

PERENCANAAN UNIT MESIN PENDINGIN UNTUK KEBUTUHAN PENGKONDISIAN UDARA PADA GEDUNG REKTORAT POLITEKNIK SEKAYU

Hendradinata¹

¹Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sekayu 30711, Indonesia

E-mail: hendradinata_mr@yahoo.com

ABSTRAK

Mesin pendingin merupakan salah satu elemen untuk kenyamanan dalam menunjang kegiatan di dalam gedung (terutama di gedung rektorat politeknik sekayu). Pemilihan unit Pengkondisian udara disesuaikan dengan ukuran ruangan, semakin besar ruangan yang harus didinginkan maka semakin besar pula kapasitas sistem pengkondisian udara yang digunakan. Pada gedung rektorat politeknik sekayu jenis sistem refrigerasi dan yang digunakan adalah *unit chiller* dengan sistem *all-water system*. Dari perhitungan beban pendingin maka didapat kapasitas pendinginan di gedung rektorat politeknik sekayu sebesar 137.4 kW atau 39 TR, Temperatur ruangan yang di kondisikan 24°C berdasarkan rekomendasi ASHRAE *Handbook of Fundamentals* antara 75°F atau sekitar 23°C pada kelembaban 50% sampai 78°F atau sekitar 26°C pada kelembaban 70%. Sedangkan temperatur udara luar 35°C berdasarkan temperatur puncak di Indonesia. Dengan jenis refrigeran yang digunakan refrigeran campuran (*mixtures*) Zeotropic yaitu R-10A dengan komposisi R 32 (50%) dan R 125 (50%). Temperatur pada set point evaporator chiller 7°C sehingga di rencanakan temperatur *refrigerant secondary* yang memasuki FCU atau AHU 15°C. Pada analisa siklus refrigerasi kompresi uap plotting P-h diagram menggunakan software coolpack dan untuk pemilihan unit chiller berdasarkan *airwell wesper catalog chiller 2014*

Kata kunci: COP, Recirculating, Refrigerasi

1. Pendahuluan

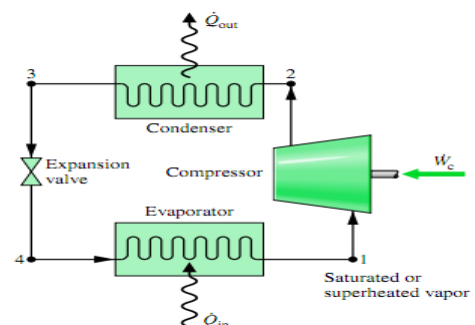
Sistem tata udara pada bangunan bertugas mengolah udara dan menghasilkan kualitas udara yang baik (nyaman dan sehat) bagi penghuninya. Beberapa jenis sistem tata udara juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan khusus, dengan kondisi perancangan tertentu, selain untuk tempat hunian manusia. Untuk mencapai tujuan diatas perlu diketahui beban pendinginan dan karakteristik ruangan serta sistem tata udara yang diperlukan. Gedung Politeknik Sekayu merupakan gedung yang membutuhkan sistem pengkondisian udara sebagai salah satu sarana akomodasi yang mempunyai peran yang cukup besar untuk memberikan kenyamanan kepada karyawan - karyawan kantor agar mereka dapat bekerja secara maksimal. Pada saat ini sistem pengkondisian udara yang digunakan pada politeknik sekayu sekarang ini menggunakan unit AC *split* yang sangat rentan mengalami kerusakan pada sistemnya serta konsumsi daya yang diperlukan cukup besar. dan untuk akses perbaikannya susah karena harus memperbaiki satu-persatu. Untuk itu dibutuhkan

sistem pengkondisian udara yang lebih baik, diantaranya pengkondisian udara secara sentral.

