

Analisis Beban Pendingin Pada Ruangan *Data Center* / *Server* PT XX Di Gedung Summitmas II

Analysis of Cooling Load in PT XX Data Center / Server Rooms at Summitmas II Building

Tri Bakti Pertiwi¹ dan Harwan Ahyadi²

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri-Institut Sains dan Teknologi Nasional

E-mail : ¹harwanfti@yahoo.co.id

Abstrak--- *Ruangan data center / server adalah tempat yang digunakan untuk fasilitas penempatan kumpulan server atau sistem komputer dan sistem penyimpanan data yang dikondisikan dengan pengatur udara, direkomendasikan pengaturan suhu sebesar 15⁰C s/d 25⁰C dengan kelembaban 55%, hal ini sangat penting untuk menjaga umur peralatan server agar lebih awet dan tahan lama.*

Ruang data center / Server PT XX yang berlokasi di Gedung Summitmas II terletak di Jakarta, dengan letak geografis adalah 6⁰ Lintang Selatan, posisi gedung arah Barat Laut, dan luas ruangan sebesar 1132,23 ft² yang mana ruangan data center tersebut berada di dalam gedung yang sudah dikondisikan udaranya. Tujuan dari penulisan penelitian ini yaitu untuk memperoleh hasil hitungan yang maksimal dalam mencegah beban pendinginan yang kurang akibat penambahan jumlah dan replace peralatan IT di ruang data center PT XX.

Dari hasil rancangan perhitungan dan plot pada diagram psikometrik didapatkan beban puncak sebesar 387.993,83 Btu/hr atau 113,71 kW pada pukul 16:00 WIB dengan menggunakan PAC (Precision Air Conditioning) dengan Tipe GEA Denco T Range DX A model 73, sebanyak 3 unit sebagai mesin pengkondisi udaranya.

Kata kunci : *Data Center, Analisis Beban Pendingin, Alat Pendingin*

Abstract--- *Room Data Center / server is a place that is used for the placement of server facilities or computer systems and data storage systems which are conditioned by air regulator, recommended setting a temperature of 15⁰C to 25⁰C with a humidity of 55%, this is very important to maintain the life of server equipment to be more durable and durable.*

The PT XX Data Center / Server Room is located in Summitmas II Building located in Jakarta, with a geographical location is 6⁰ south latitude, the position of the building is northwest, and the room is 1132.23 ft² which is where the data center room is located in already conditioned the air. The purpose of this research is to obtain the maximum calculation results in preventing the cooling load that is less due to the addition of numbers and replace IT equipment in the PT XX data center room.

From the results of the calculation design and plot on psychometric diagrams, the peak load was 387,993.83 Btu / day or 113.71 kW at 16:00 WIB using PAC (Precision Air Conditioning) with Type GEA Denco T Range DX A model 73, as much as 3 units as the air conditioning engine.

Keywords : *Data Center, Cooling Load Analysis, Refrigeration Equipment*

1. PENDAHULUAN

Tata udara merupakan pengatur suhu udara pada ruangan sehingga mendapatkan temperatur udara yang sesuai dan mencapai suhu dibawah suhu lingkungan, kegunaan mesin pendingin selain untuk kenyamanan orang bekerja di dalam ruangan, di samping itu ada proses pendinginan yang digunakan untuk *data center*, pendinginan dalam bentuk *server* dan perangkat IT. *Data Center* merupakan tempat penyimpanan data-data perusahaan. Pendinginan yang tidak mencukupi akan mengurangi umur daenergiri peralatan IT tersebut. Pada sebuah *rack server* panas di produksi dari pemakaian energi listrik yang di konsumsi oleh peralatan IT. Sekitar 90% energi listrik yang digunakan untuk menyalakan peralatan IT akan dikonversikan menjadi panas. Jika panas ini tidak tersirkulasikan dengan benar maka akan menimbulkan kerusakan pada sistem kabinet *data center*.

Saat ini beban pendingin atau spesifikasi mesin pendingin yang ada di ruang *data center* PT XX yang berlokasi di Gedung Summitmas II, perlu dikaji ulang terhadap distribusi udara dingin dalam ruangan dikarenakan perkembangan yang terjadi pada perusahaan XX semakin meningkat baik adanya pengadaan jumlah dan *replace* peralatan IT untuk pembukaan dan pengembangan bisnis-bisnis baru dan oleh karena itu untuk mencegah terjadinya kekurangan beban pendingin, sehingga suhu ruangan *data center* tidak dapat tercapai maka perlu dilakukan analisis terhadap beban pendingin ruangan *data center* tersebut, sehingga dapat sesuai dengan keinginan.

Peralatan IT mempunyai ambang batas suhu maksimal perangkat yaitu tidak lebih dari 30⁰C dan suhu ruangan perangkat yang di isyaratkan yaitu sebesar 22⁰C dengan kelembaban relatif 35% ± 10%, sehingga perangkat IT dalam kondisi aman

dan dapat beroperasi selama 24 Jam. Oleh karena itu yang terjadi pada ruangan *data center* pada PT XX, jika dengan adanya pengadaan penambahan jumlah dan *replace* peralatan IT, tidak dilakukan analisis beban pendingin, dapat di khawatirkan merusak peralatan IT di kemudian hari dan dapat mencegah terjadinya kekurangan beban pendingin, dan mendapatkan spesifikasi rancangan mesin pendingin yang sesuai.

Penelitian ini bertujuan untuk dapat memper oleh hasil hitungan yang maksimal dengan standar beban pendingin yang di pakai, apakah masih men cukupi atau tidak dalam mencegah beban pen dingin yang kurang dan dapat dilakukan peren- canaan ulang perancangan ulang untuk mendapat- kan spesifikasi alat yang sesuai pada sistem pen- dingin dengan beban pendingin yang sesuai dengan perancangan.

