthalpi maka temperatur dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan.

2.3. Kompresi Uap Standar

Siklus refrigerasi kompresi-uap standar merupakan suatu siklus di mana fluida kerja /refrigerant harus menguap seluruhnya sebelum dikompresi pada kompresor. Siklus kompresi uap standar merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut:

- Proses dari titik 1 ke titik 2 merupakan proses kompresi.
- Proses dari titik 2 ke titik 3 merupakan proses Kondensasi.

- Proses dari titik 3 ke titik 4 merupakan proses Ekspansi.
- Proses dari titik 4 ke titik 1 merupakan proses penguapan yang terjadi pada evaporator dan berlangsung pada tekanan konstan.



Gambar 2.2. Kompresi Uap Standard

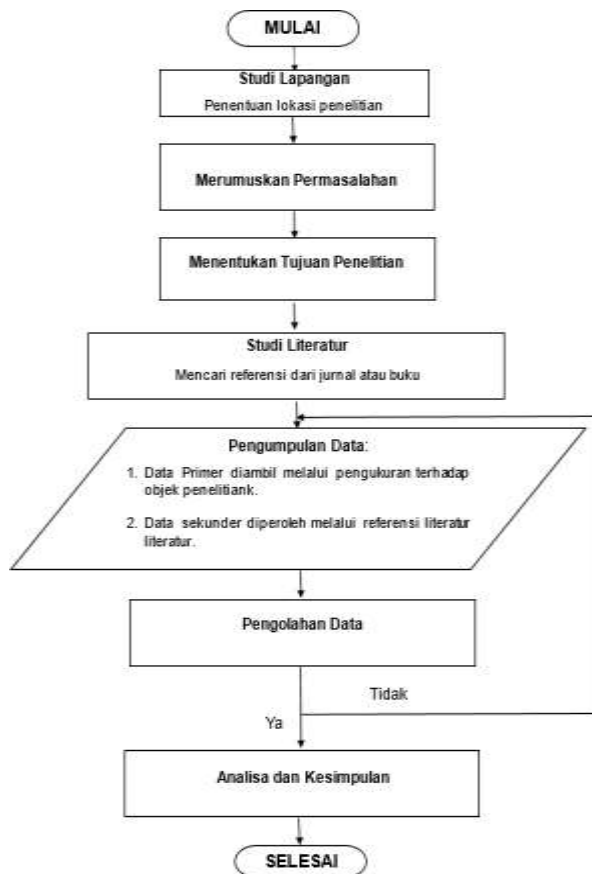
Dari gambar di atas, alur refrigerant dimulai pada kondisi 1 saat masuk kompresor sebagai uap jenuh kemudian dikompresi secara isentropik sampai tekanan kondensor. Temperatur refrigerant naik selama proses kompresi ini di atas temperatur lingkungan. Refrigerant kemudian masuk ke kondensor sebagai uap superheat pada tingkat keadaan 2 dan keluar sebagai cairan jenuh pada tingkat keadaan 3 sehingga terjadi pelepasan kalor ke lingkungan. Refrigerant pada tingkat keadaan 3 ini diekspansi sampai tekanan evaporator melalui katup ekspansi atau pun pipa kapiler.

Temperatur refrigerant menjadi turun di bawah temperatur ruangan yang dikondisikan selama proses ini. Refrigerant masuk ke evaporator pada tingkat keadaan 4 sebagai campuran saturasi dua-fasa (cair-uap) dengan kualitas rendah, kemudian refrigerant menguap seluruhnya dengan menyerap kalor dari ruangan yang dikondisikan tersebut. Refrigerant keluar dari evaporator sebagai uap jenuh dan masuk kembali ke kompresor pada tingkat keadaan 1.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Flowchart Penelitian

Dalam penulisan jurnal penelitian ini, penulis menggunakan *Flowchart* sebagai berikut:



Gambar 3.1. Flowchart Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sebuah ruangan perangkat internet di PT. X – dengan nama site adalah site Kedaton. Ruangan yang diteliti mempunyai ukuran 2 m x 3 m dengan pendingin AC split merk Daikin 2 PK yang di setting pada suhu 18 0C yang dinyalakan secara bergantian. Pengambilan data penelitian dilakukan selama 3 hari berturut turut yang dimulai pada tanggal 21 Septembet 2018 dan berakhir pada tanggal 23 September 2018. Penelitian dilakukan pada siang hari yakni pada jam 09:00 WIB sampai dengan jam 15:20 WIB.

Penelitian ini dilakukan pada salah satu AC saja dengan asumsi bahwa kondisi AC 1 dan AC 2 adalah sama. Penelitian ini juga dibatasi hanya untuk melakukan perhitungan nilai beban thermal ruangan dilihat dari aliran udara pada evaporator, nilai enthalpy pada ruangan dan evaporator serta perhitungan besarnya laju aliran Massa udara yg keluar dari evaporator.

3.2.1 Lay Out Site lokasi penelitian

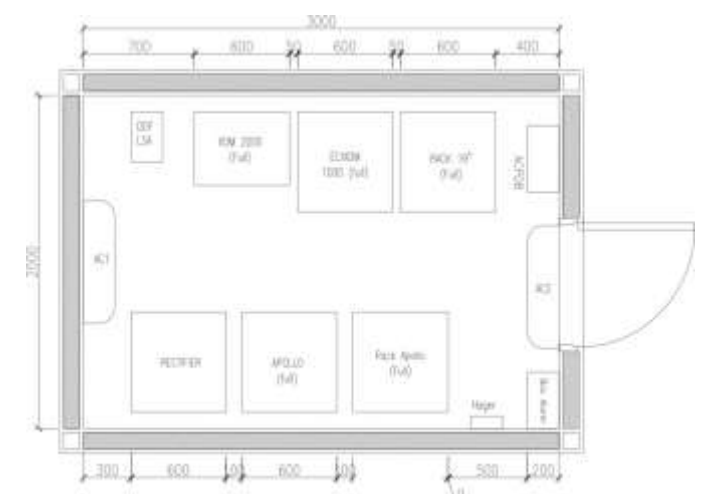
Ruang perangkat sendiri berada pada lahan yang dibatasi pagar dengan total luas 5 m x 7 m. Denah lokasi seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.2. Layout lokasi site Kedaton