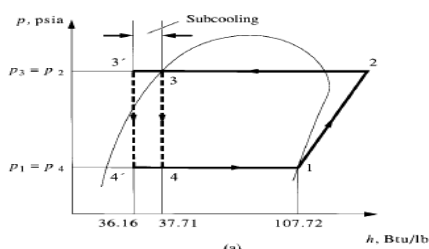
2. Tinjauan Pustaka

2.1. Refrigerasi Siklus Kompresi Uap

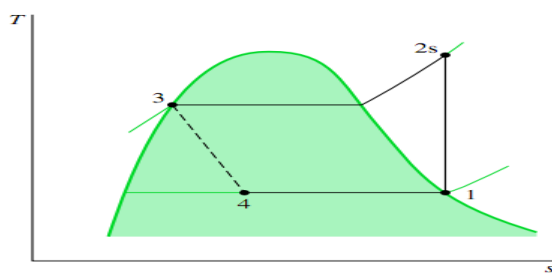
Sistem pendingin kompresi uap adalah sistem refrigerasi yang paling umum digunakan saat ini. Pada Gambar 1: Fluida kerja dikompresikan di dalam kompresor dari tingkat keadaan 1 ke tingkat keadaan 2, pada tekanan tinggi ini fluida kerja ini diembunkan di dalam kondensor ke tingkat keadaan 3 dan kemudian diekspansikan dengan katup ekspansi ke tingkat keadaan 4 dan berevaporasi di dalam evaporator kembali ke tingkat keadaan 1.



Gambar 1. Siklus Kompresi Uap



Gambar 2. P-h Diagram siklus kompresi uap



Gambar 3. T-s Diagram Kompresi uap
(Sumber : *Fundamentals of Engineering Thermodynamics M J. Moran H N. Shapiro*)

Hubungan ketiga besaran ini dinyatakan dalam koefisien prestasi atau *Coefficient of Performance system* (Dossat, 1997), yaitu :

$$COP = \frac{\text{Energi yang diserap pada Evaporator (Watt)}}{\text{Kerja Kompresor (Watt)}}$$

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{Q_e}{Q_c - Q_e} \quad (2)$$

Secara termodinamika besar-besaran tersebut dapat ditentukan :

Efek Refrigerasi:
 $RE = (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \quad (3)$

Beban kalor evaporator:
 $Q_e = \dot{m}_r (h_1 - h_4) \quad (4)$

atau,
 $Q_e = \dot{m}_{ud} (h_6 - h_5) \text{ udara} \quad (5)$

Kerja kompresi:
 $W_c = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \text{ kW} \quad (6)$

Beban kalor kondensor:
 $Q_c = \dot{m}_r (h_2 - h_3) \text{ kW} \quad (7)$

Laju aliran massa refrigeran:
 $\dot{m}_r = Q_e / (h_1 - h_4) = Q_e / RE \text{ kg/s} \quad (8)$

Koefisien prestasi sistem pendingin:
 $COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (9)$

2.2. Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin meliputi beban kalor. dan *Coefficient of heat transfer*, 'U' FACTOR W/m^2K , dapat ditunjukkan didalam tabel 1:

Tabel 1. *Coefficient of heat transfer (U factor)*

Material and thickness	Heat flow direction	'U' Factor $U = W/m^2K$ (Incl. $F_1 + f_0$)	Resistance $R = m^2 K/W$ Or $\frac{1}{U}$
Concrete slab floor 100mm with a room below	UP	3.5	0.286
	DOWN	2.6	0.385
Glass single 6 mm		6.10	0.164
Double glass with 12 mm space		3.2	0.302
Gypsum ceiling 10 mm no insulation with tiled roof	Winter UP	3.4	0.297
	Summer DOWN	1.3	0.760
Gypsum ceiling 10 mm 50 mm insulation with tiled roof	Winter UP	0.44	2.27
	Summer DOWN	0.36	2.7
Brick single 90 mm clay		4.20	0.238
Brick double with air space		1.90	0.513
Brick veneer single brick and air space and plaster		2.2	0.457
Plaster and brick and plaster (internal wall)		2.55	0.392
Asbestos and 10 mm gypsum and air space		2.63	0.398
Doors 40 mm to outside		2.70	0.36
Surface of ground conductance		12.50	0.08
*Air to surface conductance F_1 (Wall)		8.30	0.12
*Air to surface conductance F_0		24.00	0.04

2.1.1. Beban Penghuni Ruang

Beban dari orang yang ada di dalam ruangan tergantung dari kondisi kerja dan jenis bangunan. Adapun beban panas SH dan LH dari manusia ditunjukkan pada tabel 2