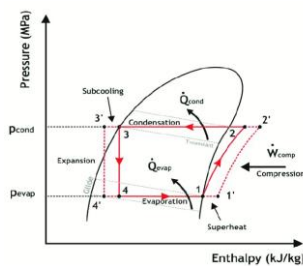
2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengondisian udara ini diperlukan untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pen- distribusiannya sehingga udara dalam ruangan atau gedung dapat terjaga kualitasnya dan mencapai kondisi nyaman bagi orang yang berada diruangan tersebut.

Komponen-komponen utama sistem pendingin biasanya terdiri dari sebagai berikut :

1. Kompresor
2. Kondensor
3. Alat ekspansi (pipa kapiler)
4. Evaporator

Keempat komponen di atas merupakan kom- ponen Mesin Refrigerasi Kompresi Uap, adapun siklus kerja mesin refrigerasi kompresi uap seperti digambarkan pada skematik dan diagram P-h pada gambar 1.



Gambar 1. P-H diagram

Di dalam siklus kompresi uap standar ini, refrigeran mengalami empat proses yaitu :

1. Proses 1-2 : *refrigeran* meninggalkan *eva- porator* dalam wujud uap jenuh dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian dikompresikan dengan tekanan yang tinggi (tekanan kondensor). Proses kompresi ini ber langsung secara isentropic (adiabatik reversibel).
2. Proses 2-3 : setelah mengalami proses kompresi, *refrigeran* berada dalam fase panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi

dan masuk bagian kondesor, refrigeran akan membuang panas ke lingkungan sehingga temperatur turun dan menjadi cair.

3. Proses 3-4 : *refrigeran* dalam wujud cair jenuh bertekanan tinggi mengalir melalui katub ekspansi dan terjadi proses ekspansi dimana tekanan *refrigeran* akan diturunkan melalui proses tersebut dan kemudian masuk ke dalam evaporator.
4. Proses 4-1 : *refrigeran* yang keluar dari ekspansi mempunyai temperatur yang rendah. *Refrigeran* tersebut akan masuk ke *evaporator* untuk menyerap kalor dari ruangan yang akan didinginkan. Proses penyerapan kalor menye- babkan temperatur *refrigeran* naik dan berubah menjadi uap. Selanjutnya *refrigeran* berfasa uap akan masuk kembali ke kompresor.

2.1 Perhitungan Beban Pendingin

Dalam analisis beban pendingin *data center / server* PT XX, adapun tahapan untuk perhitungan *cooling load* yaitu dengan menghitung beban eksternal dan internal.

2.2 Beban Eksternal

Beban Eksternal ini adalah beban yang berasal dari luar ruangan yang dikondisikan atau yang ber hubungan langsung dengan lingkungan yang terdiri dari beban dinding, beban atap, beban kaca, beban pintu, dan beban lantai.

a) Beban Konduksi

Beban konduksi yang terdiri dari atap, dinding partisi, lantai, pintu dan kaca dapat dinyatakan dengan hubungan :

$$q = U \times A \times \Delta T \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- q = Beban pendinginan dinding secara konduksi, (Btu/hr)
- U = Koefisien perpindahan kalor untuk dinding, (Btu/hr.ft².°F)
- A = Luas permukaan dinding, (ft²)
- ΔT = (T_o-T_r) = Perbedaan temperatur antara perancangan (T_r) dengan ruang bersebelahan (T_o), (°F)

b) Beban Radiasi Kaca

Beban pendinginan akibat radiasi melalui kaca dapat di selesaikan dengan persamaan :

$$q = A \times SC \times SHGF_{max} \times CLF \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- q = Beban pendingin kaca melalui radiasi, (Btu/hr)
- A = Luas permukaan kaca, (ft²)
- SC = *Shading Coefficient* untuk tipe-tipe kaca (*Table 3.18 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979*)

SHGF = *Solar Heat Gain Factor (Table 3.25 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979)*

CLF = *Cooling Load Factor (Table 3.27 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual)*

2.3 Beban Internal

Beban Internal adalah beban pendinginan yang berasal dari dalam ruangan *data center* yang di kondisikan atau yang tidak berhubungan langsung dengan lingkungan. Beban internal terdiri dari beban penghuni (manusia), beban penerangan (lampu), dan beban peralatan.

a) Beban Penghuni (manusia)

Untuk mengetahui beban penghuni kita dapat menggunakan persamaan :

$$qs = n \times \text{Sens. HG} \times \text{CLF} \dots\dots\dots (3)$$

$$ql = n \times \text{Lat. HG} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

qs = Beban sensible, (Btu/hr)

ql = Beban latent, (Btu/hr)

n = Jumlah orang

Sens.HG = *Sensibel Heat Gain (Table 4.5 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979).*

Lat. HG = *Laten Heat Gain (Table 4.5 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979).*

CLF = *Cooling Load Factor (Table 4.6 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual 1979).*

b) Beban Penerangan (lampu)

Besarnya beban lampu dapat di hitung sesuai dengan pemakaian pada ruangan *server* tersebut adalah :

$$q = 3 \times qi \times Fu \times Fs \times CLF \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

q = Beban pendingin penerangan, (Btu/hr).

qi = Daya input total lampu, (Btu/hr).

Fu = Faktor dari lampu yang menyala, (Fu = 1 karena seluruh lampu menyala).