3.2.1 Lay out ruang perangkat

layout untuk ruang perangkat internet Site Kedaton ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3. Layout Site lokasi

AC yang digunakan pada ruangan perangkat adalah AC merk Daikin dengan daya 2 PK dan kapasitas pendingin sebesar 5.2 KW



Gambar 3.4 Tagging AC Daikin 2 PK



Gambar 3.6. Higrometer dan termometer digital

3.3. Peralatan yang digunakan

Penggunaan alat ukur yang digunakan selama pengambilan data diasumsikan sudah dikalibrasi oleh pabrik pembuatnya. Peralatan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Anemometer Digital

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya kecepatan aliran udara yang keluar dari Evaporator.



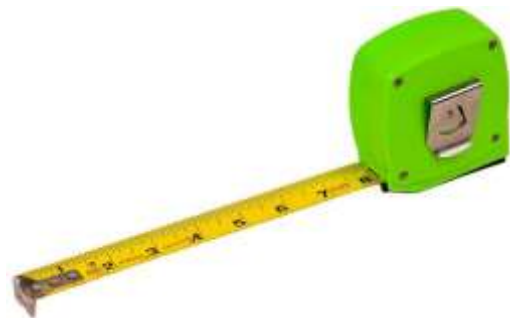
Gambar 3.5. Anemometer Digital

3.3.2. Higrometer dan termometer digital

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya Kelembaban udara (RH) sekaligus untuk mengukur besarnya temperatur ruangan perangkat dan suhu di evaporator.

3.3.3. Meteran

Alat ini digunakan untuk mengetahui ukuran luas evaporator AC pada ruang perangkat internet.



Gambar 3.7. Meteran

3.3.4. Jam Dinding

Jam dinding digunakan untuk menentukan waktu pengambilan data. Waktu pengambilan data dilakukan selama 12 kali dimulai dari jam 9:00 WIB dan berakhir pada jam 15.20 WIB.



Gambar 3.8. Jam Dinding

3.4. Cara Pengambilan data primer

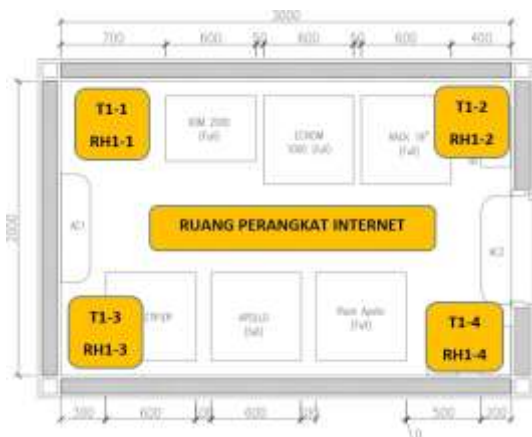
Data primer adalah data yang diperoleh melalui pengukuran langsung pada objek penelitian. Data yang di ukur pada objek penelitian adalah sebagai berikut:

A. Waktu pengukuran ditentukan dengan melihat jam dinding dan disesuaikan Tanggal Pengambilan data:

No	Jam	Suhu Remot AC	Kecepatan angin di Blower	Suhu Ruangan 4 titik (°C) - T1				RH Ruangan 4 titik (%) - RH 1				Suhu Blower 3 titik (°C) - T2			RH Blower 3 titik (%) - RH2			Ukuran Lubang Blower AC (PxL)
		°C	m/s	T1.1	T1.2	T1.3	T1.4	RH1.1	RH1.2	RH1.3	RH1.4	T2.1	T2.2	T2.3	RH2.1	RH2.2	RH2.3	
1	9.00																	
	9.10																	
	9.20																	
2	11.00																	
	11.10																	
	11.20																	
3	13.00																	
	13.10																	
	13.20																	
4	15.00																	
	15.10																	
	15.20																	

Gambar 3.9. Form pengambilan data

- B. Suhu yang di setting di remote AC yang di setting pada 18 °C.
- C. Kecepatan angin di lubang evaporator / blower menggunakan Anemometer
- D. Besarnya suhu ruangan (T1) diukur pada 4 titik berbeda (T1-1, T1-2, T1-3 dan T1-4) seperti terlihat pada Gambar 3.10. Pengukuran dilakukan menggunakan Thermometer Digital.
- E. Kelembaban Udara ruangan (RH1) diukur pada 4 titik yang berbeda (RH1-1,RH1-2, RH1-3 dan RH1-4) seperti terlihat pada Gambar 3.10. pengukuran dilakukan menggunakan Hygrometer Digital.
- F. Besarnya suhu di evaporator (T2) diukur pada 3 titik berbeda (T2-1, T2-2, dan T2-3) seperti terlihat pada Gambar 3.11. Pengukuran dilakukan menggunakan Thermometer Digital.



Gambar 3.10. Pengukuran Suhu (T1) dan kelembaban (RH1) ruangan perangkat



Gambar 3.11. Pengukuran Suhu (T2) dan kelembaban (RH2) di Evaporator

- G. Kelembaban Udara di evaporator (RH2) diukur pada 3 titik yang berbeda (RH2-1, RH2-2, dan RH2-3) seperti terlihat pada Gambar 3.11. pengukuran dilakukan menggunakan Hygrometer Digital.
- H. Besarnya luas permukaan Lubang Evaporator / Blower AC.

