

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Salah satu referensi yang digunakan sebagai pedoman Sistem Cerdas AC VRV di Gedung Admisi UMY yaitu skripsi dari Ezar Kuntoro Khairy (2016) yang berjudul Perancangan Instalasi Listrik Gedung Rumah Sakit Ar Isyad di Surabaya. Dalam penelitian tersebut terdapat perencanaan sistem AC Rumah Sakit untuk lantai Basement, dan lantai 1-9 dan lantai atap. Dalam perencanaan terdapat untuk penerangan dan sistem kontak kontak, sistem AC dan distribusi listrik. Untuk sistem AC pada Rumah Sakit Ar Irsyad sudah menggunakan sistem AC VRV. Total beban listrik yang terpasang 665,8 kVA dengan beban listrik AC 260, kVA. Dengan faktor pembebanan sebesar 70%, didapatkan nilai beban normal maksimal sebesar 428,5 kVA dengan $\cos \phi$ 0,7. Menaikkan $\cos \Phi$ instalasi dari 0,7 menjadi 0,9 dipasang capacitor bank dengan kapasitas 160 kVAr dengan kombinasi 8 step x 20 kVAr. Total beban normal maksimal setelah dipasang kapasitor bank 336 kVA dengan $\cos \phi$ 0,9.

Penelitian serupa seperti, tentang Perancangan Instalasi Listrik Royal Sanur Hospital Bali dari Rafi'ah Ma'rifatul Muslimah Al Kamil (2016). Royal Sanur Hospital Bali terdiri dari Lantai 1-4 perancangan meliputi sistem penerangan, kebutuhan AC, beban kotak kontak dan distribusi listrik. Total kebutuhan Daya Aktif setelah dikenai factor kebersamaan pada perencanaan Royal Sanur Hospital sebesar 932,1 kW dan Daya Semu setelah dilakukan perbaikan factor daya sebesar 1227,1 kVA. Dan menaikkan nilai $\cos \phi$ dari 0,76 menjadi 0,9 dengan dipasang kapasitor bank dengan kapasitas 360 kVar

Selain itu ada penelitan tentang Perhitungan Ulang Beban Pendingin Pada Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti Blok III Kementrian Kehutanan

Jakarta dari Sabaruddin Harahap, Abdul Hamid, Imam Hidayat. Ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabakti meruoakan ruang multifungsi daintaranya sebagai ruang rapat/kongres, seminar, wisuda, pameran dan pegeleran serta resepsi pernikahan. Jumlah total pendingin pada ruang Auditorium Gedung Manggala Wanabhakti pada beban puncak sebesar 3.387.719,37 kJ/jam (374,58 PK) dengan kebutuhan daya listrik sebesar 279,435 kW, sedangkan kapasitas beban mesin terpasang pada ruangan ini terdiri dari 4 (empat) unit AHU (Air Handling Unit) adalah 268,1 PK dengan kebutuhan daya kistrik sebesar 200 kW. Sehingga terjadi kekurangan beban pendinginan sebesar 113,48 PK dan kebutuhan daya listrik sebesar 79,435 kW.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian dan Fungsi Tata Udara

Tata udara (*Air Conditioning*) adalah ilmu mempelajari iklim yang terkendali dalam suatu ruangan (*indoor space*). Berikut ini merupakan fungsi sistem tata udara yaitu,

1. Mengatur temperatur tetap stabil pada kondisi yang diinginkan
2. Mengatur kelembaban udara (*humidity atau moisture content*),
3. Kecepatan sirkulasi udara dan tekanan udara ruangan (*air movement*),
4. Mengatur jumlah partikel didalam ruangan atau menjaga kebersihan udara dengan kualitas yang telah ditentukan (*air purity*).

Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperature dan kelembaban yang sesuai dengan yang disyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu. Selain itu, mengatur aliran udara dan kebersihannya. Di beberapa negara, beberapa faktor kesegaran tersebut diatas ditetapkan dalam Undang-undang, sesuai dengan tujuan penggunaan ruangan, misalnya untuk kantor, hotel dan sebagainya.

Sistem penyegaran udara pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama yaitu :

1. Penyegaran udara untuk kenyamanan

Menyegarkan udara dari ruangan untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu

2. Penyegaran udara untuk industri

Menyegarkan udara dari ruangan karena diperlukan oleh proses, bahan, peralatan atau barang yang ada didalamnya

Sistem pendingin ruang ada dua macam :

1. Sistem langsung (*Direct Cooling*)

Dalam sistem ini udara yang diinginkan secara langsung oleh refrigerant dengan menggunakan sistem paket seperti AC *Split Unit*, AC *Window*, AC *Dustid Split Unit*, AC *Package Unit*