Fs = *Ballast factor, (Table 4.1 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual).*

CLF = *Cooling Load Factor (Table 4.2-4.4 ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual).*

c) Beban Peralatan

Peralatan yang dapat menjadi beban pada ruangan *data center* / *server* antara lain adalah perangkat *server* itu sendiri, *router*, *switch*, *UPS*,

IT Transformer, komputer dan perangkat lainnya, peralatan ini akan memberikan beban pendinginan sensibel. Besar beban peralatan sebanding dengan konsumsi daya masing-masing alat. Menurut Bufford (2009) disipasi kalor yang dihasilkan per alat *server* dapat dikatakan sama dengan besarnya daya masukan. Hal yang sama dikatakan oleh Cullen dan Evans (2004), di mana dinyatakan bahwa lebih dari 99% energi yang masuk ke peralatan *server* dikonversikan menjadi panas. Dengan demikian untuk mengetahui besarnya beban per alat *server*, perlu diketahui lebih dahulu spesifikasi peralatan.

d) Beban Infiltrasi

Beban infiltrasi adalah beban yang disebabkan oleh masukan udara luar ke dalam ruangan tanpa di sengaja melalui celah-celah atau bukaan-bukaan yang ada pada dinding, jendela, pintu dan lain-lain. Besarnya beban kalor dalam satuan watt akibat infiltrasi udara luar ke dalam ruangan dapat di hitung dengan :

$$qsensible = 1 \times CFM \times \Delta T \dots\dots\dots (6)$$

$$qlaten = 4840 \times CFM \times \Delta W \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

qs = Laju perpindahan kalor sensibel udara infiltrasi, (Btu/hr)

ql = Laju perpindahan kalor laten udara infiltrasi, (Btu/hr)

ΔT = Perbedaan temperatur udara luar dan temperatur rancangan, (°F)

ΔW = Perbedaan rasio kelembaban antara udara luar dan udara dalam ruangan.

$$CFM = ACH \times \text{Volume (ft}^3) / 60$$

CFM = *Air Conditioning Principles and Systems*, Edward G. Pita, hal 156

e) Beban Ventilasi

Beban ventilasi adalah beban yang disebabkan oleh masuknya udara luar ke dalam ruangan dengan di sengaja untuk mempertahankan kesegaran udara ruangan dan menjaga ruangan tak berbau. Debit udara ventilasi akan sebanding dengan jumlah penghuni yang ada di dalamnya dan jenis kegiatan yang dilakukan oleh penghuni. Besarnya beban kalor dalam satuan watt akibat ventilasi udara luar ke dalam ruangan dapat di hitung dengan :

$$qsensible = 1, 1 \times Q \times \Delta T \dots\dots\dots (8)$$

$$qlaten = 4840 \times Q \times \Delta W \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

qs = Laju perpindahan kalor sensibel udara ventilasi, (Btu/hr)

ql = Laju perpindahan kalor laten udara ventilasi, (Btu/hr)

Q = Volume aliran udara, (CFM)

- ΔT = Perbedaan temperatur udara luar dan temperatur rancangan, ($^{\circ}F$)
- ΔW = Perbedaan rasio kelembaban antara udara luar dan udara dalam ruangan

2.4 Beban Pendinginan Total

Beban pendinginan total merupakan penjumlahan dari beban sensibel dan beban laten yang terdiri dari beban eksternal, beban internal, dan beban ventilasi serta infiltrasi.

a) **Beban Sensibel Total Ruang** adalah beban total ruangan yang terdiri atas beban kalor sensibel ruangan (RSHG) dan beban laten ruangan (RLHG) yang masing-masing diperoleh dari penjumlahan total beban internal dan beban eksternal. Beban *sensibel* ruangan terdiri dari :

$$RSHG = \text{Kalor dinding} + \text{kalor atap} + \text{kalor kaca} + \text{kalor lantai} + \text{kalor sensibel penghuni} + \text{kalor penerangan} + \text{kalor sensibel peralatan} \dots\dots\dots (10)$$

b) **Beban Laten Total Ruang**

Beban laten ruangan terdiri dari :

$$RLHG = \text{Kalor laten orang} + \text{kalor laten peralatan} \dots\dots\dots (11)$$

3. METODOLOGI

Untuk mengetahui besarnya beban pendingin ruangan *data center/server* di PT XX yang berlokasi di gedung Summitmas II, Jakarta Selatan, langkah yang perlu dilakukan adalah :

- Menentukan kondisi rancangan ruangan
- Menentukan letak geografis bangunan
- Menentukan temperatur rata-rata lingkungan
- Mendata luas bangunan, dinding, lantai, kaca, atap dan pintu
- Menentukan nilai U untuk material yang digunakan pada dinding, lantai, atap, kaca dan pintu.
- Mendata jenis dan jumlah peralatan yang ada di dalam ruangan data center / server.
- Menghitung beban pendinginan ruangan berdasarkan data peralatan dan data bangunan, dan hasil pengukuran temperatur.

Kondisi rancangan ruangan yang di pilih untuk ruangan *data center/server* PT XX adalah temperatur $22^{\circ}C / 71,6^{\circ}F$ dan kelembaban relatif 40%, selanjutnya letak geografis gedung PT XX adalah 6° Lintang Selatan, posisi gedung arah Barat laut dan temperatur $34^{\circ}C$ dan kelembaban 55%. Setelah rancangan kondisi ruangan dan rancangan kondisi lingkungan di peroleh, selanjutnya dilakukan penataan kondisi bangunan yang mencakup arah, orientasi bahan dinding, lantai, atap, luas dinding, luas atap, luas jendela kaca dan lain-lain. Setelah itu, barulah beban pendinginan dapat ditentukan. Beban peralatan dapat di hitung jika data peralatan

yang ada di dalam ruangan *data center / server* di ketahui, selanjutnya beban peralatan diasumsikan sama dengan daya input peralatan.

Beban konduksi melalui atap, dinding partisi, lantai, pintu dan kaca di hitung dengan menggunakan persamaan 1. Beban radiasi matahari yang masuk melalui kaca di hitung dengan menggunakan persamaan 2. Beban Infiltrasi yang masuk dari celah di hitung dengan persamaan 6 dan 7. Sementara beban ventilasi dapat di hitung dengan persamaan 8 dan 9. Kemudian total beban *sensibel* dan laten dapat di hitung dengan persamaan 10 dan 11. Beban udara luar sensibel dan laten di hitung dengan persamaan 12 dan 13.

