



## **UNIVERSITAS DIPONEGORO**

### **PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN , PEMILIHAN DAN PEMASANGAN AIR CONDITIONING DI RUANG AUTOCAD**

#### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahlimadya**

<b>ACHMAD ARIF AFENDI</b>	<b>(L0E 008 002)</b>
<b>MUH. JAMIL FUADI</b>	<b>(L0E 008 046)</b>
<b>MUHAMMAD SONHAJI</b>	<b>(L0E 008 049)</b>

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN  
SEMARANG  
2012**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA :

NIM :

Tanda Tangan :

Tanggal :

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

NAMA :  
NIM :  
Program Studi : PSD III Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan dan Pemasangan Air Conditioning di Ruang Autocad

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahlimadya pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Sri Utami Handayani, ST, MT. ( )  
Penguji I : Ir. Rahmat ( )  
Penguji II : Windu Sediono, ST, MT ( )

Semarang,  
Ketua PSD III Teknik Mesin

Ir. Sutomo, M.si  
NIP. 1952032211987031001

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama :  
NIM :  
Program Studi : PSD III Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free High*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan dan Pemasangan Air Conditioning di Ruang Autocad PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal :.....  
Yang menyatakan

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### *MOTTO :*

- ✓ *Pengalaman adalah guru yang paling berharga.*
- ✓ *Tidak pernah ada kata terlambat untuk belajar.*
- ✓ *Gantungkanlah cita-citamu setinggi langit.*
- ✓ *Jangan pernah menunggu hari esok untuk apa yang bisa kita kerjakan hari ini.*
- ✓ *Lebih baik mundur satu langkah demi maju lima langkah.*
- ✓ *Practices makes perfect.*

### *TUGAS AKHIR INI AKU PERSEMBAHKAN UNTUK :*

- ❖ *Allah SWT atas Rahmat dan Karunia-Nya.*
- ❖ *Ayah dan Ibuku tercinta terima kasih atas dukungan yang diberikan dalam hidupku, segala pengorbanan, keikhlasan dan kasih sayang, serta do'a yang tak henti-hentinya untukku.*
- ❖ *Seseorang yang ku sayang, terima kasih atas do'a, support serta bantuannya.*
- ❖ *Bapak Ir. Sutomo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Program Studi Diploma III Teknik Mesin yang telah mengizinkan kami membuat Tugas Akhir.*
- ❖ *Ibu Sri Utami Handayani, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing kami selama proses pengerjaan hingga laporan selesai.*
- ❖ *Keluarga besar Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro beserta alumni.*
- ❖ *Teman-teman seperjuangan yang telah membantu dan memberikan semangat.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar tanpa ada halangan yang berarti. Laporan ini penulis susun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Terselesainya penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, kritik, dan saran serta dorongan dari berbagai pihak baik bantuan secara moril maupun materiil. Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada :

1. Bapak Ir. H. Zainal Abidin. MS, selaku Ketua Program Diploma Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir. Sutomo M.Si selaku Ketua PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Bapak Drs. Sutrisno, selaku Dosen Wali kelas A yang telah memberikan petunjuk dengan sabar dan bijaksana.
4. Ibu Sri Utami Handayani ST.MT. selaku Dosen Wali kelas B yang telah memberikan petunjuk dengan sabar dan bijaksana.
5. Ibu Sri Utami Handayani ST.MT selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan sabar.
6. Bapak dan Ibu dosen beserta staf pengajar pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro yang telah banyak memberikan arahan.
7. Bapak dan Ibu tersayang, atas do'a dan bantuan yang tak terhingga baik dari segi moral maupun material.
8. Teman-teman satu angkatan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penulisan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan guna penyusunan laporan selanjutnya.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi pembaca pada umumnya.

Semarang ,     Juni 2012

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	
<b>HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI</b> .....	
<b>HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	
<b>DAFTAR ISI</b> .....	
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	
<b>ABSTRAKSI</b> .....	
<b>ABSTRACT</b> .....	
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Judul Tugas Akhir.....	
1.2 Latar Belakang .....	
1.3 Perumusan Masalah .....	
1.4 Tujuan Penulisan.....	
1.5 Manfaat Penulisan.....	
1.6 Batasan Masalah.....	
1.7 Sistematika Penulisan.....	
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Pengertian Umum.....	
2.2 Prinsip Kerja Pendingin Ruangan .....	
2.3 Jenis-jenis Pendingin Ruangan .....	
2.4 Komponen Utama Sistem Pendingin .....	
2.5 Termodinamika Sistem Refrigerasi.....	
2.6 Klasifikasi Sistem Refrigerasi.....	
2.7 Beban Pendinginan.....	
2.8 Proses Psikometri.....	
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Alat dan Bahan.....	
3.2 Metodologi .....	
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Perhitungan .....	
4.2 Hasil Pengujian.....	
4.3 Pembahasan .....	
4.4 Perawatan.....	
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	
5.2 Saran.....	
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## ABSTRAKSI

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang terdiri dari musim hujan dan musim panas, pada saat musim panas suhu ruangan tinggi sehingga penghuni tidak nyaman. Untuk menciptakan kondisi yang nyaman maka perlu dipasang pendingin ruangan (AC). Pada tugas akhir ini penulis merencanakan perhitungan beban pendinginan pada ruang autocad, unit AC yang digunakan adalah jenis AC Split. Untuk dapat menghasilkan udara dengan kondisi yang diinginkan, maka peralatan yang dipasang harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki ruangan tersebut. Untuk itu diperlukan survey dan perhitungan untuk menentukan beban pendinginan. Proses perencanaan perhitungan beban pendinginan dimulai dengan merencanakan suhu udara didalam ruang autocad. Dengan desain suhu 25 °C dan RH 55% didapatkan hasil perhitungan beban pendinginan total (GTH) sebesar 49237,09 Btu/hr dan temperatur udara suplai ( $t_{sa}$ ) sebesar 53 °F. Sehingga pada ruang autocad harus dipasang 4 unit AC, tetapi pada ruang autocad hanya terpasang 1 unit AC dengan daya 1,5 PK sehingga suhu yang dihasilkan kurang maksimal.

## **ABSTRACT**

Indonesia is a tropical country consisting of the rainy season and summer, during the summer high temperature of the room so that the occupants uncomfortable. To create favorable conditions it is necessary to set air-conditioning (AC). In this thesis the author plans on the space cooling load calculation sautocad, air-conditioning unit used is the type of AC Split. To be able to produce the desired air conditions, the equipment installed must have the appropriate capacity of which is owned by the cooling load of the room. It required surveys and calculations to determine the cooling load. The planning process starts with the cooling load calculation of air temperature within the space planning autocad. With a design temperature of 25°C and RH 55% obtained the total cooling load calculation (GTH) of 49237,09 Btu/hr and the supply air temperature ( $t_{sa}$ ) of 53 °F. So that the chamber should be installed 4 autocad air conditioning unit, but the space just installed autocad 1 AC unit with the 1.5 PK so that the resulting temperature less than the maximum.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Judul Tugas Akhir**

Tugas Akhir ini diberi judul **“Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan dan Pemasangan Air Conditioning di Ruang Autocad PSD III Teknik Mesin“**. Alasan pemilihan judul ini yaitu sebagai penerapan materi yang telah diperoleh selama ini di bangku kuliah, khususnya pada materi Teknik Refrigerasi & AC dan Perpindahan Kalor.

### **1.2. Latar Belakang**

Fungsi utama sistem pengkondisian udara secara garis besar terbagi menjadi dua yaitu untuk memberikan kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang ada didalamnya (*comfort air conditioning*) dan juga pengaturan kondisi udara yang dapat mendukung pemrosesan bahan (*industrial air conditioning*).