3.5 Metode Pengolahan / Perhitungan data

Setelah semua data primer atau data yang diperoleh dilapangan dikumpulkan, maka selanjutnya menginput data tersebut kedalam tabel / form isian. Item – item yang harus diinput atau di hitung dan dimasukkan kedalam tabel meliputi:

- a. Jam / waktu pengambilan data.
- b. Set point Suhu AC (°C).
- c. Kecepatan udara rata rata di Evaporator / v (m/s).
- d. Luas dari Evaporator / A (m²)
- e. Volume aliran udara / V (m³/s).
- f. Volume spesifik / Vsp (m³/kg).
- g. Laju aliran massa / m (kg/s).
- h. Temperatur rata rata ruangan perangkat /T1 (°C)
- i. RH rata rata ruangan / RH1 (%)
- j. Enthalpy rata rata ruangan perangkat / h1 (kJ/kg.a).
- k. Suhu rata rata evaporator / T2 (°C)
- l. RH rata rata Evaporator / RH2 (%)
- m. Enthalpy rata rata evaporator / h2 (kJ/kg.a)
- n. Beban pendinginan rata rata pada ruangan /Q (KW).

Metode untuk mencari data data diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Jam / waktu pengambilan data

Waktu pengambilan ditetapkan oleh penulis.

b. Set point Suhu AC (°C).

Set point di AC dapat dilihat pada indikator yang ada di remot AC dan sudah ditentukan dari Pihak PT. X.

c. Kecepatan udara rata rata di Evaporator / v (m/s).

Kecepatan udara rata rata pada Evaporator dapat dihitung dengan cara menghitung nilai rata rata hasil pengukuran dengan alat Anemometer pada hari ke 1, hari ke 2 dan hari ke 3.

Persamaan yang digunakan adalah:

(1)

Keterangan:

v.day1= Kecepatan udara hari kesatu (m/s)

v.day2= Kecepatan udara hari kedua (m/s)

v.day3= Kecepatan udara hari ketiga (m/s)

d. Luas Evaporator / A (m²).

Luas evaporator dapat dihitung dengan persamaan

(2)

Keterangan:

P = Panjang permukaan evaporator (m)

L= Lebar permukaan evaporator (m)

e. Volume aliran udara / V (m³/s).

Volume aliran udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

(3)

Keterangan:

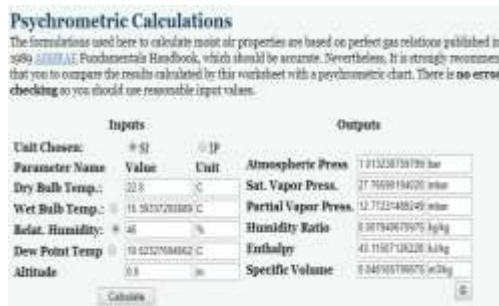
V = Volume aliran udara (m³/s)

v = kecepatan udara di evaporator (m/s)

A = Luas Evaporator (m²)

f. Mencari Volume Spesifik / Vsp (m³/kg)

Volume spesifik dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi “Psychrometric Calculations”



Gambar 3.1. Psychrometric Calculations.

Dengan memasukkan nilai T1 rata rata pada kolom *Dry Bulb Temp* & RH rata rata pada kolom “*relat Humidity*”, maka akan didapat nilai Vsp.

g. Mencari Laju aliran Massa / m (Kg/s)

Besarnya laju aliran Massa dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{---} \quad (4)$$

Keterangan:

- m = Laju aliran Massa (kg/s)
- V = Volume aliran udara (m³/s)
- Vsp = Volume Spesifik (m³/kg)

h. Mencari Suhu rata rata ruangan perangkat /T1 (°C).

Besarnya suhu ruangan ditiap titik (T1-1 s/d T1-4) didapat dari hasil pengukuran menggunakan Thermometer Digital. Sedangkan suhu rata rata ruangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{---} \quad (5)$$

Keterangan:

- T1.1 = Temperatur Ruangan dititik 1
- T1.2 = Temperatur Ruangan di titik 2
- T1.3 = Temperatur Ruangan di titik 3
- T1.4 = Temperatur Ruangan di titik 4

i. Mencari RH rata rata ruangan /RH1 (%).

RH rata rata ruangan dapat dihitung dengan persamaan:

(6)

Keterangan:

- RH1.1 = RH Ruangan dititik 1
- RH1.2 = RH Ruangan di titik 2
- RH1.3 = RH Ruangan di titik 3
- RH1.4 = RH Ruangan di titik 4

RH1.1 s/d RH1.4 didapat dengan menggunakan alat ukur Higrometer yang dilakukan pada 4 titik ruangan.

j. Enthalpy rata rata ruangan perangkat / h1 (kJ/kg.a).

Nilai h1.1, h1.2, h1.3 & h1.4 didapat dengan menggunakan aplikasi "Psychrometric Calculations" seperti pada Gambar 3.1.

Dengan memasukkan nilai T1 pada kolom *Dry Bulb Temp* & RH pada kolom "*relat Humidity*", maka akan didapat nilai h1.

Sehingga nilai Enthalpy rata rata ruangan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{---} \quad (7)$$

Keterangan:

- h1.1 = Enthalpy Ruangan dititik 1
- h1.2 = Enthalpy Ruangan di titik 2
- h1.3 = Enthalpy Ruangan di titik 3
- h1.4 = Enthalpy Ruangan di titik 4

k. Mencari Suhu rata rata evaporator /T2 (°C).

Suhu rata rata ruangan dapat dihitung dengan persamaan:

(8)

Keterangan:

- T2.1 = Temperatur Evaporator dititik 1
- T2.2 = Temperatur Evaporator di titik 2
- T2.3 = Temperatur Evaporator di titik 3

T2.1 s/d T2.3 dicari dengan menggunakan alat ukur Thermometer yang dilakukan pada 3 titik evaporator.

l. Mencari RH rata rata Evaporator /RH2 (%).