Perhitungan beban pendinginan dilakukan pada periode jam 14.00, 15.00 dan 16.00. Pertimbangannya, beban puncak diperkirakan akan terjadi di dalam periode tersebut akibat pengaruh beban eksternal. Setelah keseluruhan beban di hitung, selanjutnya beban-beban tersebut di susun dalam satu format yang memisahkan antara beban internal dan eksternal, antara beban *sensibel* dan *laten*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban pendinginan pada ruangan *data center / server* PT XX di hitung dengan terlebih dahulu mengelompokkannya dalam jenis beban internal dan beban eksternal.

4.1 Beban Eksternal

Beban Eksternal terdiri atas beban konduksi dinding, lantai, atap, kaca, infiltrasi dan ventilasi.

a) **Beban Dinding**

Untuk menghitung beban dinding diperlukan data koefisien perpindahan kalor dinding (U), luas permukaan dinding dan nilai dari (ΔT) perbedaan temperatur dikarenakan suhu ruangan sudah terkon disikan (berada di dalam gedung), adapun hasil hitungannya tersaji pada tabel 1 s/d 3.

Tabel 1. Tabel beban dinding partisi

Jam 14.00									
No	Dinding Partisi Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _s (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)
1	Barat	37	18	0.29	419.362	76.82	72.86	3.96	481.595
	Timur	37	18	0.29	511.457	76.82	72.86	3.96	587.357
	Selatan	37	18	0.29	186.259	76.82	72.86	3.96	213.9
	Utara	37	18	0.29	315.856	76.82	72.86	3.96	362.729
TOTAL									1645.58

Tabel 2. Tabel beban dinding partisi

Jam 15.00									
No	Dinding Partisi Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _s (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)
1	Barat	39	18.6	0.29	419.362	77	72.86	4.14	503.486
	Timur	39	18.6	0.29	511.457	77	72.86	4.14	614.055
	Selatan	39	18.6	0.29	186.259	77	72.86	4.14	223.623
	Utara	39	18.6	0.29	315.856	77	72.86	4.14	379.217
TOTAL									1720.38

Tabel 3. Tabel beban dinding partisi

Jam 16.00										
No	Dinding Partisi Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Barat	37	17	0.29	419.362	77.36	71.6	5.76	700.502	
	Timur	37	17	0.29	511.457	77.36	71.6	5.76	854.338	
	Selatan	37	17	0.29	186.259	77.36	71.6	5.76	311.127	
	Utara	37	17	0.29	315.856	77.36	71.6	5.76	527.606	
TOTAL										2393.57

Dari hasil tabel di atas bahwa untuk beban tertinggi pada dinding partisi yaitu pada pukul 16.00 WIB dengan nilai **2.393,57 (Btu/hr)**.

b) Beban Atap

Untuk menghitung beban *sensibel* atap dapat di peroleh dengan menghitung jumlah luas atap dengan nilai koefisien perpindahan kalor atap dan perbedaan temperatur dikarenakan posisi ruangan *data center* berada di dalam gedung dan tidak ter kena langsung sinar matahari. Adapun hasil perhitungannya disajikan pada tabel 4 s/d 6.

Tabel 4. Tabel beban atap

Jam 14.00										
No	Atap Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Area 1	39.3	18	0.15	591.423	77.9	72.86	5.04	447.116	
	Area 2	39.3	18	0.15	126.626	77.9	72.86	5.04	95.7293	
	Area 3	39.3	18	0.15	414.184	77.9	72.86	5.04	313.123	
TOTAL										855.968

Tabel 5. Tabel beban atap

Jam 15.00										
No	Atap Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Area 1	40	18.6	0.15	591.423	78.8	72.86	5.94	526.958	
	Area 2	40	18.6	0.15	126.626	78.8	72.86	5.94	112.824	
	Area 3	40	18.6	0.15	414.184	78.8	72.86	5.94	369.038	
TOTAL										1008.82

Tabel 6. Tabel beban atap

Jam 16.00										
No	Atap Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Area 1	39.8	17	0.15	591.423	79.7	71.6	8.1	718.579	
	Area 2	39.8	17	0.15	126.626	79.7	71.6	8.1	153.851	
	Area 3	39.8	17	0.15	414.184	79.7	71.6	8.1	503.234	
TOTAL										1375.66

Dari hasil tabel di atas bahwa untuk beban tertinggi pada atap yaitu pada pukul 16.00 WIB dengan nilai **1.375,66 (Btu/hr)**.

c) Beban Lantai

Untuk menghitung beban *sensibel* lantai dapat di peroleh dengan menghitung jumlah luas lantai dengan nilai koefisien perpindahan kalor lantai dan perbedaan temperatur ruangan *data center*. Adapun hasil perhitungan beban lantai disajikan pada tabel 7 s/d 9.

Tabel 7. Tabel beban lantai

Jam 14.00										
No	Lantai Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Area 1	37	18	0.25	591.423	76.82	72.86	3.96	585.509	
	Area 2	37	18	0.25	126.626	76.82	72.86	3.96	125.36	
	Area 3	37	18	0.25	414.184	76.82	72.86	3.96	410.042	
TOTAL										1120.91

Tabel 8. Tabel beban lantai

Jam 15.00										
No	Lantai Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Area 1	39	18.6	0.25	591.423	77	72.86	4.14	612.123	
	Area 2	39	18.6	0.25	126.626	77	72.86	4.14	131.058	
	Area 3	39	18.6	0.25	414.184	77	72.86	4.14	428.68	
TOTAL										1171.86

Tabel 9. Tabel beban lantai

Jam 16.00										
No	Lantai Orientasi	RH (%)	RH Server (%)	U (Btu/Hr.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _o (°F)	T _i (°F)	ΔT	Q (Btu/Hr)	
1	Area 1	37	17	0.25	591.423	77.36	71.6	5.76	851.649	
	Area 2	37	17	0.25	126.626	77.36	71.6	5.76	182.341	
	Area 3	37	17	0.25	414.184	77.36	71.6	5.76	596.425	
TOTAL										1630.42

Dari hasil tabel di atas bahwa untuk beban tertinggi pada lantai yaitu pada pukul 16.00 WIB dengan nilai **1.630,42 (Btu/hr)**.