Sistem pendinginan udara telah menjadi suatu kebutuhan pokok bagi bangunan-bangunan besar seperti gedung perkantoran, hotel, rumah, apartemen, auditorium, supermarket, industri, dan dll, terutama di wilayah yang memiliki musim panas. Sistem pengkondisian udara meliputi penghangatan/pendinginan, pengaturan kelembaban dan kualitas udara.

Sistem pengkondisian udara pada suatu ruangan merupakan salah satu fasilitas yang sering digunakan untuk mendukung fungsi ruangan itu sendiri, sebagai pelindung dari kondisi lingkungan seperti panas, angin, debu, dan kondisi lain yang tidak dikehendaki. Kebanyakan unit pengkondisian udara digunakan untuk kenyamanan, yaitu untuk menciptakan kondisi yang nyaman bagi orang yang berada didalamnya.

Perhitungan beban pendingin perlu dilaksanakan terlebih dahulu sebelum dilakukan perencanaan sistem pengkondisian udara di suatu ruangan. Hal ini diperlukan karena besarnya beban pendinginan sangat berpengaruh terhadap pemilihan mesin pengkondisian udara (AC) sehingga kenyamanan dapat diperoleh. Beban pendinginan di pengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor dari dalam ruangan (*internal heat gains*) yang meliputi orang-orang, lampu, dan peralatan elektronik yang menghasilkan kalor. Kemudian faktor dari luar ruangan (*external heat gains*) yang meliputi konduksi melalui dinding, atap, plafon, lantai, dan radiasi dari matahari yang melewati kaca.

Oleh karena itu penulis berusaha untuk menghitung beban pendingin yang ada didalam ruang Autocad Program Studi Diploma III Teknik Mesin, sehingga dapat diupayakan pemilihan mesin pengkondisian udara yang tepat guna memberikan kenyamanan bagi orang yang berada didalam ruang tersebut.

### **1.3. Perumusan Masalah**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, permasalahan yang dihadapi penyusun adalah bagaimana mendapatkan beban pendinginan yang tepat untuk pemilihan mesin pendingin yang tepat.

### **1.4. Tujuan Penulisan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk merancang, memasang dan menghitung beban pendingin di ruang Autocad Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.

### **1.5. Manfaat Penulisan**

Manfaat penulisan laporan tugas akhir ini selain untuk mempelajari cara perhitungan beban pendingin pada ruangan, manfaat lain adalah untuk dapat mempelajari materi perkuliahan lebih lanjut khususnya Teknik Refrigerasi & AC dan perpindahan kalor. Selain itu kami menjadi lebih mengerti tentang kondisi sistem AC yang sebenarnya, sehingga diharapkan mampu meningkatkan fungsi alat yang telah ada dan dapat menciptakan kondisi yang nyaman bagi orang yang berada didalam ruangan tersebut.

### **1.6. Batasan Masalah**

Mengingat betapa luas dan kompleksnya permasalahan pada mesin pendingin, maka batasan penulisan tugas akhir ini hanya pada perhitungan beban pendingin, pemasangan Air Conditioning dan pengisian refrigeran. Cara perhitungan harus sesuai dengan metode perhitungan pada referensi yang ada sehingga permasalahan dapat terarah dan tidak melebar.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Adapun metode penulisan yang dipakai dalam penulisan tugas akhir ini yaitu studi pustaka, dimana dibutuhkan beberapa buku sebagai referensi. Sedangkan sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi dalam beberapa tahap, berawal dari masalah yang bersifat umum sampai masalah yang bersifat khusus. Sistematika dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

#### **Bab I : Pendahuluan**

Pada bab ini berisi latar belakang pembuatan TA, permasalahan yang diangkat, tujuan dan manfaat dari perencanaan ini, batasan dan asumsi-asumsi yang digunakan agar tidak memperlebar pembahasan dari perencanaan ini, dan sistematika penulisan laporan penelitian ini.

#### **Bab II : Dasar Teori**

Pada bab ini berisi mengenai teori dasar yang mendasari penyusunan laporan tugas akhir secara umum khususnya yang berhubungan dengan sistem pendingin ruangan dan tinjauan kepustakaan yang mendukung proses penulisan Tugas Akhir ini.

#### **Bab III :Metodologi**

Pada bab ini berisi langkah-langkah yang dilalui dalam proses perencanaan. Prosedur perencanaan digunakan sebagai petunjuk arah sehingga dalam proses perencanaan tidak akan menyimpang dari tujuan penelitian yang sudah ada.

#### **Bab IV : Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini berisi tentang distribusi temperatur di ruangan Autocad dan analisa.

#### **Bab V : Penutup**

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan, yang merupakan jawaban dari permasalahan yang diangkat pada penelitian tugas akhir ini.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Pengertian Umum

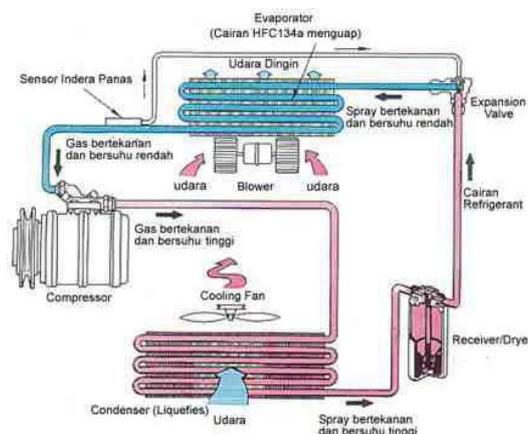
Air Conditioning (AC) atau alat pengkondisi udara merupakan modifikasi pengembangan dari teknologi mesin pendingin. Alat ini dipakai bertujuan untuk memberikan udara yang sejuk dan menyediakan uap air yang dibutuhkan bagi tubuh. Untuk negara beriklim tropis yang terdiri dari musim hujan dan musim panas, pada saat musim panas suhu ruangan tinggi sehingga penghuni tidak nyaman. Di lingkungan tempat kerja, AC juga dimanfaatkan sebagai salah satu cara dalam upaya peningkatan produktivitas kerja. Karena dalam beberapa hal manusia membutuhkan lingkungan udara yang nyaman untuk dapat bekerja secara optimal. Tingkat kenyamanan suatu ruang juga ditentukan oleh temperatur, kelembapan, sirkulasi dan tingkat kebersihan udara.

Untuk dapat menghasilkan udara dengan kondisi yang diinginkan, maka peralatan yang dipasang harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan yang dimiliki ruangan tersebut. Untuk itu diperlukan survey dan menentukan besarnya beban pendinginan.

Secara garis besar beban pendinginan terbagi atas dua kelompok, yaitu beban pendinginan sensibel dan beban pendinginan laten. Beban pendinginan sensibel adalah beban panas yang dipengaruhi oleh perbedaan suhu, seperti beban panas yang lewat konstruksi bangunan, peralatan elektronik, lampu, dll. Sedangkan beban pendinginan laten adalah beban yang dipengaruhi oleh adanya perbedaan kelembapan udara.

Di dalam ruang Autocad, untuk merencanakan penggunaan Air Conditioning (AC) perubahan pembebanan terjadi pada peralatan yang menghasilkan kalor seperti : lampu, komputer, LCD. Selain itu faktor manusia dan kecepatan udara yang masuk kedalam ruangan juga mempengaruhi perubahan pembebanan, yang nilai bebannya dapat berubah-ubah baik secara acak maupun teratur.

### 2.2. Prinsip Kerja Pendingin Ruangan



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan

Kompresor AC yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigeran), jadi refrigeran yang masuk ke dalam kompresor AC dialirkan ke kondensor yang kemudian dimampatkan di kondensor.

Di bagian kondensor ini refrigeran yang dimampatkan akan berubah fase dari refrigeran fase uap menjadi refrigeran fase cair, maka refrigeran mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam refrigeran. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondensor adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan. Pada kondensor tekanan refrigeran yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigeran yang berada pada pipi-pipa evaporator.

