

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konservasi Energi Listrik

Konservasi energi adalah proses pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang benar-benar diperlukan agar pemborosan energi dapat dihindarkan.

Konservasi energi listrik dapat dilakukan dengan cara-cara berikut ini.

1. Mengurangi pemakaian energi listrik yang mempunyai sifat konsumtif, keindahan, dan kenyamanan.
2. Mengganti peralatan equipment yang sudah tidak efisien.
3. Melakukan manajemen waktu untuk pemakaian peralatan yang menggunakan energi listrik.

2.2 Sistem HVAC (*Heating, Ventilation, Air Conditioning*)

Sistem HVAC (*Heating, Ventilation, Air Conditioning*) merupakan sistem tata-udara atau sistem pengkondisian udara yang terdiri dari sistem pemanas, sirkulasi udara, dan pendingin yang terdiri dari satu sistem. Tujuan dari sistem HVAC yaitu untuk membuat sebuah ruangan yang nyaman bagi orang-orang atau penghuni yang terdapat di dalamnya dengan melakukan perubahan variabel yang terdapat di dalam ruangan yang meliputi *temperature, humidity, air velocity*, dan *cleanliness*.

Variabel – variabel udara yang diatur dalam sistem HVAC adalah sebagai berikut.

1. *Temperature*

Temperature adalah suatu ukuran yang digunakan untuk menyatakan panas atau dinginnya suatu udara yang terdapat di ruangan. Dalam sistem HVAC variabel *temperature* diatur sesuai dengan kriteria ruangan yang sudah ditetapkan. Contohnya ruangan produksi menggunakan spesifikasi *temperature* $22^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$.

2. *Relative Humidity*

Relative Humidity adalah rasio kelembapan yang digunakan untuk menunjukkan banyak presentasi kadar uap air yang terdapat di udara. Kelembapan

udara bergantung pada suhu ruangan. *Relative humidity* merupakan perbandingan dari jumlah uap air yang terdapat di udara dengan jumlah uap air yang baik pada temperature yang sama. Kelembapan ini di atur sesuai dengan kriteria ruangan. Contohnya pada ruangan produksi menggunakan spesifikasi kelembapan relative sebesar $50\% \pm 10\%$.

3. Kecepatan Udara (*Air Velocity*)

Kecepatan udara adalah banyaknya udara yang masuk ke ruangan. *Air velocity* yang terlalu lambat akan menyebabkan pencemaran pada ruangan dan juga menyebabkan temperature ruangan akan naik.

4. Kebersihan (*Cleanliness*)

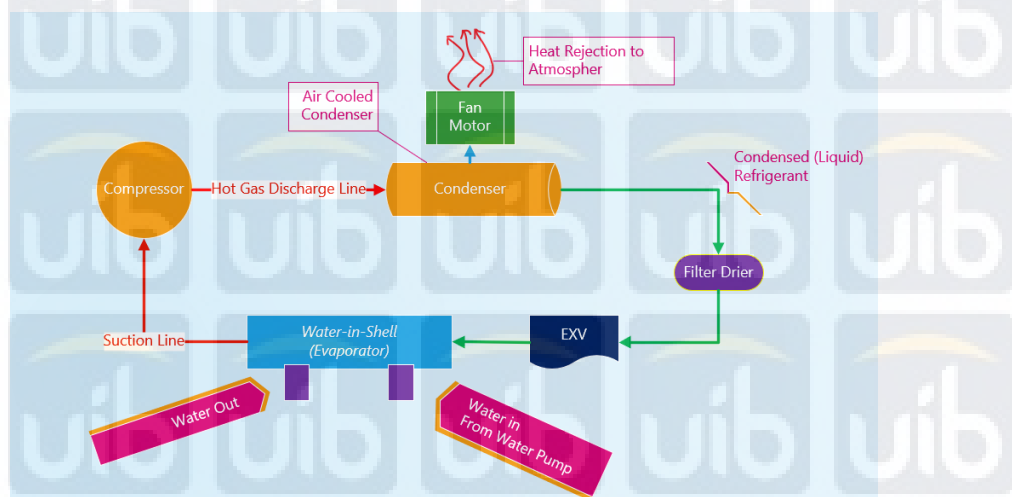
Kebersihan udara di dalam ruangan harus di jaga agar udara didalam ruangan tidak tercemar oleh partikel-partikel yang terdapat di dalam ruangan dengan melakukan sirkulasi udara melalui ventilasi untuk menghilangkan zat-zat tercemar pada ruangan.

2.3 Bagian – Bagian Sistem HVAC

Berikut ini adalah bagian – bagian yang terdapat pada sistem HVAC.