d) Beban Pintu

Untuk menghitung beban pintu, adapun per samaan yang di pakai adalah :

$$q_{\text{pintu}} = U_p \times A_p \times \Delta T_p$$

Dimana :

$U_1 = 0,42 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{°F}$ (ASHRAE tabel 3.6 hal 3.14)

$A_1 = 8,3 \text{ Ft}^2$ (Luas lantai ruangan data center)

$\Delta T_1 = 3,96 \text{ °F}$ (Pukul 14.00)

$= 4,14 \text{ °F}$ (Pukul 15.00)

$= 5,76 \text{ °F}$ (Pukul 16.00)

$$q_{\text{pintu}} = 0,42 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{°F} \times 8,3 \text{ Ft}^2 \times 3,96 \text{ °F} = 13,80 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{\text{pintu}} = 0,42 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{°F} \times 8,3 \text{ Ft}^2 \times 4,14 \text{ °F} = 14,43 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{\text{pintu}} = 0,42 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot \text{°F} \times 8,3 \text{ Ft}^2 \times 5,76 \text{ °F} = 20,07 \text{ (Btu/hr)}$$

Dari perhitungan tersebut nilai tertinggi untuk beban pintu adalah pada pukul 16.00 WIB yaitu : **20,07 (Btu/hr)**.

e) Beban Konduksi Kaca

Untuk perhitungan beban konduksi kaca ruangan *data center / server* tidak menggunakan CLTD dikarenakan suhu temperatur telah dikondisikan, adapun menggunakan persamaan rumus di bawah ini :

$$q_{\text{kaca}} = U_k \times A_k \times \Delta T_k$$

Dimana :

$$U_1 = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \text{ (ASHRAE tabel 3.14a hal 3.24)}$$

$$A_1 = 93 \text{ Ft}^2 \text{ (Luas kaca ruangan data center)}$$

$$\Delta T_1 = 3,96 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (Pukul 14.00)}$$

$$= 4,14 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (Pukul 15.00)}$$

$$= 5,76 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (Pukul 16.00)}$$

$$q_{\text{kaca}} = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \times 93 \text{ Ft}^2 \times 3,96 \text{ } ^\circ\text{F} = 383,01 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{\text{kaca}} = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \times 93 \text{ Ft}^2 \times 4,14 \text{ } ^\circ\text{F} = 400,42 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{\text{kaca}} = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \times 93 \text{ Ft}^2 \times 5,76 \text{ } ^\circ\text{F} = 557,11 \text{ (Btu/hr)}$$

Dari perhitungan tersebut nilai tertinggi untuk beban kaca adalah pada pukul 16.00 WIB yaitu : **557,11 (Btu/hr)**.

f) Beban Radiasi Kaca

Untuk mengetahui beban radiasi kaca kita dapat menggunakan persamaan rumus (2) :

$$q = A \times SC \times SHGF_{max} \times CLF$$

Dimana :

$$A = 93 \text{ Ft}^2 \text{ (Luas kaca sisi barat ruangan data center)}$$

$$SC = 0,95 \text{ (ASHRAE tabel 3.18 hal 3.31 single glass + clear)}$$

$$SHGF = \text{ASHRAE tabel 3.25 hal 3.35 latitude } 8^0 \text{ bulan Mei}$$

- Utara = 74
- Timur = 209
- Selatan = 38
- Barat = 198

$$CLF = \text{ASHRAE tabel 3.27 hal 3.38 without interior shading jam 16.00.}$$

- Utara = 0,74
- Timur = 0,26
- Selatan = 0,47
- Barat = 0,50

Maka beban radiasi melalui kaca sebelah barat pada ruangan *data center / server* sebesar :

$$q = 93 \text{ Ft}^2 \times 0,95 \times 198 \times 0,50 = \mathbf{8.746,65 \text{ (Btu/hr)}}$$

4.2 Beban Internal

Beban internal terdiri dari beban penghuni (manusia), beban penerangan (lampu), dan beban peralatan. Berikut merupakan perhitungannya :

a) Beban Penghuni (Manusia)

Untuk mengetahui beban penghuni kita dapat menggunakan persamaan rumus (3) dan (4) :

$$qs = n \times Sens. HG \times CLF$$

$$ql = n \times Lat. HG$$

Dimana :

$$n = 5 \text{ (jumlah orang pada ruangan data center)}$$

$$Sens.HG = 255 \text{ (ASHRAE tabel 4.5 hal 4.5 – seated, light work, typing)}$$

$$Lat.HG = 255 \text{ (ASHRAE tabel 4.5 hal 4.5 – seated, light work, typing)}$$

$$CLF = 0,12 \text{ (ASHRAE tabel 4.6 hal 4.6 – total 8 jam pada jam 16.00)}$$

Maka beban penghuni pada ruangan *data center/server* sebesar :

$$Q_{\text{sensible}} = 5 \times 255 \times 0,12 = 153 \text{ (Btu/hr)}$$

$$Q_{\text{latent}} = 5 \times 255 = 1.275 \text{ (Btu/hr)}$$

Sehingga kalor total manusia = kalor sensibel manusia + kalor laten manusia.

$$\text{Kalor total manusia} = 153 \text{ (Btu/hr)} + 1.275 \text{ (Btu/hr)} = \mathbf{1.428 \text{ (Btu/hr)}}$$

b) Beban Penerangan (Lampu)

Jenis lampu yang digunakan pada ruangan *data center/server* jenis lampu disajikan dalam tabel 10.