2. Sistem Tidak Langsung (*Indirect Cooling*)

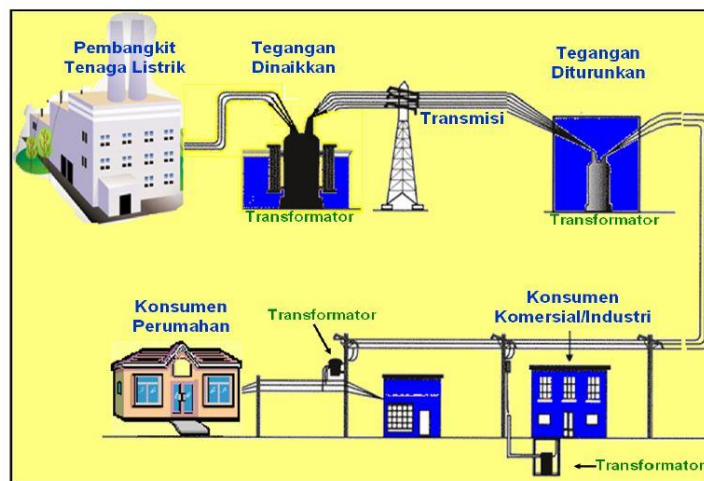
Dalam sistem ini dipakai media air es (*chilled water*) dengan temperatur 5 °C. Air es diproduksi di dalam chiller, mesin pembuat air es yang menggunakan refrigerant sebagai zat pendingin

Cara ini banyak dipakai dalam bangunan yang tinggi sebab menghemat tempat karena hanya menggunakan tabung penyebar udara horizontal (*ducting*) tidak perlu tabung vertikal. Udara diserempetkan pipa dimana air es disirkulasikan. Mesin pengolah udara/air handling unit (AHU) berisi kumparan pipa (*coil*), blower dan filter udara. AHU dapat ditempatkan di setiap lantai atau 1 AHU melayani 2-3 lantai atau jika satu lantai yang dilayani oleh dua atau lebih AHU.

2.2.2 Sistem Distribusi Listrik

Apabila saluran transmisi menyalurkan tenaga listrik bertegangan tinggi ke pusat-pusat beban dalam jumlah besar, maka saluran distribusi berfungsi membagikan tenaga listrik tersebut kepada pihak pemakai melalui saluran tegangan rendah. Generator sinkron di pusat pembangkit biasanya menghasilkan tenaga listrik dengan tegangan antara 6 – 20 kv yang kemudian, dengan bantuan transformator. Tegangan tersebut dinaikkan menjadi 150 – 500 kv. Saluran tegangan tinggi (STT)

menyalurkan tenaga listrik menuju pusat penerima; disini tegangan diturunkan menjadi tegangan subtransmisi 70 kv. Pada gardu induk (GI), tenaga listrik yang diterima kemudian dilepaskan menuju trafo distribusi (TD) dalam bentuk tegangan menengah 20 kv. Melalui trafo distribusi yang tersebar di berbagai pusat-pusat beban. Tegangan distribusi primer ini diturunkan menjadi tegangan rendah 220/380 v yang akhirnya diterima pihak pemakai.



Gambar 2.1 Gardu Distribusi Listrik

(sumber www.kelistrikanku.com)

2.2.3 Transformator Step Down

Transformator (Trafo) Step Down berguna untuk menurunkan tegangan, menurunkan dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Trafo *step down* menurut lokasi pemasangannya dibedakan menjadi dua, yaitu trafo tipe pasangan luar (*outdoor*) dan trafo tipe pasangan dalam (*indoor*).

Trafo tipe *outdoor* pada umumnya dipasang di gardu tiang listrik, pada jaringan distribusi listrik. Sedangkan trafo tipe *indoor*, dipasang di ruangan khusus infrastruktur listrik untuk bangunan gedung tertentu (pabrik, rumah sakit, hotel dan

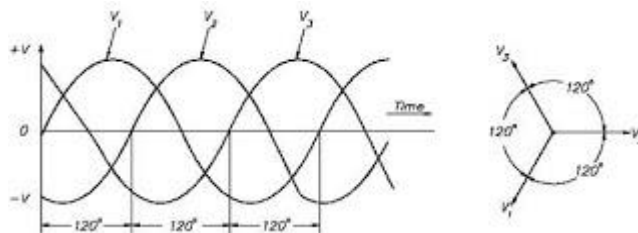
lain-lain). Trafo *step down* langsung terhubung dengan kubikal tegangan menengah dan panel utama tegangan rendah.



Gambar 2.2 *Transformator Step Down*
(sumber www.elektronik.pelapak.com)

2.2.4 Sistem Tiga Fase

Sistem tenaga listrik 3 fase, daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang, P pembangkitan = P pemakain, dan juga pada tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 fase yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 fase dengan yang lainnya mempunyai beda fase sebesar 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , dan dihubung bintang (Y, wye) atau segitiga (delta, Δ , D).