RH rata rata Evaporator dapat dihitung dengan persamaan:

(9)

Keterangan:

- RH2.1 = RH Evaporator dititik 1
- RH2.2 = RH Evaporator di titik 2
- RH2.3 = RH Evaporator di titik 3

RH2.1 s/d RH2.3 dicari dengan menggunakan alat ukur Higrometer yang dilakukan pada 3 titik Evaporator.

m. Enthalpy rata rata evaporator / h2 (kJ/kg.a)

Nilai h2.1, h2.2 & h1,3 didapat dengan menggunakan aplikasi "Psychrometric Calculations" seperti pada Gambar 3.1.

Dengan memasukkan nilai T2 pada kolom *Dry Bulb Temp* & RH2 pada kolom "*relat Humidity*", maka akan didapat nilai h2.

Sehingga nilai Enthalpy rata rata Evaporator dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{---} \quad (10)$$

Keterangan:

- H2.1 = Enthalpy Evaporator dititik 1

H2.2 = Enthalpy Evaporator di titik 2
 H2.3 = Enthalpy Evaporator di titik 3

n. Beban pendinginan rata rata pada ruangan /Q (KW).

Besarnya kalor (Q) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$(11) \quad \dots$$

$$(12) \quad \dots$$

Keterangan

Q = Besarnya kalor pendinginan (KW)

m = Laju aliran massa (Kg/s)

h1 = Enthalpy rata rata ruangan (kJ/kg.a)

h2 = Enthalpy rata rata Evaporator (kJ/kg.a)

4. PERHITUNGAN & ANALISA

4.1 Perhitungan data

Data data yang diperoleh dari hasil studi lapangan dan pengamatan dan pengukuran pada objek penelitian selanjutnya akan dihitung sebagai berikut:

- a. Waktu pengambilan data penelitian dilakukan pada siang hari yakni pada jam 09:00 WIB, 9:10 WIB, 9:20 WIB, 11:00 WIB, 11:10 WIB, 11.20 WIB, 13:00 WIB, 13.10 WIB, 13:20 WIB, 15:00 WIB, 15:10 WIB dan 15:20WIB.
- b. Set Point temperatur ditentukan diangka 18 °C.
- c. Kecepatan udara di evaporator di ukur dengan menggunakan Anemometer dan kecepatan udara rata rata dihitung menggunakan persamaan (1). Maka data perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Perhitungan Kecepatan udara di Evaporator

Jam	v.day1	v.day2	v.day3	v.rata rata (m/s)
9.00	5.10	5.50	5.20	5.27
9.10	4.60	5.40	4.80	4.93
9.20	4.80	5.50	4.90	5.07
11.00	5.00	5.60	5.00	5.20

11.10	5.20	5.40	5.30	5.30
11.20	5.20	5.40	5.10	5.23
13.00	5.20	5.00	4.90	5.03
13.10	5.50	5.30	5.30	5.37
13.20	5.20	5.60	5.10	5.30
15.00	5.10	5.10	5.10	5.10
15.10	4.60	5.00	4.90	4.83
15.20	4.80	4.80	5.40	5.00

d. Luas permukaan evaporator dihitung dengan persamaan (2) maka didapatkan:

$$= 0.08 \text{ m}^2$$

e. Volume aliran udara (V) pada penelitian hari kesatu, kedua dan ketiga dihitung dengan persamaan (3). Kemudian didapat nilai volume aliran rata rata yang ditampilkan pada tabel 4.2. dibawah ini.

Tabel 4.2. Perhitungan Volume aliran udara

Jam	Vday 1	Vday 2	Vday 3	Vrata rata (m ³)
9.00	0.40	0.43	0.41	0.41
9.10	0.36	0.43	0.38	0.39
9.20	0.38	0.43	0.39	0.40
11.00	0.39	0.44	0.39	0.41
11.10	0.41	0.43	0.42	0.42
11.20	0.41	0.43	0.40	0.41
13.00	0.41	0.39	0.39	0.40
13.10	0.43	0.42	0.42	0.42
13.20	0.41	0.44	0.40	0.42

f. Nilai Volume Spesifik (Vsp) pada penelitian hari kesatu, kedua, dan ketiga didapat dengan menggunakan aplikasi "Psychrometric Calculations". Maka nilai volume spesifik rata rata

dapat dihitung dengan seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3. Perhitungan Volume Spesifik

Jam	Vsp day 1	Vsp day 2	Vsp day 3	Vs p rata rata (m ³ /kg)
9.00	0.86	0.85	0.85	0.85
9.10	0.85	0.85	0.85	0.85
9.20	0.85	0.85	0.85	0.85
11.00	0.86	0.86	0.85	0.86
11.10	0.85	0.85	0.85	0.85
11.20	0.85	0.85	0.85	0.85
13.00	0.86	0.85	0.85	0.85
13.10	0.85	0.85	0.85	0.85
13.20	0.85	0.85	0.85	0.85
15.00	0.85	0.85	0.85	0.85
15.10	0.85	0.85	0.85	0.85
15.20	0.85	0.85	0.85	0.85

g. Besarnya laju aliran massa (m) pada penelitian hari kesatu, kedua dan ketiga dihitung dengan persamaan (4). Kemudian didapat nilai laju aliran massa rata rata yang ditampilkan pada tabel 4.4. dibawah ini.

Tabel 4.4. Perhitungan laju aliran massa

Jam	m	m	m	m rata rata (Kg/s)
9.00	0.47	0.51	0.48	0.49
9.10	0.43	0.50	0.44	0.46
9.20	0.44	0.51	0.45	0.47
11.00	0.46	0.51	0.46	0.48
11.10	0.48	0.50	0.49	0.49
11.20	0.48	0.50	0.47	0.48
13.00	0.48	0.46	0.45	0.46
13.10	0.51	0.49	0.49	0.50
13.20	0.48	0.52	0.47	0.49
15.00	0.47	0.47	0.47	0.47
15.10	0.48	0.48	0.48	0.48
15.20	0.48	0.48	0.48	0.48

15.20 0.44 0.44 0.50 0.46

h. Besarnya suhu ruangan ditiap titik (T1-1 s/d T1-4) didapat dari hasil pengukuran menggunakan Thermometer Digital. Kemudian hasil pengukuran tersebut dihitung besarnya T1 menggunakan persamaan (5). Hasil dari perhitungan

T1 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 Perhitungan Suhu rata rata ruang perangkat.