Tabel 10. Tabel jenis lampu

Ruangan Server	Jenis Lampu	Jumlah Lampu	Daya Lampu (Watt)	Jumlah Daya (Watt)
Lampu Kamp Reflektor TL LED Toshiba	Neon	88	36	3168

Untuk mengetahui beban penerangan (lampu) kita dapat menggunakan persamaan rumus (5) :

$$q = 3,41 \times qi \times Fu \times Fs \times CLF$$

Dimana :

$$qi = 3168 \text{ Watt} = 10809,664 \text{ (Btu/hr)} \text{ (total daya input penerangan pada ruangan data center / server pada tabel 3.12)}$$

$$Fu = 1 \text{ (kondisi lampu menyala)}$$

$$Fs = 1,2 \text{ (ASHRAE tabel 4.1 hal 4.1 – 2 lampu per fitting 36 Watt)}$$

$$CLF = 0,92 \text{ (ASHRAE tabel 4.2 - 4.4 – untuk kerja selama 16 jam)}$$

Maka beban penerangan (lampu) pada ruangan *data center /server* sebesar :

$$q_{\text{lampu}} = 3,41 \times 1.0809,664 \text{ (Btu/hr)} \times 1 \times 1,2 \times 0,92 = \mathbf{3.7472 \text{ (Btu/hr)}}$$

c) Beban Peralatan

Jenis peralatan yang ada di ruangan *data center/server* disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Tabel beban peralatan IT (existing)

No	Jenis peralatan	Jumlah	Daya Input	Total Daya
			(Watt)	(Watt)
Rack 1 (4 Unit)				
1	Power Edge R610	1	1434	1434
2	Hp DL580 G5	4	5648	22592
3	Hp DL380 G6	7	1006	7042
4	Hp DL380 G9	1	1600	1600
5	Sun Switch DCX 8510-4	3	5073	15219
6	IBM Blade Center	1	9600	9600
Rack 2 (6 Unit)				
7	DS 4246 NettApp	2	1160	2320
8	DS 4243 NettApp	15	1160	17400
9	DS 2246 NettApp	1	1500	1500
Rack 3 (3 Unit)				
10	Hp DL380 Gen 9	4	1600	6400
11	Hp DL580 Gen 9	4	5280	21120
12	Core Switch	1		
13	Hp Swiith Lan	2	165	330

14	Switch 3 Com 4210	2	1100	2200
Rack 4 (4 Unit)				
15	Hp DL580 Gen 9	6	1400	8400
16	IBM X3850 X5	6	3950	23700
17	DS 2246 NettApp	8	1500	12000
18	FAS 6040	1	2128	2128
19	DS 4246 NettApp	2	1160	2320
Rack Cable				
20	Hp Swiath Lan	9	165	1485
21	Hp Swiath Lan / Sisco	18	1760	31680
22	Monitor Dell	4	12	48
UPS				
23	MASTERYS MC 80 KVA SOCOMEC	6	7200	43200
24	IT Transformer 5 KVA	6	4000	24000
TOTAL DAYA (Watt)			257718	

Dan berikut jenis peralatan IT yang akan di replace dan di tambah pada ruangan data center/ server PT XX, disajikan dalam tabel 12.

Tabel 12. Tabel beban penambahan peralatan IT

No	Jenis peralatan	Jumlah	Daya Input	Total Daya
			(Watt)	(Watt)
Rack 5 (3 Unit)				
1	Overland	2	330	660
2	Lenovo System X3850 X5	4	3950	15800
3	IBM Blade Center	2	9600	19200
4	Sun Switch DCX 8510-4	4	5073	20292
Rack 6 (4 Unit)				
5	Hp DL380 G9	3	1600	4800
6	Hp DL580 Gen 9	6	5280	31680
7	DS 4246 NettApp	2	1160	2320
8	DS 2246 NettApp	4	1500	6000
9	Hp Swiath Lan / Sisco	15	1760	26400
UPS				
10	MASTERYS MC 80 KVA SOCOMEC	1	7200	7200
TOTAL DAYA (Watt)			134352	

Untuk mengetahui total beban kalor *sensible* dan *laten* peralatan tersebut dapat menggunakan persamaan rumus :

$$q_s = C_s \times q_r \times CLF$$

$$q_l = C_l \times q_r$$

Dimana :

q_r = Total daya input peralatan

$C_s = 0,33$ (ASHRAE tabel 4.7 hal 4.6)

$C_l = 0,17$ (ASHRAE tabel 4.7 hal 4.6)

$CLF = 0,18$ (ASHRAE tabel 4.10 hal 4.9- total operasional 18 jam, dan setelah on 24 jam)

- Beban peralatan IT Existing pada tabel 10 adalah :

$$q_{sensible} = 0,33 \times 879.370,317 \text{ (Btu/hr)} \times 0,18 = 52.234,59 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{laten} = 0,17 \times 879.370,317 \text{ (Btu/hr)} = 149.492,95 \text{ (Btu/hr)}$$

- Beban penambahan peralatan IT pada tabel 11 adalah :

$$q_{sensible} = 0,33 \times 458.428,052 \text{ (Btu/hr)} \times 0,18 = 27.230,62 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{laten} = 0,17 \times 458.428,052 \text{ (Btu/hr)} = 77.932,76 \text{ (Btu/hr)}$$

Sehingga total beban sensibel dan laten dari peralatan IT adalah :

$$q_{sensible} = 52.234,59 + 27.230,62 \text{ (Btu/hr)} = 79.465,21 \text{ (Btu/hr)}$$

$$q_{laten} = 149.492,95 + 77.932,76 = 227.425,71 \text{ (Btu/hr)}$$

d) Beban Kalor Infiltrasi

Untuk menghitung beban kalor infiltrasi dapat menggunakan persamaan rumus (6) dan (7), adapun hasil perhitungan beban kalor infiltrasi disajikan pada tabel 13.

Tabel 13. Tabel beban kalor infiltrasi

Pukul	ACH	Volume Ft ³	Sensible			Q _{sensible} Btu/hr	Laten			Q _{laten} Btu/hr
			CFM	1.1	ΔT °F		CFM	4840	ΔW °F	
14.00	0.48	10393.87	83.15	1.1	3.96	362.2014	83.15	4840	0.012	4829.352
15.00	0.48	10393.87	83.15	1.1	4.14	378.6651	83.15	4840	0.016	6439.136
16.00	0.48	10393.87	83.15	1.1	5.76	526.8384	83.15	4840	0.018	7244.028

e) Beban Kalor Ventilasi

Untuk menghitung beban kalor ventilasi dapat menggunakan persamaan rumus (8) dan (9), adapun hasil perhitungan beban kalor infiltrasi disajikan pada tabel 14.