Sehingga untuk menghitung beban sensible dan laten (Watt) digunakan persamaan :

a. Beban Sensible = SH x Jumlah orang (10)

b. Beban Laten = LH x Jumlah orang (11)

Tabel 2. Beban panas SH dan LH dari manusia
(Sumber : Tabel 22.17 *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

Activity	Typical application	Average Adjusted Metaboli Rate*	Dry bulb room temperature					
			27°C		24°C		21°C	
			SH	LH	SH	LH	SH	LH
Seate at rest	Theater, school	102	57	45	67	55	76	29
Office work, walking slowly, standing	Office,hotel,retail store ,bank	140	63	77	75	65	85	55
Sedentary work	Restaurant	160	65	95	87	78	93	67
Light bench work	Factory	220	65	155	86	133	107	113
Moderate dancing	Dance hall	250	73	177	95	155	118	132
Walking 5 km/hr	Factory- fairly heavy work Squash court, bowling alley	295	90	205	112	183	135	160
Heavy work		425	135	290	155	270	175	260

* SH = *Sensible Heat*
LH = *Latent heat*

2.1.2. Beban Udara Luar (Outside Air)

Infiltrasi merupakan udara luar yang masuk secara terkontrol maupun tidak melalui kebocoran atau bukaan pada dinding, jendela, dan pintu.

Tabel 1. Infiltrasi Pada Pintu Dan Jendela
(Sumber : Tabel 3. *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

Item	Description	Letres/Second Infiltration
Doors (standard)	Swing, Medium use ⁺	No. People X 1.0
	Swing, heavy use [†]	No. People X 4.0
	Revolving	No. People X 1.0
	Open doorway	282
Windows (measure one wall only)	Tight fitting	Windows area m ² X 0.5
	Average fitting	Windows area m ² X 1.5
	Poor fitting	Windows area m ² X 3.5
Exhaust canopy	Use manufacturers' ratings in litres/second	

Sehingga untuk menghitung beban infiltrasi digunakan persamaan :

- Pintu = Jumlah orang x L/s (dari tabel 2.2)
- Jendela = Luas jendela x L/s (dari tabel 2.2)

Ventilasi merupakan udara luar yang yang dikirimkan ke dalam ruangan secara sengaja untuk menjaga kualitas, kesegaran dan mengurangi bau pada udara ruangan.

Tabel 4. Minimal udara luar yang dibutuhkan (Ventilasi) pada aplikasinya
(Sumber : Tabel 22.19 *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

APPLICATION	NET FLOOR AREA PER PERSON m ²	MINIMUM OUTDOOR AIR FLOW RATE	
		QUANTITY	COMMENTS
EDUCATION			
Classrooms serving person up to 16 years of age	2	12 L/s person	
Classrooms serving person over 16 years of age	2	10 L/s person	Special containment control systems may be required
Laboratories	3.5	10 L/s person	
Libraries	5	10 L/s person	
Music rooms	2	10 L/s person	
FOOD AND DRINK SERVICES			
Bars			For acupancies whare smoking is not permittid 10 L/s may be approved, subject to requirements such as the display of signs,etc.
Cabarets	1	20 L/s person	
Cafetarias	1.5	20 L/s person	
Cocktail loungges	1	15 L/s person	

Dining rooms	1	20 L/s person	
Fast food outlets	1.5	15 L/s person	
	1	15 L/s person	
GENERAL AREAS			
Corridors		1 L/s person	
Foyers		1 L/s person	
Pedestrian tunnels		1 L/s person	
Rest rooms	1	10 L/s person	
Smoking room	1.5	25 L/s person	
HEALTH CARE			
Consultation rooms	3.5	10 L/s person	Applies to convelescent homes, dentist, doctors, hospital, nursing homes,etc. procedures generating contaminants may require higher rates, laminar flow or dedicated systems.
Delivery rooms	5	20 L/s person	
Intensive care	5	10 L/s person	
Operaing rooms	5	20 L/s person	
Patient rooms	10	10 L/s person	
Recovery rooms	5	10 L/s person	
Waiting areas	1.5	10 L/s person	
HOTELS/MOTELS			
Bedrooms	10	10 L/s person	
Conference rooms-small	2	15 L/s person	
Living rooms	3.5	10 L/s person	
MARCHANDISING			
Areades	5	10 L/s person	
Kiosks	1	10 L/s person	
Malls	5	10 L/s person	
Showrooms			
• Street floors	3.5	10 L/s person	
• Upper floors	5	10 L/s person	
OFFICES			
Board rooms	1	15 L/s person	
Computers rooms	25	10 L/s person	
Conference	1	15 L/s person	
Offices areas	10	10 L/s person	
Waiting areas	2	10 L/s person	
RESIDENTIAL			
Bedrooms	10	10 L/s person	
Living areas-general	10	10 L/s person	