Jam	T1 day1	T1 day2	T1 day3	T1 rata rata (°C)
9.00	24.55	21.35	21.85	22.58
9.10	23.05	21.83	22.15	22.34
9.20	22.15	20.83	24.38	22.45
11.00	25.10	25.88	24.63	25.20
11.10	21.85	21.83	23.05	22.24
11.20	20.58	21.63	21.90	21.37
13.00	25.10	23.58	24.30	24.33
13.10	22.93	20.58	23.00	22.17
13.20	22.70	24.30	25.10	24.03
15.00	22.05	21.70	21.45	21.73
15.10	24.30	21.85	23.58	23.24
15.20	24.08	24.08	22.98	23.71

i. Besarnya kelembaban relative ruangan perangkat (RH1) ditiap titik (RH1-1 s/d RH1-4) didapat dari hasil pengukuran menggunakan Hygrometer Digital. Kemudian hasil pengukuran tersebut dihitung besarnya RH1 menggunakan persamaan (6). Hasil dari perhitungan RH1 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6 Perhitungan Kelembaban rata rata ruang perangkat.

Jam	RH1 day1	RH1 day2	RH1 day3	RH1 rata rata (%)
9.00	41.50	42.25	41.50	41.75
9.10	45.50	47.50	48.50	47.17
9.20	48.50	48.25	42.25	46.33

11.0	39.75	40.0	42.50	40.7
0		0		5
11.1	41.50	47.7	45.50	44.9
0		5		2
11.2	48.50	48.2	48.25	48.3
0		5		3
13.0	39.75	43.5	40.00	41.0
0		0		8
13.1	46.75	48.5	39.77	45.0
0		0		1
13.2	43.75	42.5	39.75	42.0
0		0		0

j. Besarnya Enthalpy ruangan perangkat (h1) ditiap titik (h1-1 s/d h1-4) didapat dari aplikasi "Psychrometric Calculations". Kemudian dihitung nilai Enthalpy rata rata menggunakan persamaan (7) yang hasilnya seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.7 Perhitungan Enthalpy rata rata ruang perangkat.

Jam	h1 day 1	h1 day 2	h1 day 3	h1 rata rata (Kj/Kg.a)
9.00	44.93	38.40	39.13	40.82
9.10	43.42	41.58	42.74	42.58
9.20	42.74	39.67	44.85	42.42
11.0	45.31	47.26	45.66	46.08
0				
11.1	39.13	41.68	43.42	41.41
0				
11.2	39.22	41.33	42.06	40.87
0				
13.0	45.31	43.66	43.75	44.24
0				
13.1	43.75	39.22	43.39	42.12
0				
13.2	41.90	44.97	45.31	44.06
0				
15.0	41.36	41.11	39.34	40.60
0				
15.1	43.75	39.13	43.66	42.18
0				
15.20	47.43	44.09	44.41	45.31

k. Besarnya suhu di evaporator ditiap titik (T2-1 s/d T2-3) didapat dari hasil pengukuran menggunakan Thermometer Digital. Kemudian hasil

Tabel 4.8 Perhitungan Suhu rata rata di evaporator

Jam	T2 day1	T2 day 2	T2 day 3	T2 rata rata (°C)
9.00	20.5	17.70	16.30	18.1
	7			9
9.10	19.4	18.30	17.70	18.4
	3			8
9.20	17.2	18.17	20.77	18.7
	7			3
11.00	19.4	22.30	21.03	20.9
	7			8
11.10	17.16	18.40	18.30	18.1
	7			2
11.20	17.7	18.30	19.37	18.4
	7			8
13.00	19.3	20.57	20.57	20.1
	7			7
13.10	19.1	19.30	19.12	19.2

pengukuran tersebut dihitung besarnya T2 menggunakan persamaan 1(8). Hasil dari perhitungan tersebut dilihat pada tabel dibawah ini.

I. Besarnya kelembaban relative ruangan perangkat (RH2) ditiap titik (RH2-1 s/d RH2-3) didapat dari hasil pengukuran menggunakan Hygrometer Digital. Kemudian hasil pengukuran tersebut dihitung besarnya RH2 menggunakan persamaan (9). Hasil dari perhitungan RH2 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Kelembaban rata rata ruang perangkat.

Jam	RH2 day1	RH2 day2	RH2 day3	RH2 rata rata (%)
9.00	45.00	49.00	49.33	47.78
9.10	51.67	48.00	52.67	50.78
9.20	49.67	47.00	49.33	48.67
11.00	47.33	46.67	45.67	46.56
11.10	48.00	47.67	49.67	48.44
11.20	48.33	48.00	48.67	48.33
13.00	48.67	45.00	46.33	46.67
13.10	48.00	49.67	51.67	49.78
13.20	46.33	46.00	45.67	46.00
15.00	47.00	46.00	46.00	46.33

15.10	48.00	51.6 7	51.6 7	50.44
15.20	51.67	48.6 7	47.3 3	49.22

m. Besarnya Enthalpy evaporator (h2) di tiap titik (h2-1 s/d h2-3) didapat dari aplikasi "Psychrometric Calculations". Kemudian dihitung nilai Enthalpy rata rata menggunakan persamaan (10) yang hasilnya seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.10 Perhitungan Enthalpy rata rata di evaporator.