Tabel 14. Tabel beban kalor ventilasi

Pukul	CFM	Luas Lantai Ft ²	Sensible			Q _{sensible} Btu/hr	Laten			Q _{laten} Btu/hr
			Q	1.1	ΔT °F		Q	4840	ΔW °F	
14.00	2.33	1132.23	13.2	1.1	3.96	57.4992	13.2	4840	0.012	766.656
15.00	2.33	1132.23	13.2	1.1	4.14	60.1128	13.2	4840	0.016	1022.208
16.00	2.33	1132.23	13.2	1.1	5.76	83.6352	13.2	4840	0.018	1149.984

4.4 Total Beban Pendingin

Setelah seluruh komponen beban di hitung, beban total dapat ditentukan dengan menjumlahkan seluruh komponen beban menurut jenisnya. Hasil perhitungan beban dapat dilihat pada tabel 15.

Tabel 15. Tabel Total Beban Pendingin

PANAS SENSIBLE	TOTAL Btu /hr		
	14.00	15.00	16.00
	Beban Konduksi melalui Dinding Partisi	1645.58	1720.38
Beban Konduksi melalui Atap	855.97	1008.82	1375.66
Beban Konduksi melalui Lantai	1120.91	1171.86	1630.42
Beban Konduksi melalui Pintu	13.8	14.43	20.07
Beban Konduksi melalui Kaca	383.01	400.42	557.11
Beban Radiasi melalui Kaca	8746.65	8746.65	8746.65
PANAS SENSIBLE	TOTAL Btu /hr		
Beban Penghuni	153	153	153
Beban Penerangan (Lampu)	37472	37472	37472
Beban Peralatan	79465,21	79465,21	79465,21
Beban Infiltrasi	362,20	378,67	526,84
Beban Ventilasi	57,50	60,11	83,64
Total Sensibel Heat	130275.83	130591.55	132424.17
PANAS LATEN	TOTAL Btu /hr		
Beban Penghuni	1275	1275	1275
Beban Peralatan	227425,71	227425,71	227425,71
Beban Infiltrasi	4829,35	6439,14	7244,03
Beban Ventilasi	766,66	1022,21	1149,98
Total Laten Heat	234296,72	236162,05	237094,72
Total (Sensibel + Laten)	364572,55	366753,60	369518,89
Safety Factor 5%	18228,63	18337,68	18475,94
Total Heat	382801,18	385091,28	387994,83

4.5 Room Total Heat Gain

Room Total Heat Gain yang didapatkan terdiri atas seluruh beban kalor sensibel ruangan (RSHG) dan beban laten ruangan (RLHG) baik yang berasal dari beban eksternal maupun Internal disajikan pada tabel 16.

Tabel 16. Tabel RTHG

Pukul	RSHG (Btu/hr)	RLHG (Btu/hr)	RTHG (Btu/hr)
14.00	129856.13	228700.71	358556.84
15.00	130152.77	228700.71	358853.48
16.00	131813.69	228700.71	360514.40

4.6 Outside Air Total Heat Gain

Outside air total heat gain diperoleh dari penjumlahan beban sensibel ventilasi dan beban laten ventilasi. Berikut adalah tabel hasil penjumlahan beban sensibel ventilasi dan beban laten ventilasi di dalam ruangan disajikan pada tabel 17.

Tabel 17. Tabel OATH

Pukul	OASH (Btu/hr)	OALH (Btu/hr)	OATH (Btu/hr)
14.00	419.70	5596.01	6015.71
15.00	438.78	7461.34	7900.12
16.00	610.47	8394.01	9004.49

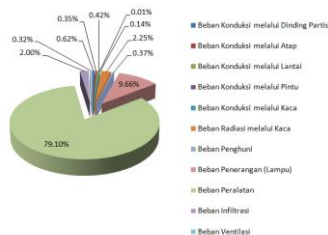
4.7 Grand Total Heat Gain

Grand total heat gain diperoleh dari penjumlahan room total heat gain dan outside air total heat. Dari Carrier Handbook of Air Conditioning System Design, ditentukan bahwa suatu faktor keamanan ditambahkan pada total heat. Faktor keamanan ini sebagai suatu faktor dari kemungkinan terjadinya kesalahan dalam survey atau perancangan. Harga safety factor sekitar 5% ditambahkan pada GTH disajikan pada tabel 18.

Tabel 18. Tabel GTH

Pukul	TSH (Btu/hr)	TLH (Btu/hr)	GTH (Btu/hr)	GTH + SF (Btu/hr)	GTH + SF (kWatt)
14.00	358556.84	6015.71	364572.55	382801.18	112.187
15.00	358853.48	7900.12	366753.60	385091.28	112.859
16.00	360514.40	9004.49	369518.89	387994.83	113.710

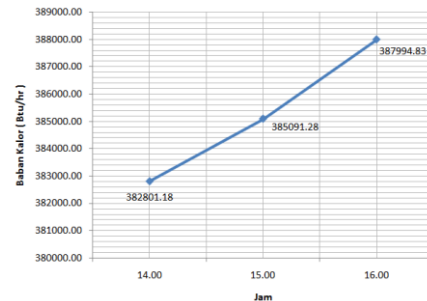
Besarnya beban pendingin ruangan data center/server PT XX dari hasil penelitian yaitu pada pukul 16.00 WIB yaitu sebesar **387.994,83 (Btu/hr)** atau setara **113,71 KW**.