Sehingga untuk menghitung beban ventilasi digunakan persamaan :

$$\text{Ventilasi (Outside Air)} = \text{Jumlah orang} \times \text{L/s dari tabel 2.3} \dots\dots\dots (12)$$

Tabel 5. Kalor Sensible CLF (*cooling load factor*)
(Sumber : Tabel 22.19 *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

TD	8K	10K	12K	14K	16K
Factor	9.6	12.0	14.0	16.8	19.2

Sehingga untuk menghitung kalor sensible pada beban infiltrasi dan ventilasi digunakan persamaan :

a. Beban kalor sensible untuk infiltrasi
= total infiltrasi - *Outside Air* (Ventilasi) \times CLF dari tabel 2.4 (13)

b. Beban kalor sensible untuk ventilasi
= Ventilasi L/s \times CLF dari tabel 2.4 (14)

Tabel 6. Temperatur udara lingkungan

Wet bulb temp.	Dry bulb temperature °C							
	28	30	32	34	36	38	40	42
18°C	26.1	23.7	21.0	18.6	16.2	13.5	11.1	8.4
20°C	33.9	31.2	28.8	26.1	23.7	21.0	18.6	15.9
22°C	42.3	39.9	37.2	34.5	32.1	29.4	27.0	24.3
24°C	51.6	49.8	46.2	43.8	41.1	38.4	36.0	33.3
26°C	51.5	59.1	56.4	54.0	51.3	48.6	45.9	43.5
28°C	72.6	69.9	67.2	64.8	61.1	59.4	56.7	54.0
30°C	-	81.9	79.2	76.5	73.8	71.1	68.4	66.0

Tabel 7. Temperatur ruangan yang di kondisikan
(Sumber : Tabel 22.21 *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

Wet bulb temp.	Dry bulb temperature °C				
	20	22	24	26	28
12°C	16.2	13.8	11.1	8.9	6.0
14°C	22.5	20.1	17.4	15.0	12.3
16°C	29.1	26.7	24.0	21.6	18.9
18°C	36.3	33.9	31.2	28.8	26.1
20°C	44.4	41.4	39.0	36.6	33.9
22°C	-	50.4	47.7	45.0	42.3

Untuk mendapatkan nilai yang tepat dari tabel 6 dan 7 dengan interpolasi data Sehingga untuk menghitung kalor laten pada beban infiltrasi dan ventilasi digunakan persamaan :

- c. Beban kalor laten untuk infiltrasi
= total infiltrasi - *Outside Air* (Ventilasi) x CLF dari tabel 2.5 (15)
- d. Beban kalor laten untuk ventilasi
= Ventilasi L/s x CLF dari tabel 2.5 (16)

2.1.3. Beban Sinar Matahari

Apabila sebuah jendela atau jendela-jendela dibayangi oleh gedung sebelah atau tepi atapnya sendiri, maka tidak semua panas matahari masuk ke dalam ruangan; jadi, jumlah radiasi matahari yang masuk ke dalam menjadi kecil. Sebaliknya, apabila jendela ruangan berhadapan dengan benda lain yang memantulkan cahaya (misalnya kaca jendela dari gedung sebelah atau lantai serambi rumah, dsb), maka dipandang perlu menambahkan sebanyak 10 sampai 30 % dari radiasi matahari langsung dalam perhitungan beban kalor, pada siang hari yang panas.