Jam	h2 day 1	h2 day 2	h2 day 3	h2 rata rata (kj/Kg.a)
9.00	37.87	33.5 7	30.7 4	34.0 6
9.10	37.97	34.4 8	34.5 8	35.6 8
9.20	32.74	34.0 4	39.9 7	35.5 8
11.00	36.51	42.3 4	39.1 1	39.3 2
11.10	33.01	34.3 7	34.8 4	34.0 7
11.20	33.31	34.4 8	36.7 5	34.8 5
13.00	36.75	37.8 7	38.4 0	37.6 7
13.10	34.04	34.8 4	37.9 7	35.6 1
13.20	33.32	37.8 1	37.6 2	36.2 5
15.00	34.04	32.4 9	32.4 9	33.0 1
15.10	35.46	37.9 7	37.9 7	37.1 3
15.20	37.97	36.7 5	36.5 1	37.0 8

n. Besarnya beban pendinginan pada ruang perangkat (Q) pada penelitian hari kesatu, kedua dan ketiga dihitung dengan persamaan (11) dan persamaan (12). Kemudian didapat nilai beban pendinginan rata rata yang ditampilkan pada tabel 4.11. dibawah ini.

Tabel 4.11 Perhitungan beban pendinginan rata rata ruang perangkat.

11.00	4.03	2.52	3.04	3.20
11.10	2.94	3.65	4.21	3.60
11.20	2.85	3.43	2.51	2.93
13.00	4.07	2.68	2.43	3.06
13.10	4.95	2.15	2.66	3.25
13.20	4.13	3.71	3.64	3.83
15.00	3.46	4.07	3.24	3.59
15.10	3.53	0.54	2.58	2.22
15.20	4.21	3.26	3.95	3.81

4.2. ANALISA

Dari hasil perhitungan data sebelumnya, maka dapat dibuatkan analisa dengan menggunakan grafik.

4.2.1. Analisa hubungan Beban pendinginan, Temperatur dan Enthalpy ruang perangkat.

Berikut ini tabel yang menyatakan nilai Q, T1 dan h1.

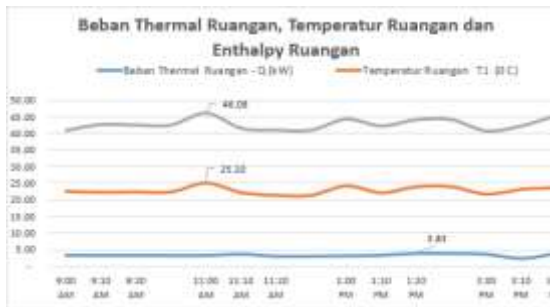
Tabel 4.12. Beban pendinginan, Temperatur dan Enthalpy Ruang.

Jam	Beban Thermal Ruangan Q (KW)	Temperatur Ruangan T1 (°C)	Enthalpy ruangan h1 (K/kg.a)
9.00	3.26	22.58	40.82
9.10	3.17	22.34	42.58
9.20	3.18	22.45	42.42
11.00	3.20	25.20	46.08
11.10	3.60	22.24	41.41
11.20	2.93	21.37	40.87
13.00	3.06	24.33	44.24
13.10	3.25	22.17	42.1

Ja m	Q day 1	Q day 2	Q day 3	Q rata rata (KW)
9.00	3.29	2.46	4.04	3.26
9.10	2.32	3.55	3.63	3.17
9.20	4.44	2.87	2.22	3.18

Dari tabel 4.12. dapat dibuatkan grafik seperti dibawah ini.

seperti dibawah ini.



Grafik 4.1. Beban Thermal, Temperatur dan Enthalpy ruang perngakat.

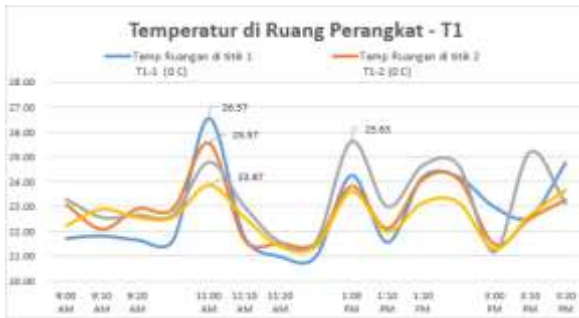
4.2.2. Analisa temperatur ruang perngakat (T1).

Berikut ini tabel yang menyatakan nilai temperatur di tiap titik pengukuran.

Tabel 4.13. Temperatur ruang perngakat di tiap titik pengukuran.

Jam	Temp dititik1 T1-1 (^o C)	Temp dititik2 T1-2 (^o C)	Temp dititik3 T1-3 (^o C)	Temp dititik4 T1-4 (^o C)
9.00	21.73	23.07	23.30	22.23
9.10	21.83	22.07	22.57	22.90
9.20	21.67	22.90	22.67	22.57
11.00	26.57	25.57	24.80	23.87
11.10	21.77	21.63	23.00	22.57
11.20	21.00	21.50	21.57	21.40
13.00	24.27	23.80	25.63	23.60
13.10	21.57	22.10	23.00	22.00
13.20	24.20	24.10	24.67	23.17
15.00	23.00	21.47	21.17	21.30
15.10	22.60	22.50	25.20	22.67
15.20	24.77	23.27	23.13	23.67

Dari tabel 4.13. dapat dibuatkan grafik



Grafik 4.2. Temperatur ruang perangkat di 4 titik pengukuran

4.2.3. Analisa kelembaban ruang perangkat (RH1).

Berikut ini tabel yang menyatakan nilai kelembaban ruang perangkat (RH1) ditiap titik pengukuran.

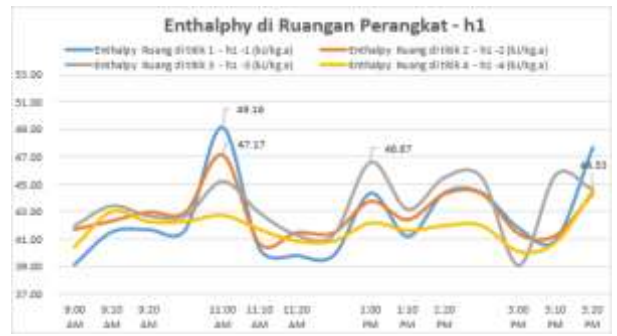
Tabel 4.14 Kelembaban ruang perangkat di tiap titik pengukuran.