Gambar 2. Komposisi Beban Pendingin Ruang Data Center PT XX

Di lihat dari komposisi beban pendingin diatas, mengapa beban peralatan IT jauh lebih besar di bandingkan dengan beban yang lainnya?, dikarenakan adalah :

1. Banyaknya peralatan IT yang di pakai menjadi besarnya beban peralatan yang sebanding dengan konsumsi daya masing-masing alat perangkat IT.
2. Sebesar 99% energi yang masuk ke peralatan IT dikonversikan menjadi panas.



Gambar 3. Dinamika beban pendinginan ruangan data center / server dari jam 14.00 s/d 16.00

Di lihat pada grafik di atas bahwa beban yang terbesar adalah beban sensible 360514.40 Btu/hr, dan beban laten 9004.49 Btu/hr dengan jumlah total beban pendingin 369518.89 Btu/hr + 5% Safety Factor (SF) = 387.994.83 Btu/hr pada pukul 16.00 WIB.

Mengapa beban yang tertinggi terjadi pada pukul 16.00 WIB, hal ini disebabkan karena beban maksimum atau puncak terjadi pada pukul 16.00 WIB, dimana pemakaian yang maksimum perangkat server untuk pengiriman data.

Dan jika di tinjau dari kerapatan beban, ruang data center / server memiliki kerapatan beban sebesar **387.994,83 (Btu/hr)** dibagi dengan luas bangunan 1132, 23 ft², hasilnya kerapatan beban pendinginan ruangan data center PT XX adalah 342,68 (Btu/hr) per ft².

Perbandingan Unit Pendingin

Perbandingan unit pendingin yang di pakai oleh ruangan data center PT XX dengan hasil perhitungan beban pendingin dapat di lihat pada tabel 19.

Tabel 19. Tabel Perbandingan Unit Pendingin

Spesification Unit Pendingin	Unit pendingin yang telah di pakai	Unit Pendingin hasil rancangan
Merk & Type	Citec Genesis Model GD 40	GEA Denco T Range DX A Model 73
Total Capacity	45.54 KW	78.4 KW
Number. Of Compressor	2	2
Type Compressor	Copeland Scroll type ZR94KC-TFD	Copeland Scroll type ZR160KC-TFD
Capacity Compressor	159000 btu/hr	260000 btu/hr
Jumlah Mesin Pendingin	3 Unit	2 Unit
Total Capacity Mesin Pendingin	136,65 KW	156,8 KW
	477000 btu/hr	520000 btu/hr

Di lihat pada tabel di atas bahwa hasil rancangan, mengapa di pilih mesin pendingin dengan total *capacity* lebih besar dibandingkan dengan mesin pendingin yang telah di pakai dan jumlah unit pendingin hanya 2 unit yang di pakai, dengan kelebihan dan kekurangannya adalah :

1. Dengan penambahan *rack* untuk perangkat IT yang baru kondisi *space* ruangan *data center / server* sudah tidak mencukupi jika ke depan akan ada penambahan kembali perangkat IT terkait berkembangnya bisnis perusahaan, dengan pemilihan 2 unit pendingin dapat menghemat tata letak ruangan *data center / server*.
2. Untuk keamanan jika terjadi peningkatan beban pendingin dua kali lipat dari perangkat *server*.
3. Teknologi mesin pendingin lebih canggih, *freon* lebih ramah lingkungan, dengan beban pendingin yang besar, peralatan IT lebih dapat terjaga dan aman.
4. Biaya *maintenance unit* pendingin lebih murah.
5. Biaya *invest* awal pembelian unit pendingin lebih mahal, tetapi jika terjadinya kerusakan pada perangkat IT biaya yang dikeluarkan akan lebih mahal serta begitu pentingnya data-data perusahaan yang terdapat pada perangkat IT sehingga harga unit pendingin yang mahal tidak sebanding dengan pentingnya perangkat IT.

Dan hasil rancangan tersebut dapat dijadikan acuan kedepan jika terjadi pengembangan perangkat IT. Kemudian dari data unit pendingin yang telah di pakai dengan total beban sebesar 136,65 KW dengan 3 unit PAC adalah masih dapat mencukupi dengan adanya penambahan perangkat IT dengan total beban sebesar 113,71 KW.

5. SIMPULAN

Dari analisis dan perhitungan yang telah di lakukan pada Ruang *Data Center* PT XX, maka simpulannya adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan beban pendingin yang telah dilakukan, di peroleh hasil beban pendinginan total ruangan *data center/server* PT XX sebesar **387.994,83 (Btu/hr)** atau setara **113,71 KW**.
2. Kerapatan beban ruangan *data center / server* PT XX adalah sebesar 342,68 (Btu/hr) per ft².
3. Dari data mesin pendingin dengan total *capacity* 136,65 KW sebanyak 3 unit mesin pendingin PAC (Precision Air Conditioning), masih dapat mencukupi dengan total beban pendingin dari hasil perhitungan sebesar 113,71 KW. Sehingga untuk penambahan perangkat IT dan *replace* masih bisa dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE *COOLING LOAD, Cooling and Heating Load Calculation Manual*.
- [2] *America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc, Atlanta*
- [3] ASHRAE *HANDBOOK 2009, Fundamentals. America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc, Atlanta, Inch-Pound Edition*.
- [4] Pita, Edward G. 2002. *Air Conditioning Principles and Systems. Fourth Edition. Prentice Hall, New Jersey – US*.
- [5] ASHRAE, 2005, *Handbook Of Fundamental, American Society Of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA*.
- [6] Balakrishnan, S., *Precision Air Conditioning For Server Rooms, ISHRAE Journal, January, 2002*
- [7] Stoecker, Wilbert F. & J.W. Jones, 1996, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Cetakan ke-5. Penerbit Erlangga, Jakarta*
- [8] Astu Pudjanarsa & Djati Nursuhud. 2013. *Mesin Konversi Energi, Cetakan ke-3. Penerbit PT ANDI, Yogyakarta*.
- [9] Wiranto Arismunandar & Heizo Saito, 2005, *Penyegaran Udara. Cetakan ke- Penerbit PT Pradnya*.