2.3.1 Chiller

Chiller adalah sebuah alat perpindahan panas dengan menggunakan sistem pendingin untuk menghilangkan panas dari beban proses seperti air.



Gambar 2.1 Chiller Sistem Diagram Proses (*Illustration only*)

(Sumber: Carrier Corporation. (2005). *Commercial HVAC Chiller Equipment*. Syracuse, NY: Author)

Pada gambar 2.1 chiller mempunyai sistem yang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu sebagai berikut.

1. Evaporator
Evaporator adalah bagian chiller yang mempunyai fungsi untuk penukaran panas untuk bermigrasi dari aliran air menjadi gas refrigerant.
2. Compressor adalah suatu mesin yang digunakan untuk memampatkan fluida gas atau menaikkan tekanan udara.
3. Condenser adalah alat penukaran kalor dari refrigerant tekanan tinggi dan panas yang berasal dari compressor yang akan di kondensasikan pada condenser menggunakan udara sehingga terjadi perubahan gas menjadi cair.
4. Drier filter adalah suatu alat yang digunakan untuk menyaring partikel, kotoran, atau besi yang terdapat di dalam refrigerant.
5. Electric expansion valve (EXV) adalah alat digunakan untuk mengontrol flow refrigerant sesuai kebutuhan dalam proses pendinginan atau pertukaran kalor.
6. *Water pump* (Pompa air) adalah alat yang digunakan untuk memompa air untuk proses pendinginan air yang terdapat pada chiller dan juga untuk melakukan supply air ke AHU.
7. *Fan* motor berfungsi untuk mendinginkan condenser sehingga penukaran kalor dapat berjalan dengan lancar.
8. Refrigerant adalah zat yang digunakan untuk proses pertukaran kalor dan berfungsi sebagai media pendingin dengan melakukan penyerapan kalor pada bahan lain tersebut. Refrigerant terdapat banyak tipe sesuai dengan fungsinya seperti R410-a, R22, R11, dan lain sebagainya.

Proses pendinginan chiller ini menggunakan udara (*Air Cooled Chiller*).

Berikut ini adalah gambar keseluruhan dari chiller.



Gambar 2.2 *Air Cooled Chiller (Illustration only)*

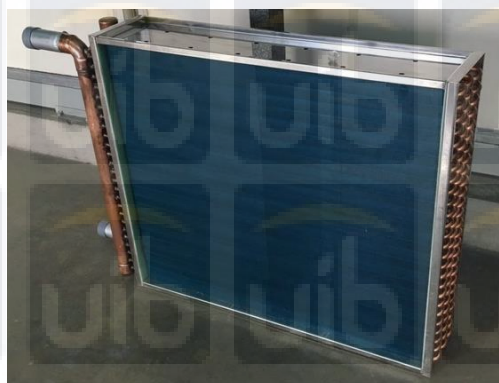
(Sumber: Carrier Corporation. (2012). *Air Cooled Chiller*. Montluel, France: Author)

2.3.2 *Air Handling Unit (AHU)*

Air Handling Unit (AHU) adalah suatu equipment yang digunakan untuk proses pengkondisian udara yang terdapat di dalam ruangan seperti suhu, kelembapan, dan kebersihan udara. Di AHU terdapat *cooling coil*, *filter*, *blower fan*, *motor 3-phase*, *3-way automatic valve*, *VSD (Variable Speed Device)*, dan *DDC (Direct Digital Control)* sedangkan *ducting* merupakan saluran yang digunakan untuk proses penyaluran udara ke dalam ruangan. Berikut ini adalah komponen-komponen yang terdapat di AHU.

1. *Cooling coil*

Cooling coil adalah alat yang digunakan sebagai tempat untuk proses dalam pengontrolan suhu. *Cooling coil* akan menjadi dingin jika ada aliran yang masuk ke dalamnya dan begitu juga dengan sebaliknya.



Gambar 2.3 *Cooling Coil (Illustration Only)*

(Sumber: Commercial Air Conditioner Midea Group. 2016. *Air Handling Unit & Modular Air Handling Unit*. Guangdong, China: Author)

2. Blower fan dan motor 3-phase

Blower fan AHU digunakan untuk proses penghantaran udara ke dalam ruangan sedangkan motor 3-phase digunakan untuk memutar blower fan.