Prinsip pendinginan udara pada AC melibatkan siklus refrigerasi, yakni udara didinginkan oleh refrigeran/pendingin (freon), lalu freon ditekan menggunakan kompresor sampai tekanan tertentu dan suhunya naik, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sehingga mencair. Proses tersebut diatas berjalan berulang-ulang sehingga menjadi suatu siklus yang disebut siklus pendinginan pada udara yang berfungsi mengambil kalor dari udara dan membebaskan kalor ini ke luar ruangan.

### **2.3. Jenis-Jenis Pendingin Ruangan**

Berdasarkan jenisnya ada 4 jenis AC yang sering dipergunakan pada rumah tangga yaitu AC Split, AC Window, AC Sentral dan Standing AC.

#### **1) AC Split**

Pada AC jenis Split komponen AC dibagi menjadi dua unit yaitu unit indoor yang terdiri dari filter udara, evaporator dan evaporator blower, ekspansion valve dan controll unit, serta unit outdoor yang terdiri dari kompresor, kondenser, kondenser blower dan refrigeran filter. Selanjutnya antara unit indoor dengan unit outdoor dihubungkan dengan 2 buah saluran refrigeran, satu buah untuk menghubungkan evaporator dengan kompresor dan satu buah untuk menghubungkan refrigeran filter dengan ekspansion valve serta kabel power untuk memasok arus listrik untuk kompresor dan kondenser blower. AC Split cocok untuk ruangan yang membutuhkan ketenangan, seperti ruang tidur, ruang kerja atau perpustakaan.

Kelebihan AC Split :

- Bisa dipasang pada ruangan yang tidak berhubungan dengan udara luar.
- Suara didalam ruangan tidak berisik.

Kekurangan AC Split :

- Pemasangan pertama maupun pembongkaran apabila akan dipindahkan membutuhkan tenaga yang terlatih.
- Pemeliharaan/perawatan membutuhkan peralatan khusus dan tenaga yang terlatih.
- Harganya lebih mahal.

#### **2) AC Window**

Pada AC jenis Window, semua komponen AC seperti filter udara, evaporator, blower, kompresor, kondenser, refrigeran filter, ekspansion valve dan controll unit terpasang pada satu base plate, kemudian base plate beserta semua komponen AC tersebut dimasukkan kedalam kotak plat sehingga menjadi satu unit yang kompak. Biasanya dipilih karena pertimbangan keterbatasan ruangan, seperti pada rumah susun. Dan oleh karena bentuknya yang biasanya besar, jenis AC ini relatif lebih aman dari pencurian.

Kelebihan AC Window :

- Pemasangannya pertama maupun pembongkaran kembali apabila akan dipindahkan mudah dilaksanakan.

- Pemeliharaan/perawatan mudah dilaksanakan.
- Harga murah.

Kekurangan AC Window :

- Karena semua komponen AC terpasang pada base plate yang posisinya dekat dengan ruangan yang didinginkan, maka cenderung menimbulkan suara berisik (terutama akibat suara dari kompresor).
- Tidak semua ruangan dapat dipasang AC window, karena AC window harus dipasang dengan cara bagian kondensser menghadap ketempat terbuka supaya udara panas dapat dibuang kealam bebas.

### 3) AC Sentral

Pada AC jenis ini udara dari ruangan didinginkan pada cooling plant diluar ruangan tersebut, kemudian udara yang telah dingin dialirkan kembali kedalam ruangan tersebut. Biasanya cocok untuk dipasang di sebuah gedung bertingkat (berlantai banyak), seperti di hotel atau mall.

Kelebihan AC Sentral :

- Suara didalam ruangan tidak berisik sama sekali.
- Estetika ruangan terjaga, karena tidak ada unit indoor.

Kekurangan AC Sentral :

- Perencanaan, instalasi, operasi dan pemeliharaan membutuhkan tenaga yang betul-betul terlatih.
- Apabila terjadi kerusakan pada waktu beroperasi, maka dampaknya dirasakan pada seluruh ruangan.
- Pengaturan temperatur udara hanya dapat dilakukan pada sentral cooling plant.
- Biaya investasi awal serta biaya operasi dan pemeliharaan tinggi.

### 4) Standing AC

Jenis AC ini cocok dipergunakan untuk kegiatan-kegiatan situasional dan mobil karena fungsinya yang mudah dipindahkan, seperti seminar, acara pengajian di dalam ruangan, dsb.

## 2.4. Komponen Utama Sitem Pendingin

### 2.4.1. Kompresor

Kompresor atau pompa isap mempunyai fungsi yang vital. Dengan adanya kompresor, refrigeran bisa mengalir ke seluruh sistem pendingin. Sistem kerjanya adalah dengan mengubah tekanan, sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigeran mengalir (berpindah) dari sisi bertekanan rendah ke sisi bertekanan tinggi.

Ketika bekerja, refrigeran yang dihisap dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah dimampatkan sehingga suhu dan tekanannya naik. Gas yang dimampatkan ini ditekan keluar dari kompresor lalu dialirkan ke kondensor. Jenis kompresor yang banyak digunakan adalah kompresor torak, kompresor rotary, kompresor sudu, dan kompresor sentrifugal.

#### a. Kompresor torak (Reciprocating compressor)

Pada saat langkah hisap piston, gas refrigeran yang bertekanan rendah ditarik masuk melalui katup hisap yang terletak pada piston atau di kepala kompresor. Pada saat langkah buang, piston menekan refrigeran dan mendorongnya keluar melalui katup buang, yang biasanya terletak pada kepala silinder.

- b. Kompresor rotary  
Rotor adalah bagian yang berputar didalam stator, rotor terdiri dari dua baling-baling. Langkah hisap terjadi saat katup mulai terbuka dan berakhir setelah katup tertutup. Pada waktu katup sudah tertutup dimulai langkah tekan sampai katup pengeluaran membuka, sedangkan pada katup secara bersamaan sudah terjadi langkah hisap, demikian seterusnya.
- c. Kompresor sudu  
Kompresor jenis ini kebanyakan digunakan untuk lemari es, freezer, dan pengkondisian udara rumah tangga, juga digunakan sebagai kompresor pembantu pada bagian tekanan rendah sistem kompresi bertingkat besar.

#### 2.4.2. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair, kondensor memiliki pipa-pipa yang dapat dibersihkan.

Kondensor dibedakan menjadi 3 jenis, yakni Air-cooled Condensor, Water-cooled Condensor dan Evaporative-cooled Condensor.

##### a. Air-cooled Condensor

Dalam Air-cooled condensor, kalor dipindahkan dari refrigeran ke udara dengan menggunakan sirkulasi alamiah atau paksa. Kondensor dibuat dari pipa baja, tembaga dengan diberi sirip untuk memperbaiki transfer kalor pada sisi udara. Refrigeran mengalir didalam pipa dan udara mengalir diluarnya. Air-cooled condensor hanya digunakan untuk kapasitas kecil seperti refrigerator dan small water cooler.

##### b. Water cooled Condensor

Water cooled condensor dibedakan menjadi 3 jenis yakni shell and tube, shell and coil, double tube.

- Shell and Tube

Salah satu jenis alat penukar kalor yang menurut konstruksinya dicirikan oleh adanya sekumpulan pipa (tabung) yang dipasangkan didalam shell (pipa galvanis) yang berbentuk silinder dimana 2 jenis fluida saling bertukar kalor yang mengalir secara terpisah (air dan freon).

- Shell and Coil

Terdiri dari sebuah cangkang yang dilas elektrik dan berisi koil air, kadang-kadang juga dengan pipa bersirip.

- Double Tube

Refrigeran mengembun diluar pipa dan air mengalir dibagian dalam pipa pada arah yang berlawanan. Double tube digunakan dalam hubungan dengan cooling tower dan spray pond.