Tabel 8. Equivalent Perbedaan Temperatur (Radiasi)

Direction facing	Selected time	
	10 AM	4 PM
South	9	9
South-east	26	9
East	59	8
North-east	86	8
North	578	18
North-west	8	68
West	8	97
Sounth-west	8	80
Horizontal	77	82

Shade Faktor

Tabel 7 mengacu pada jendela yang tanpa *shading*. kalikan dengan 0.65 untuk jendela dengan *Shade* didalam. Dan kalikan 0.25 untuk jendela dengan *shade* diluar. Sehingga untuk menghitung beban radiasi matahari melalui jendela digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_h = A \times U \times TD \text{ solar} \times SF \text{(16)}$$

Dimana : Q_h = beban radiasi matahari melalui jendela (W)

A = Luas jendela (m^2)

TD = Perbedaan temperatur (K)

Sf = ketetapan nilai *shade factor*

(Sumber : *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

2.1.4. Beban Konduksi Melalui Dinding, Jendela, Atap, Lantai

Beban kalor konduksi melalui dinding ,jendela, atap dan lantai merupakan kalor yang merambat dari luar bangunan kedalam ruangan. Dalam perhitungan beban konduksi melalui dinding ,jendela, atap dan lantai. Untuk desain temperatur berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 9. Desain perbedaan temperatur dengan konstruksi bahan
(Sumber : tabel 22.23 *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

Description	Design equivalent TD
Ceiling under pitched roof	28 K approx
Ceiling under flat roof + reflective foil	40 K approx
Ceiling under flat roof, no foil or Insulation	100 K approx
Ceiling under unconditioned room	8 K approx
Floor over unconditioned room	8 K
Floor over open crawl space	8 K
Floor over basement, enclosed crawl space or concrete slab on ground	0 K

Sehingga untuk menghitung beban konduksi melalui dinding, jendela, atap dan lantai digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_h = A \times U \times TD \quad (17)$$

Dimana : Q_h = beban konduksi melalui dinding, jendela, atap dan lantai (W)

A = Luas jendela (m^2)

TD = Perbedaan temperatur (K)

(Sumber : *Australian Refrigeration and Air Conditioning Volume 2*)

2.1.5. Beban Peralatan Dan Pencahayaan

Beban Peralatan Dan Pencahayaan merupakan jumlah panas yang dikeluarkan dengan cara radiasi dan konveksi besarnya tergantung pada peralatan dan pencahayaan. Untuk menghitung besarnya beban kalor pada Beban Peralatan Dan Pencahayaan digunakan tabel 10:

Tabel 10. Rekomendasi Daya Untuk Penggunaan Rata-Rata

Description	Watts	
	Sensible heat	Latent heat
Hair drier – helmet	550	100
Hair drier – blower	800	200
Medical instrument steriliser	200	350
Coffee percolator – small	260	65
Coffee percolator – 5kW	1900	600
Food and plate warmer (per m^2 surface)	1000	1000
Electronic equipment	Input watts	Nil
Other motors	Input watts	Nil
Refrigerator	rated watts x 1.25	Nil
Lights – incandescent	Input watts	Nil
Light – fluorescent	Input watts	Nil
Air conditioning* fan	Input watts	Nil

Tabel 11. Persentase Panas Sensible Dari Fan

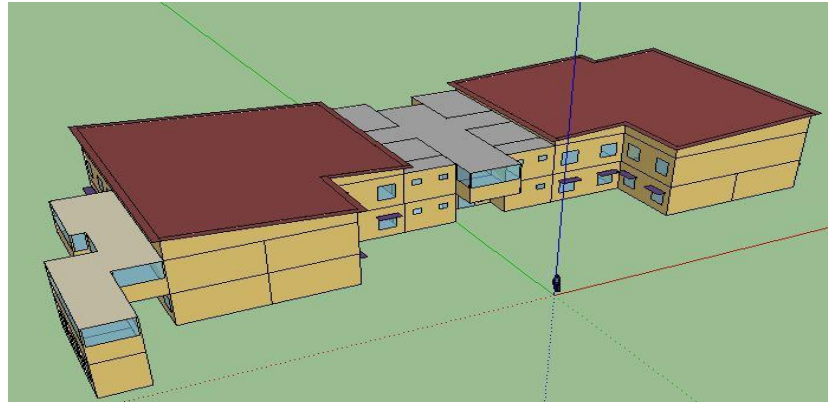
Fan total pressure in pascals	Fan motor outside the conditioned space	Fan motor and fan inside the conditioned space
Less than 250 Pa	1.1 to 2.4 %	1.4 to 2.9 %
Between 250 and 500 Pa	2.4 to 5.2 %	2.9 to 6.1 %
Between 500 and 720 Pa	5.2 to 8.4 %	6.1 to 9.8 %

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perhitungan beban langsung sesuai dengan fungsinya. Pengukuran dimensi gedung sesuai dengan asli. kemudian dilakukan pengambilan data beban dan analisis data.