Jam	RH 1 dititik 1 (%)	RH 1 dititik 2 (%)	RH 1 dititik 3 (%)	RH 1 dititik 4 (%)
9.00	42.00	41.3	41.0	42.67
		3	0	
9.10	47.33	48.0	48.0	45.33
		0	0	
9.20	48.67	45.3	46.0	45.33
		3	0	
11.0	40.67	41.3	41.0	40.00
0		3	0	
11.1	44.67	46.3	44.6	44.00
0		3	7	
11.2	47.67	49.0	48.6	48.00
0		0	7	
13.0	41.67	42.6	40.0	40.00
0		7	0	
13.1	48.00	48.0	45.3	46.67
0		0	3	
13.2	42.00	42.3	42.0	41.67
0		3	0	
15.0	42.00	49.0	45.0	46.67
0		0	0	
15.1	42.00	43.3	40.0	41.33
0		3	0	
15.2	46.00	46.3	47.6	45.67
0		3	7	

Dari tabel 4.14. dapat dibuatkan grafik seperti dibawah ini.



Grafik 4.3. Kelembaban di ruang perangkat – RH1



Grafik 4.4. Enthalphy di ruang perangkat – h1

4.2.4. Analisa Enthalpy ruang perangkat (h1).

Berikut ini tabel yang menyatakan nilai Enthalpy ruang perangkat (h1) di tiap titik pengukuran.

Tabel 4.15 Enthalpy ruang perangkat di tiap titik pengukuran.

Jam	Enthalpy Ruang dititik 1 h1 -1 (kJ/kg.a)	Enthalpy Ruang dititik 2 h1 -2 (kJ/kg.a)	Enthalpy Ruang dititik 3 h1 -3 (kJ/kg.a)	Enthalpy Ruang dititik 4 h1 -4 (kJ/kg.a)
9.00	39.16	41.71	41.98	40.41
9.10	41.53	42.33	43.46	42.99
9.20	41.71	42.98	42.73	42.26
11.00	49.16	47.17	45.26	42.72
11.10	40.30	40.68	42.95	41.69
11.20	39.82	41.48	41.35	40.84
13.00	44.36	43.77	46.67	42.16
13.10	41.21	42.43	43.22	41.62
13.20	44.39	44.33	45.55	41.97
15.00	41.81	41.40	39.11	40.09
15.10	40.96	41.27	45.73	40.75
15.20	47.69	44.36	44.65	44.53

4.2.5. Analisa temperatur di evaporator (T2).

Berikut ini tabel yang menyatakan nilai temperatur evaporator di tiap titik pengukuran.

Tabel 4.16. Temperatur evaporator di tiap titik pengukuran.

Jam	Tem p Evap. dititik 1 T2-1 (° C)	Tem p Evap. dititik 2 T2-2 (° C)	Temp Evap dititik 3 T2-3 (° C)
9.00	19.50	18.23	16.83
9.10	19.27	17.20	18.97
9.20	20.27	18.87	17.07
11.00	21.97	21.57	19.20
11.10	18.60	17.97	17.80
11.20	19.13	17.03	19.27
13.00	20.80	20.77	18.93
13.10	19.67	18.10	18.13
13.20	19.20	19.73	19.83
15.00	21.37	17.40	14.73
15.10	20.70	18.00	19.00
15.20	20.47	19.40	18.33

seperti dibawah ini.

Dari tabel 4.15. dapat dibuatkan grafik

Dari tabel 4.16. dapat dibuatkan grafik seperti dibawah ini.



Grafik 4.5. Temperatur di evaporator – T2



Grafik 4.6. Kelembaban di Evaporator – RH2

4.2.6. Analisa kelembaban di evaporator (RH2).

Berikut ini tabel yang menyatakan nilai kelembaban di evaporator (RH2) di tiap titik pengukuran.

Tabel 4.17 Kelembaban evaporator di tiap titik pengukuran.

Jam	Kelembaban Evap di titik1 RH2-1 (%)	Kelembaban Evap di titik2 RH2-2 (%)	Kelembaban Evap di titik3 RH2-3 (%)
9.00	47.67	48.00	47.67
9.10	50.00	50.33	52.00
9.20	47.67	48.67	49.67
11.00	45.67	46.67	47.33
11.10	47.00	48.33	50.00
11.20	47.67	47.33	50.00
13.00	46.33	45.33	48.33
13.10	48.67	49.67	51.00
13.20	44.67	45.33	48.00
15.00	45.33	46.67	47.00
15.10	51.33	49.33	50.67
15.20	49.33	48.33	50.00

Dari tabel 4.17. dapat dibuatkan grafik seperti dibawah ini.

4.2.7. Analisa Enthalpy evaporator (h2).

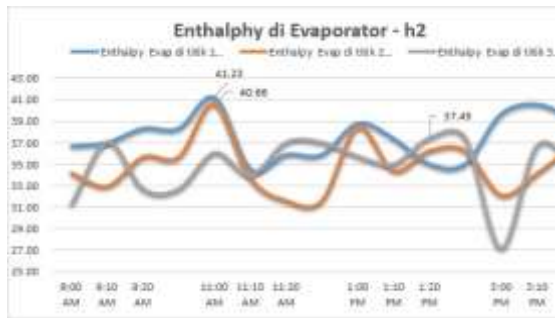
Berikut ini tabel yang menyatakan nilai Enthalpy evaporator (h2) di tiap titik pengukuran.

Tabel 4.18 Enthalpy evaporator di tiap titik pengukuran.