##### c. Evaporative Condensor

Refrigeran pertama kali melepaskan kalornya ke air kemudian air melepaskan kalornya ke udara dalam bentuk uap air. Udara meninggalkan uap air dengan kelembaban yang tinggi seperti dalam cooling tower. Oleh karena itu kondensor evaporative menggabungkan fungsi dari sebuah kondensor dan cooling tower. Evaporative condensor banyak digunakan dipabrik amoniak.

Kondensor yang digunakan disini adalah jenis water cooled kondensor tipe shell and tube, karena lebih mudah dalam menganalisa temperatur jika dibandingkan dengan Air cooled condensor yang sering terjadi fluktuasi pada temperaturnya. Water cooled condensor ini ditempatkan di antara kompresor



#### **2.4.4. Evaporator (Penguap)**

Evaporator adalah komponen pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai penukar kalor, serta bertugas menguapkan refrigeran dalam sistem, sebelum dihisap oleh kompresor. Panas udara sekeliling diserap evaporator yang menyebabkan suhu udara disekeliling evaporator turun. Suhu udara yang rendah ini dipindahkan ketempat lain dengan jalan dihembus oleh kipas, yang menyebabkan terjadinya aliran udara.

Ada beberapa macam evaporator, sesuai dengan tujuan penggunaannya dan bentuknya dapat berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan karena media yang hendak didinginkan dapat berupa gas, cairan atau padat. Maka evaporator dapat dibagi menjadi beberapa golongan, sesuai dengan refrigeran yang ada di dalamnya, yaitu : jenis ekspansi kering, jenis setengah basah, jenis basah, dan sistem pompa cairan.

##### **1) Jenis ekspansi kering**

Dalam jenis ekspansi kering, cairan refrigeran yang diekspansikan melalui katup ekspansi pada waktu masuk ke dalam evaporator sudah dalam keadaan campuran cair dan uap, sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap air.

##### **2) Evaporator jenis setengah basah**

Evaporator jenis setengah basah adalah evaporator dengan kondisi refrigeran diantara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis basah. Dalam evaporator jenis ini, selalu terdapat refrigeran cair dalam pipa penguapnya.

##### **3) Evaporator jenis basah**

Dalam evaporator jenis basah, sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran.

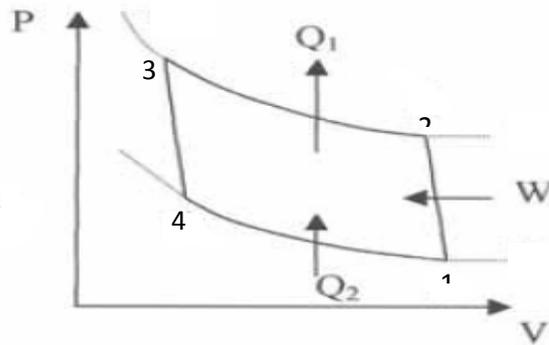
#### **Perpindahan Kalor di dalam Evaporator**

Perpindahan panas yang terjadi pada evaporator adalah konveksi paksa yang terjadi di dalam dan di luar tabung serta konduksi pada tabungnya. Perpindahan panas total yang terjadi merupakan kombinasi dari ketiganya. Harga koefisien perpindahan panas menyeluruh dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung koefisien perpindahan kalor pada sisi refrigeran dan sisi udara yang telah dijelaskan sebelumnya. Selanjutnya koefisien perpindahan panas total dihitung berdasarkan luas permukaan dalam pipa dan berdasarkan luas permukaan luar pipa.

## **2.5. Termodinamika Sistem Refrigerasi**

### **2.5.1. Siklus Refrigerasi Carnot**

Siklus refrigerasi carnot merupakan kebalikan dari mesin carnot. Mesin carnot menerima energi kalor dari temperatur tinggi, energi kemudian diubah menjadi suatu kerja dan sisa energi tersebut dibuang ke sumber panas pada temperatur rendah. Sedangkan siklus refrigerasi carnot menerima energi pada temperatur rendah dan mengeluarkan energi pada temperatur tinggi. Oleh sebab itu pada siklus pendingin diperlukan penambahan kerja dari luar. Untuk Daur Refrigerasi carnot ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Daur refrigerasi carnot (Sunyoto,2010)

Proses-proses yang membentuk daur refrigerasi carnot :

- Proses kompresi adiabatik (1-2)
- Proses pelepasan kalor isothermal (2-3)
- Proses ekspansi adiabatik (3-4)
- Proses penyerapan kalor isothermal (4-1)

Tujuan utama dari daur ini adalah penyerapan kalor dari sumber bersuhu rendah pada proses 4-1 yaitu penyerapan kalor isothermal.

### 2.5.2. Siklus Kompresi Uap Standar (Teoritis)

Siklus kompresi uap standar merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut :

#### 1. Proses Kompresi

Proses kompresi berlangsung dari titik 1 ke titik 2. Pada siklus sederhana diasumsikan refrigeran tidak mengalami perubahan kondisi selama mengalir dijalur hisap. Proses kompresi diasumsikan isentropik sehingga pada diagram tekanan dan entalpi berada pada satu garis entropi konstan, dan titik 2 berada pada kondisi super panas. Proses kompresi memerlukan kerja dari luar dan entalpi uap naik dari  $h_1$  ke  $h_2$ , besarnya kenaikan ini sama dengan besarnya kerja kompresi yang dilakukan pada uap refrigeran.

#### 2. Proses Kondensasi

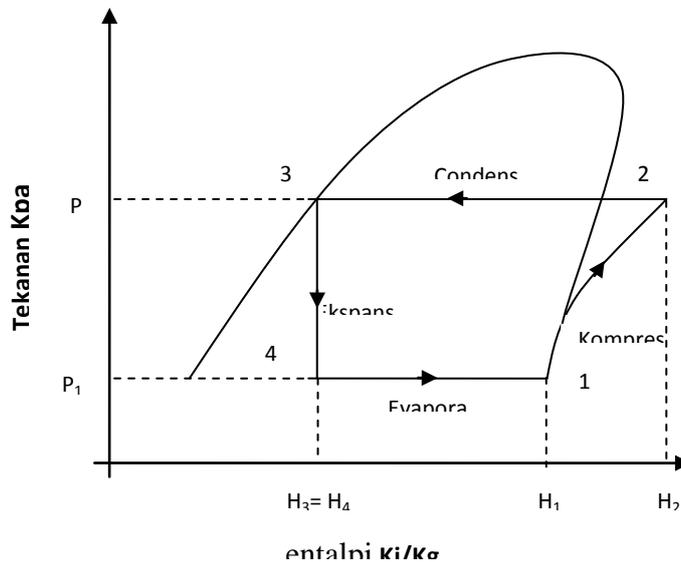
Proses 2-3 merupakan proses kondensasi yang terjadi pada kondensor, uap panas refrigeran dari kompresor didinginkan oleh air sampai pada temperatur kondensasi, kemudian uap tersebut dikondensasikan. Pada titik 2 refrigeran pada kondisi uap jenuh pada tekanan dan temperatur kondensasi. Proses 2-3 terjadi pada tekanan konstan, dan jumlah panas yang dipindahkan selama proses ini adalah beda entalpi antara titik 2 dan 3.

#### 3. Proses Ekspansi

Proses ekspansi berlangsung dari titik 3 ke titik 4. Pada proses ini terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi (titik 3) menjadi tekanan evaporasi (titik 4). Pada waktu cairan di ekspansi melalau katup ekspansi atau pipa kapiler ke evaporator, temperatur refrigeran juga turun dari temperatur kondensat ke temperatur evaporasi. Proses 3-4 merupakan proses ekspansi adiabatik dimana entalpi fluida tidak berubah disepanjang proses. Refrigeran pada titik 4 berada pada kondisi campuran-uap.

#### 4. Proses Evaporasi

Proses 4-1 adalah proses penguapan yang terjadi pada evaporator dan berlangsung pada tekanan konstan. Pada titik 1 seluruh refrigeran berada pada kondisi uap jenuh. Selama proses 4-1 entalpi refrigeran naik akibat penyerapan kalori dari ruang refrigerasi. Besarnya kalor yang diserap adalah beda entalpi titik 1 dan titik 4 biasa disebut dengan efek pendinginan. Tekanan entalpi siklus kompresi uap standar ditunjukkan pada Gambar 2.4.