3.1. Diskripsi Perencanaan

Dalam perencanaan sistem refrigerasi dan pengkondisian udara pada bangunan Kantor Rektorat Politeknik Sekayu ini didasarkan pada gambar denah bangunan. Dibawah ini gambar bentuk fisik dari gedung rektorat politeknik yang di buat ulang dengan menggunakan software *Google SketchUp*.



Gambar 4. Sketsa gedung rektorat politeknik sekayu

3.2. Prosedur Pengambilan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Metode Literatur.

Yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan.

b. Metode Observasi

Dengan survei langsung ke lapangan, agar dapat diketahui kondisi riil di lapangan sehingga dapat diperoleh gambaran sebagai pertimbangan dalam perencanaan desain struktur.

3.2.1. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil observasi pada instansi.

1. Data konstruksi gedung

Bahan material bangunan yang digunakan gedung.

- Jumlah lapisan-lapisan pada dinding.
- Jenis kaca dan pintu pada bangunan.

2. Data peralatan pada gedung.

- Peralatan seperti komputer, laptop, printer, televisi dll.
- Pencahayaan.

3. Data penguni gedung.

- Jumlah seluruh karyawan instansi.
- Data penghuni masing-masing ruangan.
- Jadwal masuk, istirahat dan pulang karyawan instansi.

- Fungsi ruangan pada gedung

4. Data arah mata angin.

- Pengambilan data arah mata angin menggunakan kompas.

5. Dokumentasi

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait, meliputi :

1. Data *As will drawing* gedung.

Sumber : DPU Cipta Karya Musi Banyuasin.

2. Mengetahui data fisik gedung.

3. Mengetahui ukuran gedung seperti: Pintu, jendela, dinding dll.

4. Mengetahui nama dan fungsi ruangan.

3.2.3. Menghitung Beban Pendinginan.

Adapun dalam perhitungan beban pendingin jenis beban kalor dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

a. Kalor Sensibel

Kalor sensible adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (*sensible heat gain*) adalah kalor sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang dikondisikan melalui konduksi, konveksi atau radiasi.

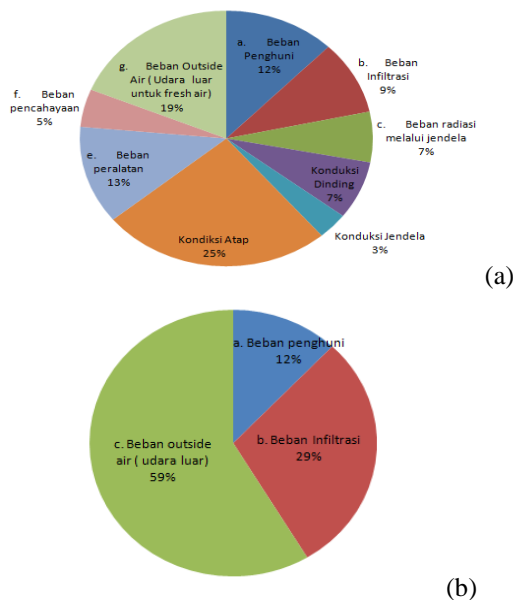
- a) Penghuni
 - b) Udara luar (Infiltrasi, Ventilasi)
 - c) Radiasi sinar matahari melalui jendela
 - d) Beban konduksi (Jendela, dinding, langit-langit, lantai)
 - e) Peralatan dan penerangan
- b. Kalor Laten

Kalor laten adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fasa dari air. Penambahan kalor laten (*latent heat gain*) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap.