Gambar 2.4 Blower fan dan motor (*Illustration Only*)

(Sumber: Data Primer 2020)

3. 3-Way Automatic Valve

3-Way automatic valve adalah alat yang digunakan untuk mengontrol banyaknya aliran air dingin dari chiller ke dalam cooling coil dan berfungsi secara otomatis berdasarkan *settingan* temperature yang sudah diatur. 3-way Valve sangat berperan penting dalam proses mengatur temperature yang berada di dalam ruangan. Jika temperature dalam ruangan naik, maka 3-way automatic valve akan secara otomatis membuka, dan akan menutup jika temperature di bawah *settingan* temperature. Alat ini berperan penting dalam efisiensi energi listrik pada chiller, karena mengatur penggunaan air dingin dari chiller. Semakin sedikit penggunaan air dingin dari chiller maka chiller tidak akan bekerja berat untuk menghasilkan air dingin.



Gambar 2.5 3-Way Automatic Valve (*Illustration only*)

(Sumber: Data Primer 2020)

4. VSD (*Variable Speed Device*)

VSD adalah suatu alat yang digunakan untuk menurunkan kecepatan motor 3-phase sesuai dengan keinginan pengguna dengan cara mengubah tegangan 3-phase menjadi tegangan DC. Untuk proses penurunan kecepatan motor dengan mengubah Hertz nya motor misalnya 50 Hz frekuensi motor menjadi 30 Hz sehingga daya yang digunakan menurun. VSD pada AHU biasanya digunakan untuk menurunkan konsumsi daya listrik ke motor, dan juga berfungsi untuk mengatur *pressure*, kelembapan, dan suhu yang terdapat di dalam *clean room* sesuai dengan keinginan pengguna.



Gambar 2.6 VSD Schneider (*Illustration only*)

(Sumber: Data Primer 2020)

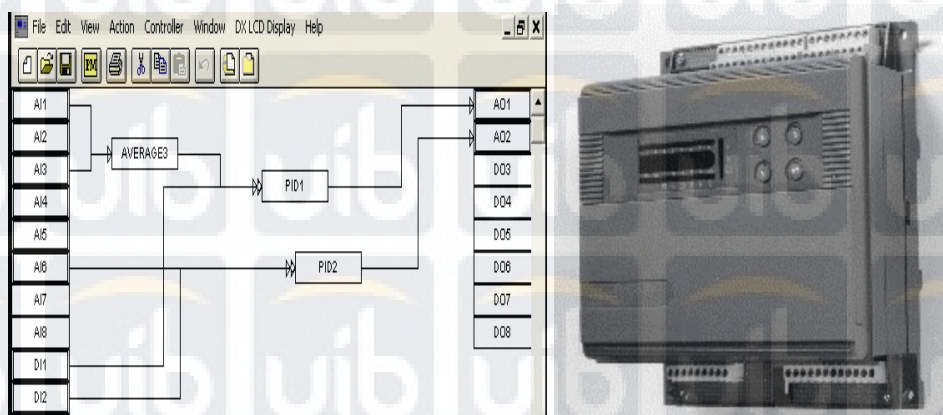
5. *Direct Digital Control (DDC)*

DDC merupakan alat yang digunakan untuk mengontrol temperature dan kelembapan yang terdapat di dalam ruangan. Di dalam DDC terdapat

analog input dan analog output serta settingan kontrol temperature, kelembapan dan heater yaitu pada digital input. *Direct Digital Control* (DDC) di dalamnya tersusun dari rangkaian *micro-controller* yang digunakan untuk sistem kontrol dan sebagai pusat *monitoring* data dari sensor. Dalam sistem HVAC digunakan untuk *monitoring* kelembapan dan temperature *clean room* dengan mengontrol 3-way valve dan heater yang terdapat di AHU.

Direct Digital Control (DDC) mempunyai beberapa fungsi sebagai berikut.

- a. DDC dapat beroperasi sendiri secara otomatis dengan melakukan perintah terhadap alat-alat yang sudah terpasang di DDC sesuai dengan program yang sudah di install. Pada DDC ini terdapat beberapa input dan output yaitu:
 - 1) Analog input berfungsi sebagai input dari sensor
 - 2) Analog output berfungsi sebagai output dari program DDC yang digunakan untuk control 3-way valve atau heater.
 - 3) Digital input sebagai parameter yang dapat di input oleh operator.
 - 4) Digital output sebagai output parameter dari sensor.
- b. Bila terjadi *trouble shoot* maka DDC akan berfungsi sebagai alarm
- c. Sebagai alat monitoring dan pengumpulan data.