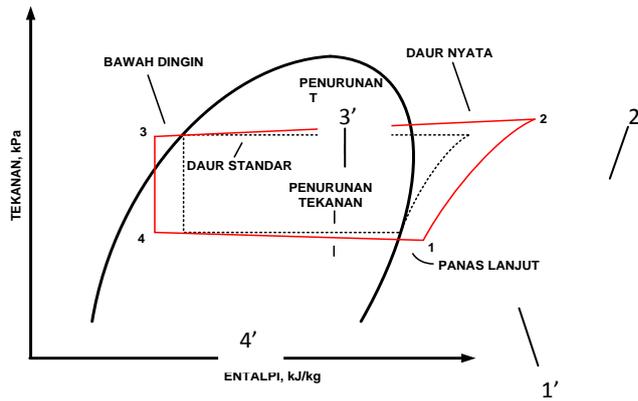


Gambar 2.4. Diagram tekanan entalpi siklus kompresi uap standar  
(Sunyoto, 2010)

#### 2.5.3. Siklus Kompresi Uap Aktual

Siklus kompresi uap yang sebenarnya (aktual) berbeda dari siklus standar (teoritis). Perbedaan ini muncul karena asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe peralatan ekspansi yang di gunakan atau dapat juga karena penyerapan panas dijalar masuk (*suction line*) antara evaporator dan kompresor. Demikian juga pada refrigeran cair mengalami pendinginan lanjut atau bawah dingin sebelum masuk katup ekspansi atau pipa kapiler. Keadaan diatas adalah peristiwa normal dan melakukan fungsi yang diinginkan untuk menjamin bahwa seluruh refrigeran yang memasuki kompresor atau alat ekspansi dalam keadaan 100 % uap atau cair.

Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan standar terletak pada penurunan tekanan dalam kondensor dan evaporator. Daur standar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan pada kondensor dan evaporator, tetapi pada daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa. Akibat dari penurunan tekanan ini, kompresor pada titik 1 dan 2 memerlukan lebih banyak kerja dibandingkan dengan daur standar. Untuk siklus aktual dan siklus standar ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Perbandingan siklus aktual dan siklus standar (Sunyoto, 2010)

Garis 4-1' diperlihatkan penurunan tekanan yang terjadi pada refrigeran pada saat melewati *suction line* dari evaporator ke kompresor. Garis 1-1' diperlihatkan terjadinya panas lanjut pada uap refrigeran yang ditunjukkan dengan garis yang melewati garis uap jenuh. Proses 1'-2' adalah proses kompresi uap refrigeran didalam kompresor. Pada siklus teoritis proses kompresi diasumsikan isentropik, yang berarti tidak ada perpindahan kalor diantara refrigeran dan dinding silinder. Pada kenyataannya proses yang terjadi bukan isentropik maupun politropik. Garis 2'-3 menunjukkan adanya penurunan tekanan yang terjadi pada pipa-pipa kondensor. Sedangkan pada garis 3-3' menunjukkan tekanan yang terjadi dijalur cair.

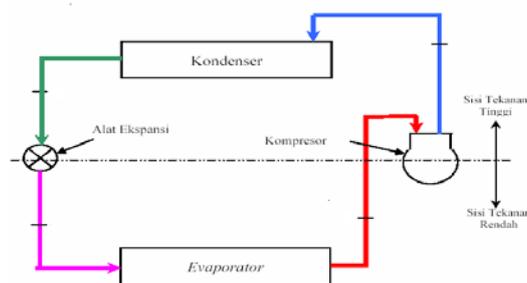
## 2.6. Klasifikasi Sistem Refrigerasi

Ditinjau dari prinsip kerjanya, sistem refrigerasi di bagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Sistem refrigerasi kompresi uap
2. Sistem refrigerasi absorpsi
3. Sistem refrigerasi udara

### 2.6.1. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

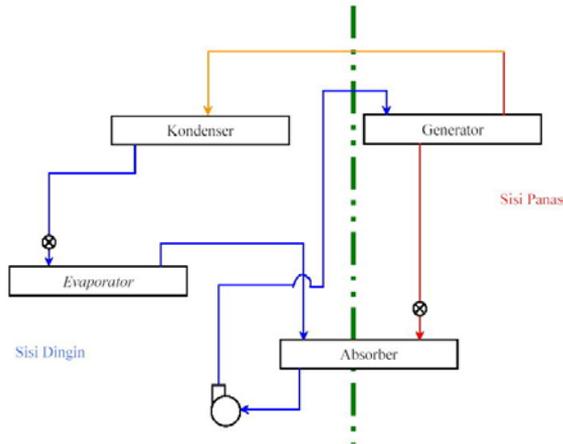
Siklus refrigerasi kompresi mengambil keuntungan dari kenyataan bahwa fluida yang bertekanan tinggi pada suhu tertentu cenderung menjadi lebih dingin jika dibiarkan mengembang. Jika perubahan tekanan cukup tinggi, maka gas yang ditekan akan menjadi lebih panas dari pada sumber dingin di luar (contoh udara di luar) dan gas yang mengembang akan menjadi lebih dingin dari pada suhu dingin yang dikehendaki. Dalam kasus ini, fluida digunakan untuk mendinginkan lingkungan bersuhu rendah dan membuang panas ke lingkungan yang bersuhu tinggi. Untuk Sistem refrigerasi kompresi uap di tunjukan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Sistem refrigerasi kompresi uap (Sunyoto, 2010)

### 2.6.2. Sistem Refrigerasi Absorpsi

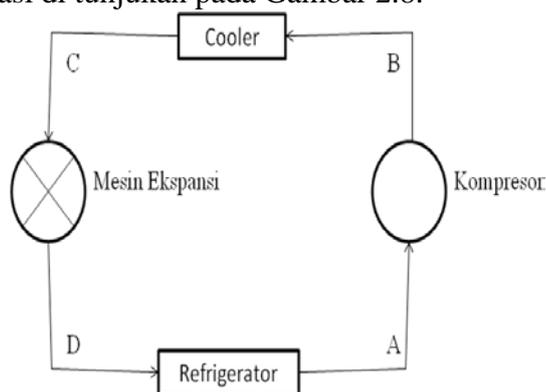
Dalam siklus refrigerasi absorpsi, dipergunakan penyerap untuk menyerap refrigeran yang diuapkan di dalam evaporator sehingga menjadi suatu larutan absorpsi. Kemudian, larutan absorpsi tersebut dimasukkan ke dalam sebuah generator untuk memisahkan refrigeran dari larutan absorpsi tersebut dengan cara memanasi, yang sekaligus akan menaikkan tekanannya sampai mencapai tingkat keadaan mudah diembunkan. Untuk Sistem refrigerasi absorpsi di tunjukan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Sistem refrigerasi absorpsi (Sunyoto, 2010)

### 2.6.3. Sistem Refrigerasi Udara

Pada siklus ini, udara bertindak sebagai refrigeran, yang menyerap panas pada tekanan konstan  $P_1$ , di dalam refrigerator. Udara panas keluar refrigerator, dikompresi untuk dibuang panasnya ke lingkungan melalui cooler pada tekanan konstan  $P_2$  ( $P_2 > P_1$ ). Udara keluar cooler dikembalikan ke keadaan awal oleh mesin ekspansi untuk dapat melakukan langkah awal pada siklus berikutnya. Sistem refrigerasi di tunjukan pada Gambar 2.8.