- a) Penghuni
- b) Infiltrasi dan ventilasi
- c) Peralatan

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengumpulan data dan Analisa didapatkan:



Gambar 5. Persentase beban pendingin (a) beban panas sensible (b) beban panas laten

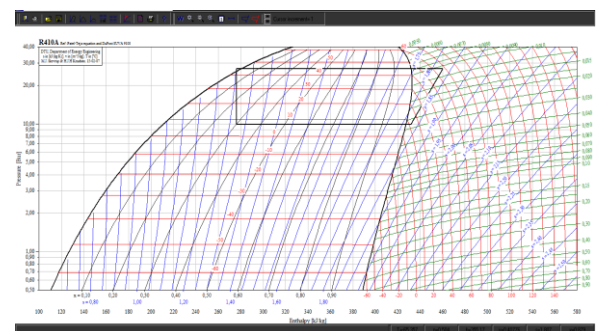
Sehingga jumlah beban kalor yang harus didinginkan pada gedung rektorat politeknik sekayu sebesar 137448 Watt atau 469402.7 Btu/h sehingga di butuhkan sistem pengkondisian udara berkapasitas 39 TR (Ton Refrigerasi)

4.1. Analisa Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Pada perencanaan sistem refrigerasi dan pengkondisian udara dari hasil perhitungan beban pendingin, dapat dianalisa siklus kerja dari komponen refrigerasi dengan menggunakan P-h diagram. Pembuatan P-h diagram menggunakan *software coolpack*. Adapun sistem refrigerasi dan pengkondisian udara yang di rencanakan sebagai berikut :

Temperatur pada set point evaporator chiller 7°C (sehingga di rencanakan temperatur refrigerant secondary yang memasuki FCU atau AHU 15 °C karena dipengaruhi oleh panjang pipa. Menurut ASHRAE chapter 13 refrigeration load jarak antara temperatur coil dan ruangan adalah 7°C sehingga temperatur di ruangan minimal 22 °C), Temperatur Condensor direncanakan 40 °C Refrigeran yang digunakan R-410A, Dengan *superheated* dari evaporator , yaitu diambil dari temperatur keluaran evaporator / suction kompresor di temperatur kondensasi Dan *subcooled* 2°C

4.1.2. Analisa Manual Dari Siklus Refrigerasi Kompresi Uap



Gambar 6. Garis P-h Diagram

Tabel 12. entalpy dari P-h Diagram

No	Diskripsi	Entalpy (KJ/kg)
1	Suction Compressor (h_1)	290.7
2	Discharge Compressor (h_2)	328.3
3	Inlet Condensor (h_3)	131.3
4	Outlet Condensor (h_4)	131.3

4.1.3. Analisa *Performance* siklus kompresi uap

Dalam sistem kompresi uap, input daya bersih adalah sama dengan daya kompresor, karena katup ekspansi tidak melibatkan daya input atau output. koefisien kinerja sistem pendingin kompresi uap atau COP (*coefficient of performance*) adalah :

$$\text{COP} = \frac{137.4 \text{ kW}}{36.4 \text{ kW}}$$

$$\text{COP} = 3.77$$

Sehingga *coefficient of performance* (COP) dari siklus kompresi uap yang direncanakan adalah 3.77

4.2. Analisa berdasarkan *software coolpack*

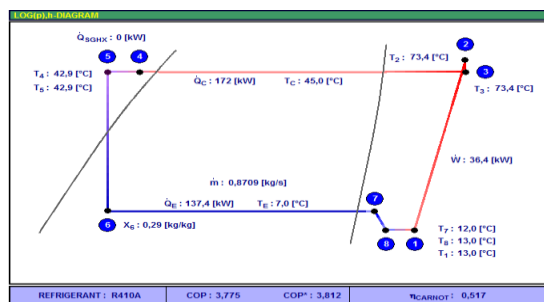
1. State point

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES	
T ₁ [°C]: 7.0	ΔT _{SH} [K]: 0	ΔP _{SH} [kPa]: 0.5	
T ₂ [°C]: 45.0	ΔT _{SC} [K]: 2	ΔP _{SC} [kPa]: 0.5	
CYCLE CAPACITY		REFRIGERANT	
Cooling capacity Q _c [kW]: 137.4	Q _c : 137.4 [kW]	Q _e : 172 [kW]	m: 0.8709 [kg/s]
COMPRESSOR PERFORMANCE		REFRIGERANT	
Isentropic efficiency η _s [%]: 0.7	η _s : 0.700 [-]	W: 36.4 [kW]	R410A
COMPRESSOR HEAT LOSS		REFRIGERANT	
Heat loss factor f _h [%]: 10	f _h : 10.0 [%]	T ₂ : 73.4 [°C]	Q _{loss} : 3.64 [kW]
SUCTION LINE		REFRIGERANT	
Unsat. superheat ΔT _{SH,SL} [K]: 1.0	Q _{SL} : 1359 [W]	T ₁ : 13.0 [°C]	ΔT _{SH,SL} : 1.0 [K]

Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP: 3.775	COP: 3.812
-----------	-------	------	------	-----------	--------------	------------	------------

Gambar 7. State point pada *coolpack*

2. P-h diagrams



Gambar 8. gambar P-h diagram

3. Cycle spesification

STATE POINT	TEMPERATURE [°C]	PRESSURE [kPa]	ENTHALPY [kJ/kg]	DENSITY [kg/m ³]
1	13,0	973,8	290,7	35,9
2	73,4	2749,2	328,3	90,6
3	73,4	2716,9	328,8	89,2
4	42,9	2716,9	131,3	960,5
5	42,9	2716,9	131,3	960,5
6	6,9	988,6	131,3	---
7	12,0	988,6	289,1	36,8
8	13,0	973,8	290,7	35,9

Gambar 9. spesifikasi siklus

5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan beban pendingin yang diperoleh, maka dalam perencanaan ini dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Pada gedung rektorat politeknik sekayu jenis sistem refrigerasi yang digunakan adalah refrigerasi kompresi uap dan menggunakan *unit chiller* dengan sistem *all-water system*.
2. Dari perhitungan beban pendingin maka didapat kapasitas pendinginan di gedung rektorat politeknik sekayu sebesar 137.4 kW atau 39 TR . Dengan demikian Kapasitas kondensor yang diperlukan adalah 162 kW dan kapasitas kondensor 175 kW dengan menggunakan kompresor dengan kapasitas 36.4 kW.
3. Temperatur ruangan yang di kondisikan 24°C berdasarkan rekomendasi ASHRAE *Handbook of Fundamentals* antara 75°F atau sekitar 23°C pada kelembaban 50% sampai 78°F atau sekitar 26°C pada kelembaban 70%. Sedangkan temperatur udara luar 35 °C berdasarkan temperatur puncak di indonesia.
4. Jenis refrigeran yang digunakan refrigeran campuran (*mixtures*) Zeotropic yaitu R-10A dengan komposisi R 32 (50%) dan R 125 (50%).
5. Temperatur pada set point evaporator chiller 7 °C (sehingga di rencanakan temperatur refrigerant secondary yang memasuki FCU atau AHU 15°C karena dipengaruhi oleh panjang pipa. Menurut ASHRAE chapter 13 *refrigeration load* perbedaan temperatur antara temperatur coil dan temperatur ruangan adalah 7°C sehingga temperatur di ruangan minimal 22°C)

DAFTAR PUSTAKA

- Air Conditioning Company, Carrier Corp. 1965. *Handbook Of Air Conditioning System Design*. McGraw-Hill. New York.
- Arora, C.P. 1986. *Refrigeration and Air Conditioning*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Ashrae, Handbook Refrigeration, *Refrigeration Load*. 2006. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Ashrae, 2009. Handbook : Fundamentals. *Heat Transfer*. ASHRAE.Inc.
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-6196-2009, SNI 03-6090-2000, SNI 03-6197-2000, SNI 03- 6759-2002, SNI 03-6572-2001. Jakarta : Bagian Proyek Efisiensi Energi Depdiknas.
- Boyle G, 2004. *Australian Refrigeration & Air Conditioning Vol 2 (ENG 026)*. Training Publication.
- Handayani, Sri Utami. 2004. Materi Compressor. *Rotary Screw*. ITS: Semarang
- Kharagpur. *Lesson 26 Refrigerants*. Version 1 ME, IIT.
- Shan K.Wang, 2001. *Handbook of air Conditioning and Refrigeration*, Second Edition. Mc Graw Hill.
- M.J. Moran And H.N. Shapiro. 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5Th Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Withman, William C. Dkk. 2009. *Refrigeration And Air Conditioning Technology 6 Th Edition*. Delmar Cengage Learning.