Gambar 2.7 Skema sistem DDC (*Illustration only*)

(Sumber: Johnson Control, Inc. 2000, *DX-9100 Configuration Guide*. Michigan, U.S.A: Author)

6. Filter AHU (*Air Handling Unit*)

Filter AHU adalah alat yang digunakan untuk menyaring kotoran, particle, dan debu yang terdapat di dalam udara agar tidak masuk ke dalam ruangan. Filter yang digunakan untuk sistem HVAC tergantung pada kebutuhan yang diperlukan oleh ruangan dan salah satunya dapat dilihat pada gambar ini.



Gambar 2.8 Filter *DriPak* (*Illustration only*)

(Sumber: American Air Filter Company, Inc. 2020. *Air filter AAF*. Retrieved from <https://www.aafintl.com/en/commercial>)

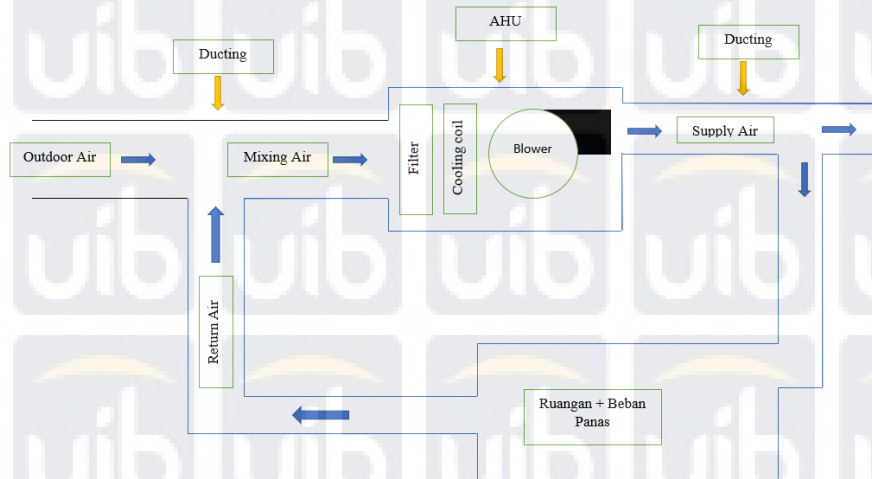
Berikut ini adalah keseluruhan equipment AHU yang dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.9 AHU (*Air Handling Unit*) (*Illustration only*)

(Sumber: Commercial Air Conditioner Midea Group. 2016. *Air Handling Unit & Modular Air Handling Unit*. Guangdong, China: Author)

Berikut ini merupakan skema sistem kerja AHU secara keseluruhan. AHU mengambil dari udara luar kemudian bercampur dengan udara dari dalam ruangan yang kemudian masuk ke filter untuk di saring udaranya dan di dinginkan oleh *cooling coil* kemudian udara tersebut di hembus lagi oleh *blower* AHU kembali ke ruangan *clean room*



Gambar 2.10 Skema diagram sistem kerja AHU (*Illustration only*)
(Sumber: Data primer 2020)

2.3.3 *Clean Room*

Clean Room adalah area kerja terkontrol yang mempertahankan tingkat partikel udara dan kontaminan lainnya. *Clean Room* banyak digunakan dalam industri obat-obatan, manufaktur alat-alat kesehatan dan lain-lain agar barang yang di produksi tidak terkontaminasi zat-zat tercemar. *Clean Room* diklasifikasikan berdasarkan seberapa bersih udaranya yang di atur dalam ISO14644-1 *Clean Room standards*. Pada perusahaan ini menggunakan *Class* ISO 3, ISO 4, dan ISO 5 dalam proses pembuatan alat-alat kesehatan seperti lensa mata.

ISO 14644-1 Cleanroom Standards

Class	maximum particles/m ³						FED STD 209E equivalent
	>=0.1 µm	>=0.2 µm	>=0.3 µm	>=0.5 µm	>=1 µm	>=5 µm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Class 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Class 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Class 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Class 1,000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Class 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Class 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Room Air

Gambar 2.11 *Cleanroom Standards*
(Sumber: ISO 14644-1)



Gambar 2.12 *Clean Room*
(Sumber: ISO 14644-1)

Proses *clean room* untuk mengontrol partikel yang terdapat di udara dengan langkah-langkah berikut untuk menciptakan *clean room* sesuai dengan standard ISO 14644-1.

1. *HEPA (High-Efficiency Particulate Air)*

Filter ini sangat berperan penting dalam melakukan kontrol terhadap partikel yang terdapat di udara. Filter ini bisa menyaring partikel sampai 0,3 microns sehingga udara di dalam ruangan dapat terkontrol dengan baik. Udara yang terdapat di dalam ruangan akan terus menerus di sirkulasi melalui HEPA filter untuk menyaring partikel yang terdapat di udara dan juga menyediakan udara segar untuk ruangan *clean room*.