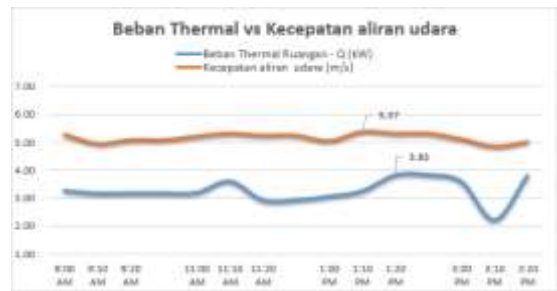
Jam	Enthalpy Evap di titik 1 h2-1 (kJ/kg.a)	Enthalpy Evap di titik 2 h2-2 (kJ/kg.a)	Enthalpy Evap di titik 3 h2-3 (kJ/kg.a)
9.00	36.70	34.19	31.29
9.10	37.03	32.96	37.04
9.20	38.35	35.70	32.70
11.00	41.23	40.66	36.06
11.10	34.55	33.71	33.96
11.20	35.90	31.62	37.02
13.00	38.84	38.46	35.73
13.10	37.40	34.42	35.02
13.20	35.02	36.28	37.45
15.00	39.68	32.14	27.19
15.10	40.60	34.13	36.67

15.20	39.31	36.7	35.20
<hr/>			
		1	

Dari tabel 4.18. dapat dibuatkan grafik seperti dibawah ini.



Grafik 4.7. Enthalphy di Evaporator –h2



4.2.8. Analisa Beban Pendinginan dan Kecepatan aliran udara di evaporator.

Berikut ini tabel yang menyatakan hubungan antara beban Pendinginan dan Kecepatan aliran udara di evaporator.

Tabel 4.19 beban Pendinginan dan Kecepatan aliran udara di evaporator

Jam	Beban Thermal Ruang Q (kW)	Kecepatan aliran udara v (m/s)
9.00	3.26	5.27
9.10	3.17	4.93
9.20	3.18	5.07
11.00	3.20	5.20
11.10	3.60	5.30
11.20	2.93	5.23
13.00	3.06	5.03
13.10	3.25	5.37
13.20	3.83	5.30
15.00	3.59	5.10
15.10	2.22	4.83
15.20	3.81	5.00

Dari tabel 4.19. dapat dibuatkan grafik seperti dibawah ini.

5. KESIMPULAN & SARAN

Setelah dilakukan analisa perhitungan maka didapatkan kesimpulan:

Nilai rata rata beban ruangan dilihat dari aliran udara pada evaporator adalah sebesar 3.260 Watt dan beban tertinggi terjadi pada jam 13.20 WIB.

Besarnya nilai rata rata enthalpy pada ruang perangkat adalah 42,72 kJ/kg.a dan nilai terbesar terjadi pada jam 11.00 WIB

Besarnya nilai rata rata enthalpy pada evaporator adalah sebesar 35,86 kJ/kg.a dan nilai terbesar terjadi pada jam 11.00 WIB

Besarnya laju aliran rata rata massa udara yg keluar dari evaporator adalah sebesar 0.48 Kg/s dan nilai terbesar terjadi pada jam 13.20 WIB

Berdasarkan kondisi yang telah disampaikan berdasarkan analisa perhitungan, kapasitas AC yang terpasang saat ini adalah 5.200 Watt sedangkan beban pendinginan sebesar 3.260 Watt. Oleh karena itu penulis menyarankan agar kapasitas AC yang ada saat ini perlu direview ulang dengan mengurangi daya pendinginan sehingga beban pendinginan dapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. P. Anugrah, A. Ismardi, M. Sc, T. A. Ajiwiguna, and M. Eng, "Rancang Bangun Pendingin Untuk Perangkat Elektronik Pada Green House," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 3928–3935, 2017.
- [2] V. Nomor, P. Pemasangan, E. Fan, D. I. Ruang, F. Teknik, and U. Terhadap, "Keywords: Abstract:," vol. 15, no. September, pp. 70–76, 2016.
- [3] D. Suntoro, R. D. S, and K. Ahadi, "PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN PADA RUANGAN DI PERKANTORAN PT . INDONESIA POWER UPJP PESANGGARAN BALI COOLING CAPACITY CALCULATION FOR OFFICE BUILDING," vol. 17, no. 1, pp. 19–30, 2018.
- [4] U. Sulawesi, I. Persero, S. A. Safitri, and R. Hantoro, "Desain dan Analisis Sistem Pengkondisian Udara Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD)," vol. 7, no. 1, pp. 95–100, 2018.
- [5] H. Abdurrachman, M. Sibarani, and J. V. Tuapetel, "Perancangan Air Conditioning (AC) Sentral pada Gedung G Institut Teknologi Indonesia," vol. 2, no. 2, pp. 35–41, 2018.
- [6] Khoeri, A. Solichan, and S. Raharjo, "Efisiensi MusiCool-22 Dengan Proses Retrofit Pada AC Merek Daikin 3 PK Di Unit Rektorat Unimus," *Media Elektr.*, vol. 10, no. 1, pp. 39–45, 2017.
- [7] S. Harahap, A. Hamid, and I. Hidayat, "Perhitungan Ulang Beban Pendinginan Pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III Kementerian Kehutanan Jakarta," *Progr. Stud. Tek. Mesin, Fak. Tek. Univ. Mercu Buana, Jakarta*, pp. 149–154, 2014.
- [8] A. Kurniawati and G. Doloksaribu, "Tower Universitas Mercu Buana Lantai 5 Dan," pp. 246–254, 2009.
- [9] G. Penumpang and K. Api, "C~26,7," vol. II, no. November, pp. 37–44, 2016.
- [10] P. V. Beban, W. P. Dan, T. Ruang, T. Performasi, and M. Pendingin, "Mastur , Khanif Setiyawan , Bambang Sugiantoro," vol. 17, no. 1, pp. 43–47, 2016.
- [11] A. Aziz, U. Riau, and R. I. Mainil, "Penggunaan Thermal Energy Storage sebagai Penyejuk Udara Ruang dan Pemanas Air pada Residential Air Conditioning Hibrida," no. April 2016, 2015.
- [12] W. H. Piarah and F. Hamzah, "Penentuan Efisiensi Dan Koefisien Prestasi Mesin Pendingin Merk Panasonic Cu-Pc05Nkj ½ Pk," vol. 7, pp. 978–979, 2013.