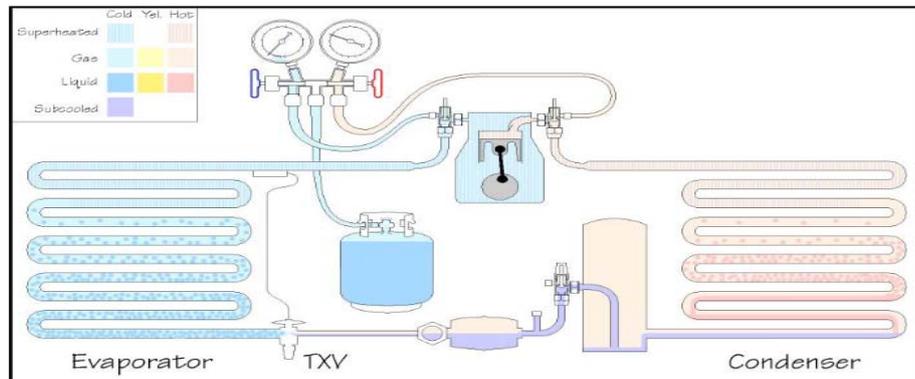
Gambar 2.8. Sistem refrigerasi udara (Sunyoto, 2010)

### 2.6.4. Pengisian Refrigeran

Pengisian refrigeran kedalam sistem harus dilakukan dengan baik dan jumlah refrigeran yang diisi sesuai atau tepat dengan takaran. Kelebihan refrigeran dalam sistem dapat menyebabkan temperatur evaporasi yang tinggi akibat dari refrigeran tekanan yang tinggi. Selain itu dapat menyebabkan kompresor rusak akibat kerja kompresor yang terlalu berat dan adanya

kemungkinan *liquid suction*. Sebaliknya bila jumlah refrigeran yang diisikan sedikit, dengan kata lain kurang dari yang ditentukan, maka sistem akan mengalami kekurangan pendinginan. Sebaik mungkin dan karena proses pengisian refrigeran ke dalam sistem ada beberapa cara, diantaranya yaitu:

- Mengisi sistem berdasarkan berat refrigeran.
- Mengisi sistem berdasarkan banyaknya bunga es yang terjadi di evaporator.
- Mengisi sistem berdasarkan temperatur dan tekanan.



Gambar 2.9. Pemasangan Manifold untuk pengisian

Refrigeran yang digunakan adalah Refrigeran 22, sebab Refrigeran 22 dapat digunakan pada kompresor Torak, Rotary dan Sentrifugal. R22 digunakan untuk Air conditioning yang sedang dan kecil, Pemakaian ( $50 \text{ s/d} + 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ), pemakaiannya pada suhu sedang dan rendah, Titik didih  $-41,4 \text{ }^\circ\text{F}$  ( $-40,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) pada tekanan 1 atmosfer, tekanan penguapan 28,3 psig pada  $5 \text{ }^\circ\text{F}$  dan tekanan kondensasi 158,2 psig pada  $86 \text{ }^\circ\text{F}$ , kalor laten uap 100,6 Btu/lb pada titik didih. Keunggulan R22 dibanding R12 adalah :

- Untuk pergerakan torak yang sama, kapasitasnya 60% lebih besar.
- Untuk kapasitas yang sama, bentuk kompresor lebih kecil, pipa-pipa yang dipakai juga lebih kecil ukurannya.
- Pada suhu evaporator antara  $-30 \text{ s/d} -40^\circ\text{C}$ , tekanan R22 lebih dari 1 atmosfer, sedangkan R12 kurang dari 1 atmosfer.

R22 tidak korosif terhadap logam yang banyak dipakai pada sistem refrigerasi dan air conditioning seperti: besi, tembaga, aluminium, kuningan, baja tak berkarat, las perak, timah solder, babit. R22 mempunyai kemampuan menyerap air tiga kali lebih besar dari pada R12, jarang sekali terjadi pembekuan air di evaporator pada sistem yang memakai R22. Ini bukan merupakan keuntungan karena didalam sistem harus bersih dari uap air dan air. Kebocoran dapat dicari dengan halide leak detector dan air sabun.

## 2.7. Beban Pendinginan

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada waktu melakukan perhitungan beban pendinginan dan penentuan perlengkapan sistem tata udara serta sistem control, antara lain: penggunaan atau fungsi ruang, jenis konstruksi bangunan, pola beban pengkondisian, kondisi dalam ruangan.

Pada tahap perencanaan, perhitungan beban pendinginan yang tepat harus dilakukan karena hasil perhitungan beban pendinginan yang tepat akan menjadi dasar untuk pemilihan jenis dan kapasitas peralatan pendinginan.

Didalam ruang Autocad beban pendinginan ada 2 macam,yaitu : Beban sensibel dan beban laten. Beban sensibel antara lain: beban kalor melalui dinding, atap, langit-langit, lantai, peralatan listrik (komputer, LCD dan lampu) karena beban infiltrasi ruangan. Dinding yang terbuat dari bahan tembok dan kaca terdapat beban kalor karena terkena panas radiasi matahari. Sedangkan beban kalor laten antara lain: penghuni (orang) dan beban kalor pada infiltrasi ruangan.

## 2.7.1. Beban Kalor Sensibel

### 2.7.1.1. Beban Pendinginan Luar

#### a. Beban kalor melalui kaca

Perolehan panas melalui kaca dan tirai dihitung pada saat terjadi perpindahan panas terbesar. Perolehan panas ini disebabkan oleh panas sinar matahari yang diserap oleh kaca dan beda temperatur antara kondisi luar ruang dan dalam ruangan.

Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Q = \left[ 0,4 a_g + t_g (a_{sd} + t_{sd} + r_g r_{sd} + 0,4 a_g r_{sd}) \right] \frac{R}{0,88} \times A \quad (1)$$

Dimana :

Q = Jumlah aliran panas, Btu/hr

A = Luas permukaan kaca, ft<sup>2</sup>

R = Total intensitas panas sinar matahari, 14 Btu/hr ft<sup>2</sup> (tabel 15)

a = Penyerapan panas sinar matahari

t = Keadaan panas sinar matahari yang dipindahkan

r = Panas sinar matahari yang dikembalikan

g = Kaca

sd = Tirai

#### b. Beban Kalor Melalui Dinding

Perolehan panas (*Heat Gain*) melalui dinding dihitung pada saat terjadi perpindahan panas terbesar. Perolehan panas ini disebabkan oleh panas sinar matahari yang diserap oleh permukaan dinding dan oleh beda temperatur antara kondisi luar ruang dan dalam ruangan.

Dapat dihitung menggunakan rumus :<sup>2</sup>

$$q = A \cdot U \cdot \Delta te \quad (2)$$

$$\Delta te = 0,55 \frac{R_s}{R_m} \Delta tem + \left( 1 - 0,55 \frac{R_s}{R_m} \right) \Delta tes \quad (3)$$

Dimana :

q = Jumlah aliran panas melalui dinding, Btu/hr

U = Koefisien transmisi melalui dinding, Btu/hr ft<sup>2</sup> . °F

A = Luas permukaan dinding, ft<sup>2</sup>

Δte = Beda temperatur equivalent °F

Δtem = Temperatur equivalent terhadap matahari

Δtes = Temperatur equivalent terhadap waktu hari tertentu

Rm = Beban panas maksimal pada bulan Juli 40°LU

Rs = Beban panas maksimal melalui dinding dan atap

<sup>(1)</sup> Carrier Air Conditioning Company, hal 50

<sup>(2)</sup> Carrier Air Conditioning Company, hal 59

<sup>(3)</sup> Carrier Air Conditioning Company, hal 64

c. Beban Kalor Melalui Langit – langit

Perhitungan beban kalor langit–langit dihitung pada saat perpindahan panas terbesar melalui atap yang terkena radiasi matahari. Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$q = A \cdot U \cdot (\Delta t - 5) \quad (4)^3$$

Dimana :

- q = Jumlah aliran panas melalui langit–langit , Btu/hr
- U = Koefisien transmisi melalui langit–langit, Btu/hr ft<sup>2</sup> °F
- A = Luas permukaan langit–langit, ft<sup>2</sup>
- Δt = Beda temperatur luar dan dalam, °F

d. Beban Kalor Melalui Infiltrasi Ruangan

Perhitungan beban kalor melalui infiltrasi ruangan dihitung sesuai kecepatan udara yang masuk kedalam ruangan, selain kecepatan udara, infiltrasi juga dipengaruhi oleh kerapatan jendela dan pintu. Infiltrasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$q = cfm \cdot \Delta t \cdot 1,08 \quad (5)$$

Dimana :

- q = Jumlah aliran panas melalui infiltrasi ruangan , Btu/hr
- cfm = Jumlah udara ventilasi, cfm
- Δt = Beda temperatur luar dan dalam °F

### 2.7.1.2. Beban Pendingin Dalam

a. Penghuni

Jumlah orang didalam ruang Autocad diperkirakan 13 orang, dengan perbandingan jumlah perempuan 1 orang dan jumlah laki-laki 12 orang. Besarnya beban sensibel jika penghuninya duduk santai dapat diketahui dari (*Carrier, hal.100 Tabel 48*).