2. *Certification Clean Room*

Certification clean room adalah suatu proses maintenance yang dilakukan untuk menjaga *clean room* agar sesuai dengan standard iso yaitu dengan melakukan pengukuran semua ruangan.

3. *Ventilation and makeup air*

Ventilation digunakan untuk proses pertukaran udara yang terdapat di ruangan dengan udara segar sedangkan *makeup air* adalah udara segar yang akan ditukar dengan udara yang terdapat di ruangan.

4. Tekanan udara ruangan

Tekanan udara ruangan *clean room* harus terjaga dengan baik, tekanan udara harus lebih tinggi dari udara di luar sehingga partikel yang terdapat dari luar tidak masuk ke dalam ruangan.

2.3.4 Temperature dan Kelembapan

Temperature dan kelembapan atau *Relative Humidity* (RH) harus di jaga sesuai dengan spesifikasi ruangan yang sudah ditetapkan. Equipment yang digunakan untuk pengukuran temperature dan RH ruangan adalah omega chart.

Omega chart akan melakukan record data temperature dan RH selama seminggu serta apabila RH atau temp yang akan melewati spesifikasi maka omega chart akan memberikan indicator alarm kepada usernya dan juga indicator bahwa sistem HVAC mengalami *troubleshoot*.



Gambar 2.13 Omega Chart Temperature dan RH (*Illustration only*)

(Sumber: Omega Engineering, Inc. (n.d). *Omega User's Guide*. Retrieved from <https://www.omega.com/manuals/>)

Kelembapan dan temperature ruangan *clean room* akan berbeda saat dalam proses produksi dan saat tidak ada proses produksi. Ruangan *clean room* akan mempunyai beban yang sangat tinggi ketika dalam proses produksi dan beban yang rendah ketika tidak dalam proses produksi. Beban yang di maksud ini adalah orang-orang yang berada di dalam *clean room* dan juga faktor-faktor yang lain seperti penerangan lampu ruangan.

Berikut ini spesifikasi Temperature dan RH yang terdapat di dalam ruangan production *Clean room* yang menjadi objek penelitian.

Tabel 2.1 Spesifikasi Area *Clean Room* (Illustration only)

(Sumber: Data Primer 2020)

No	Area	Building	Level	Spesifikasi	
				Temp. (° C)	RH (%)
1	Lab. A	A	1	20 - 28	N/A
2	Lab. B	A	1	20 - 28	N/A
3	Lab. C	A	1	20 - 28	N/A
4	Lab. D	A	1	20 - 28	N/A
5	Primary Sekunder	A	1	20 - 28	40 - 70
6	Hot Water A	A	2	20 - 28	40 - 80
7	Plasma 2	A	2	18 - 26	40 - 60
8	Plasma 3	A	2	18 - 26	40 - 60
9	Plasma 4	A	2	18 - 26	40 - 60
10	Hot Water B	A	2	20 - 28	40 - 80
11	Transfer Tray	A	2	20 - 28	40 - 70
12	Fresh Production	A	3	20 - 28	< 50
13	Prim Sekunder	B	1	20 - 28	40 - 80
14	Primer 1	B	2	20 - 28	40 - 80
15	Primer 2	B	2	20 - 28	40 - 80
16	Plasma 5	B	2	18 - 26	40 - 60
17	Plasma 6	B	2	18 - 26	40 - 60
18	Plasma 7	B	2	18 - 26	40 - 60
19	Plasma 8	B	2	18 - 26	40 - 60
20	Pemeriksaan Sample	B	3	20 - 28	40 - 80

2.3.5 Dehumidifier

Dehumidifier adalah suatu equipment atau alat yang digunakan untuk menurunkan tingkat kelembapan udara sesuai dengan settingan yang sudah di tetapkan. Untuk menurunkan tingkat kelembapan, dehumidifier menggunakan *heater* untuk memanasi udara yang masuk ke AHU dengan kelembapan yang tinggi. Udara yang masuk ke dehumidifier akan di panaskan sehingga kelembapan yang terdapat di udara dapat berkurang sesuai dengan settingan tingkat kelembapan yang sudah di tetapkan.

Dehumidifier tipe ini mempunyai 4 buah heater yang memakai tegangan listrik 380 Volt dan setiap heater mengkonsumsi 40 Ampere energi listrik serta jika di total 160 Ampere konsumsi energi listrik.



Gambar 2.14 Dehumidifier (*Illustration only*)

(Sumber: BRY-AIR (ASIA) PVT. LTD. (2012). *Industrial Dehumidifier*. Delhi, India: Author)