$Q_{pria}$  = Jumlah orang x beban sensibel orang beraktifitas.

$Q_{wanita}$  = Jumlah orang x beban sensibel orang beraktifitas x 0,85.

b. Lampu

Jumlah lampu didalam ruang Autocad 8 buah lampu neon, besarnya beban sensibel lampu neon dapat diketahui dari (*Carrier, hal.101 Tabel 49*). Besarnya beban pendinginan lampu dapat dicari dengan rumus:

$$\text{Flourescent (neon), } q = \text{Total watt} \times 1,25 \times 3,4 \text{ Btu/hr}$$

c. Komputer

Jumlah komputer didalam ruang autocad 12 buah, besarnya beban sensibel komputer dan monitor dapat diketahui dari rumus:

Untuk peralatan listrik,

$$q = \text{Total watt} \times 3,4 \text{ Btu/hr}$$

d. LCD

Jumlah LCD didalam ruang autocad 1 buah, besarnya beban sensibel LCD dapat diketahui dari Rumus:

Untuk peralatan listrik,  $q = \text{Total watt} \times 3,4 \text{ Btu/hr}$

e. Beban Sensibel Ruangan

Besarnya beban sensibel ruangan (RSH) akan didapat dengan menambahkan angka keamanan sebesar 2%, maka hasilnya didapat dari rumus:

---

(<sup>4</sup>) Ibid, halaman 73

(<sup>5</sup>) Ibid, halaman 64

$$RSH = \Sigma q \text{ sensibel} \times 102\%$$

Didalam suatu ruangan tentu terdapat kebocoran udara yang berasal dari peralatan atau kondisi udara yang tidak terkondisikan, maka beban tambahan (RSHS) dapat dicari dengan rumus :

$$RSHS = RSH \times \text{jumlah kebocoran udara (\%)}$$

f. Beban udara ventilasi

Beban ventilasi merupakan tambahan udara atau penambahan konsentrasi oksigen dari luar untuk mengurangi bau-bauan yang ada dalam ruangan. Dapat dicari dengan rumus:

$$OASH = cfm \times 1.08 \times \Delta t \quad (6)$$

Dimana:

cfm = Jumlah udara ventilasi total , cfm

$\Delta t$  = Beda temperatur luar dan dalam °F<sup>4</sup>

Besarnya beban sensibel efektif ruangan (ERSH) dapat dicari dengan rumus:

$$ERSH = RSH + RSHS + (BF \times OASH) \quad (7)$$

Dimana: BF = Faktor bypass

### 2.7.2. Beban Kalor Laten

a. Infiltrasi

Infiltrasi merupakan besarnya udara luar yang masuk kedalam ruangan mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaban di ruangan tersebut. Infiltrasi dapat dicari dengan rumus:

$$Q = cfm \times (Woa - Wrm) \times 0,68$$

Dimana:

Woa = Kadar uap air udara luar, grain /lb

Wrm = Kadar uap air udara ruangan, grain/lb

b. Penghuni

Jumlah orang dalam ruangan autocad diperkirakan 13 orang, dengan perbandingan jumlah perempuan 1 orang dan jumlah laki-laki 12 orang. Besarnya beban laten jika penghuninya duduk santai dapat diketahui dari (*Carrier, hal.100 Tabel 48*).

q pria = Jumlah orang x beban laten orang beraktifitas.

qWanita = Jumlah orang x beban laten orang beraktifitas x 0,85.

Beban kalor laten perlu adanya penambahan angka keamanan sebesar 2%, maka besarnya beban laten ruangan (RLH) dapat dicari dengan rumus:

$$RLH = \Sigma q_{\text{laten}} \times 102\%$$

Besarnya beban laten yang diasumsikan ada kebocoran pada ducting (%) dan rumus adanya beban kebocoran tersebut adalah:

$$RLHS = 5\% \times RLH$$

c. Ventilasi

Ventilasi merupakan tambahan udara atau penambahan konsentrasi oksigen dari luar atau sirkulasi dari luar ruangan. Dapat dicari dengan rumus:

$$OALH = cfm \times (Woa - Wrm) \times 0,68 \quad (8)^5$$

---

(6) Ibid, halaman 150

(7) Ibid, halaman 150

(8) Ibid, halaman 100

(9) Ibid, halaman 150

(10) Ibid, halaman 150

(11) Ibid, halaman 150

(12) Ibid, halaman 150

(13) Ibid, halaman 150

Dimana:

Cfm = Jumlah udara ventilasi total, cfm

Woa = Kadar uap air udara luar, grain /lb

Wrm = Kadar uap air udara ruangan, grain/lb

Besarnya beban laten efektif ruangan (ERSH) dapat dicari dengan rumus:

$$ERLH = RLH + RLHS + (BF \times OALH) \quad (9)$$

Dimana: BF = Faktor bypass

Besarnya Panas Efektif Ruangan Total (ERTH)

$$ERTH = ERSR + ERL \quad (10)$$

Panas Sensibel Total (TSH)

$$TSH = RSH + OASH + RSHS \quad (11)$$

Panas Laten Total (TLH) adalah :

$$TLH = RLH + OALH + RLHS \quad (12)$$

Beban atau panas pendingin total (GTH) adalah :

$$GTH = TSH + TLH \quad (13)$$

## 2.8. Proses Psikometri

Psikometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air, yang mempunyai arti penting di dalam bidang teknik pengkondisian udara, karena udara atmosfer tidak kering betul tetapi merupakan campuran antara udara dan uap air. Pada beberapa proses pengkondisian udara, kandungan air sengaja disingkirkan dari udara, tetapi pada proses yang lain, air ditambahkan.

Pada beberapa alat terdapat proses perpindahan kalor dan massa antara udara dan permukaan bagian yang basah. Sebagai contohnya adalah beberapa jenis alat pelembab udara (humidifier), penurunan kelembaban (dehumidifying) dan oil pendingin serta peralatan penyemprot air (water spray), seperti menara pendingin dan kondensor penguapan. Dengan menggunakan potensial entalpi, yang akan dibahas dalam bab ini, beberapa hubungan yang mudah untuk menentukan laju perpindahan kalor dapat dikembangkan. Pertama-tama akan dibahas tentang bahan-bahan psikometrik, pengkajian sifat-sifat, yang kemudian diikuti dengan pembahasan tentang proses pengkondisian udara secara umum.

Untuk dapat menghitung jumlah udara yang diperlukan dan temperatur udara pada setiap sisi dan menggambarkan proses pengkondisian udara pada grafik psikometrik, setelah mengetahui besarnya beban pendingin diketahui adalah dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor Panas Sensibel Ruangan : } RSHF = \frac{RSH}{RTH} \quad (14)$$

$$\text{Faktor Panas Sensibel Efektif: } ESHF = \frac{ERSH}{ERTH} \quad (15)$$

$$\text{Faktor Panas Sensibel Total : } GSHF = \frac{TSH}{GTH} \quad (16)$$

$$\text{Udara Yang Keluar Dari Evaporator : } Cfm_{oa} = \frac{RSH}{1,08 \times \Delta t} \quad (17)$$

Udara Yang Masuk ke Evaporator :

$$Cfm_{ra} = Cfm_{oa} - Cfm_{ra} \quad (18)$$

Temperatur udara masuk Evaporator, Tedb

---

(14) Ibid, halaman 150

(15) Ibid, halaman 150

(16) Ibid, halaman 150

$$T_{edb} = \frac{(Cf_{m_{oa}} \times t_{oa}) + (Cf_{m_{ra}} \times t_{desing})}{(Cf_{m_{oa}} + Cf_{m_{ra}})} \quad (19)$$

Temperatur udara meninggalkan Evaporator, Tldb

$$T_{ldb} = T_{adp} + BF (T_{edb} - T_{adp}) \quad (20)$$

Jumlah udara yang dikondisikan di Evaporator (cfm<sub>da</sub>)

$$cfm_{da} = \frac{TSH}{1.08 \times (T_{edb} - T_{ldb})} \quad (21)$$

### 2.8.1 Diagram Psikometrik dan Sifat Udara Basah

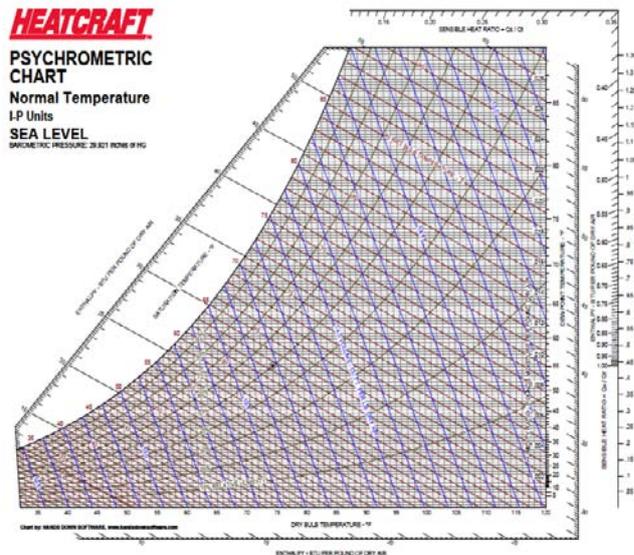
Sifat termal dari udara basah pada umumnya ditunjukkan dengan menggunakan diagram psikometrik, seperti pada gambar 2.10. dalam hal tersebut dipakai beberapa istilah dan simbol antara lain sebagai berikut :

a. Temperatur bola kering (DB)

Temperatur tersebut dapat dibaca pada thermometer dengan sensor kering dan terbuka. Namun, penunjukan tidaklah tepat karena adanya pengaruh radiasi panas, kecuali jika sensornya memperoleh ventilasi yang cukup baik.

b. Temperatur bola basah (WB)

Dalam hal ini digunakan thermometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan pengaruh radiasi panas. Namun perlu diperhatikan bahwa melalui sensor harus terjadi aliran udara sekurang-kurangnya 5 m/s.



Gambar 2.10 Diagram Psikometrik

c. Perbandingan Kelembaban (*W*)

Kelembaban spesifik atau ratio kelembaban (*W*), dinyatakan dalam besaran masa uap air yang terkandung di udara per satuan masa udara kering yang diukur dalam gram per kilogram dari udara kering (gr/kg) atau grain/lb. Pada tekanan barometer tertentu, kelembaban spesifik merupakan fungsi dari suhu titik embun. Tetapi karena penurunan tekanan barometer menyebabkan volume persatuan masa udara naik, maka kenaikan tekanan barometer akan menyebabkan kelembaban spesifik menjadi turun. Hal ini dinyatakan dengan persamaan:

$$W = 0,622 \frac{P_v}{P_t - P_v}$$

d. Kelembaban Relatif (RH)

Kelembaban relatif (RH), dinyatakan dalam persen (%), merupakan perbandingan antara tekanan parsial aktual yang diterima uap air dalam suatu volume udara tertentu (tekanan uap moist) dengan tekanan parsial yang diterima uap air pada kondisi saturasi pada suhu udara saat itu ( $P_{sat}$ ). Dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$RH = \frac{P_v}{P_{sat}}$$

e. Volume Spesifik ( $v$ )

Volume spesifik adalah volume udara campur dengan satuan meterkubik per kilogram udara kering. Dapat juga dikatakan sebagai meterkubik campuran udara kering, karena volume yang diisi oleh masing-masing substansi, sama. Hal ini dinyatakan dengan persamaan:

$$v = \frac{R_a T}{P_a}$$

f. Entalpi ( $h$ )

Entalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu temperatur tertentu. Apabila proses dengan tekanan tetap diatas ditambahkan batasan dengan meniadakan kerja yang dilakukan terhadap bahan, misalnya pada sebuah kompresor maka jumlah kalor yang diberikan atau dilepaskan persatuan massa adalah perubahan entalpi dari bahan itu. Tabel dan grafik untuk berbagai bahan sudah tersedia. Nilai entalpi ini didasarkan pada sejumlah bidang datar data yang dipilih secara bebas. Sebagai contoh, bidang datar data untuk air dan uap air (steam) adalah suatu nilai entalpi bagi air pada suhu 0 °C . Berlandaskan pada bidang datar tersebut entalpi air pada suhu 100 °C adalah 419,06 kJ/kg dan uap air pada (steam) pada 100 °C adalah 2676 kJ/kg.

g. Tekanan ( $p$ )

Tekanan adalah gaya normal (tegak lurus) yang diberikan oleh suatu fluida persatuan luas benda yang terkena gaya tersebut. Tekanan absolut adalah tekanan diatas nol (tekanan yang sebenarnya yang berada diatas nol) tekanan pengukuran (*gauge pressure*) diukur atas tekanan atmosfer suatu tempat (nol tekanan pengukuran = tekanan atmosfer ditempat atmosfer tersebut). Satuan yang dipakai untuk tekanan adalah newton permeter kuadrat (N/m<sup>2</sup>), juga disebut pascal (Pa). Newton adalah satuan gaya. *Tekanan atmosfer standart adalah 1,01325 X 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>*. Tekanan dapat diukur dengan instrument seperti terukur tekanan (pressure gauges) atau manometer yang diperlihatkan secara skematik, dipasang pada suatu saluran udara. Oleh karena salah satu ujung manometer terbuka ke atmosfer maka, pergeseran muka air dalam manometer hanya menunjukkan tekanan pengukuran.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan data yang diperoleh, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemilihan unit AC disesuaikan dengan ukuran ruangan, semakin besar ruangan yang harus didinginkan maka semakin besar pula kapasitas AC yang digunakan.
2. Dari hasil perhitungan beban pendinginan di ruang autocad dengan desain suhu dalam  $25^{\circ}\text{C}$ , RH = 55% dan suhu luar  $31^{\circ}\text{C}$ , RH = 70 % diperoleh hasil sebesar 53098,42 Btu/hr dengan jumlah udara suplai 920,68 cfm
3. Pada ruang autocad hanya terpasang 1 unit AC dengan daya 1.5 PK, seharusnya yang terpasang 4 unit AC agar pendinginan maksimal.

#### **5.2 Saran**

1. Dalam perencanaan pemasangan AC kita harus menghitung beban pendinginan ruangan terlebih dahulu agar pemilihan unit AC dapat disesuaikan dengan ruangan.
2. Penempatan unit AC yang baik harus diperhatikan, agar distribusi suhu dapat merata atau dipusatkan pada beban tertentu.
3. Pemeliharaan unit AC secara rutin harus dilakukan agar AC dapat bekerja secara maksimal dan AC tidak mudah rusak/awet.