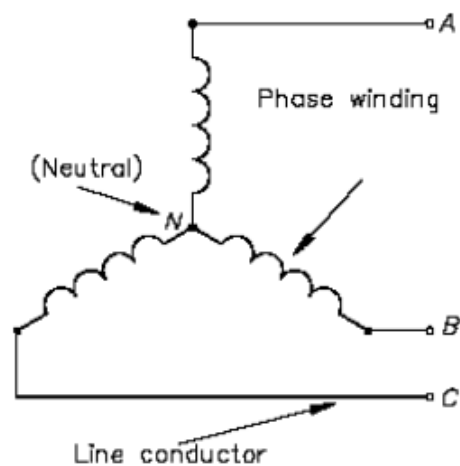


Gambar 2.3 Sistem 3 Fase
(sumber www.instalasiRumah.com)

Gambar 2.3 menunjukkan fasor diagram dari tegangan fase. Bila fasor-fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari fase terjadi berturut-turut untuk fase V1, V2 dan V3. sistem 3 fase ini dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa a – b – c . sistem tegangan 3 fase dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fase.

A. Hubungan Bintang (Y, wye)

Pada hubungan bintang (Y, wye), ujung-ujung tiap fase dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal a – b – c mempunyai besar magnitude dan beda fasa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral. Tegangan Va, Vb dan Vc disebut tegangan “fase” atau Vf.



Gambar 2.4 Hubungan Bintang (Y, wye)

(sumber www.instalasinumah.com)

Dengan adanya saluran / titik netral maka besaran tegangan fase dihitung terhadap saluran / titik netralnya, juga membentuk sistem tegangan 3 fase yang seimbang dengan magnitudenya ($\sqrt{3}$ dikali magnitude dari tegangan fase).

$$V_{line} = \sqrt{3} \times V_{fase} = 1,73 \times V_{fase} \quad (2.1)$$

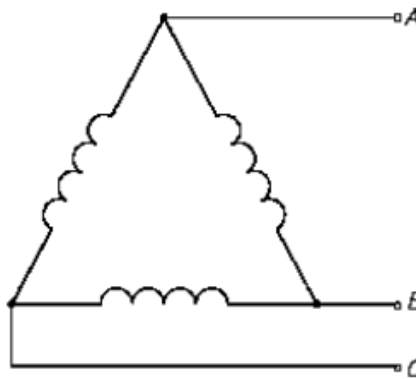
Sedangkan untuk arus yang mengalir pada semua fase mempunyai nilai yang sama,

$$I_{\text{Line}} = I_{\text{fase}}$$

$$I_a = I_b = I_c$$

B. Hubungan Segitiga

Pada hubungan segitiga (delta, Δ , D) ketiga fase saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 fase.



Gambar 2.5 Hubungan Segitiga (delta, Δ , D)

(sumber www.instalasiRumah.com)

Dengan tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung antar fase, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama, maka:

$$V_{\text{line}} = V_{\text{fase}}$$

Tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum kirchoff, sehingga:

$$I_{\text{line}} = \sqrt{3} \times I_{\text{fase}} = 1,73 \times I_{\text{fase}} \quad (2.2)$$

Daya Listrik pada sistem 3 fase Jika sudut antara arus dan tegangan adalah sebesar θ , maka besarnya daya per fasa adalah

$$P_{\text{fase}} = V_{\text{fase}} \times I_{\text{fase}} \times \cos \theta \quad (2.3)$$

2.2.5 AC (*Air Conditioner*)

Teknologi inverter pada AC (*air conditioner*) yaitu teknologi dengan fungsi untuk mengontrol kecepatan motor kompresor untuk mendorong aliran refrigeran variabel dalam sistem AC untuk mengatur suhu udara ruang. Selain itu, AC dengan teknologi *inverter* juga dilengkapi dengan *variable-frequency* menggabungkan inverter listrik yang dapat disesuaikan untuk mengontrol kecepatan motor. Teknologi *inverter* terintegrasi pada unit outdoor, dan karena kecepatan motornya yang mampu dikontrol secara halus pada berbagai tingkat akhirnya memungkinkan AC jenis hemat listrik.

Komponen AC (*Air Conditioner*) terdiri dari 4 bagian yaitu komponen utama, komponen pendukung, komponen kelistrikan, dan komponen pendingin. Berikut ini penjelasan 4 bagian komponen-komponen yang terdapat pada AC

1. Komponen Utama

Komponen-komponen utama yang ada terdapat di AC sebagai berikut,

a. Kondensor

Kondensor yaitu sebuah alat yang mempunyai fungsi sebagai penukar kalor, mengubah wujud *refrigerant* dari bentuk gas bertekanan tinggi menjadi cair yang bertekanan tinggi, dan menurunkan suhu temperature *refrigerant*. Fungsi kondensor merupakan jaringan pipa yang berfungsi sebagai pengembunan. *Refrigerant* yang yang dipompakan dari kompresor akan mengalami penekanan sehingga mengalir ke pipa kondensor, kemudian mengalami pengembunan.



Gambar 2.6 Kondesor

(Sumber www.appliancedesign.com)

Pada kondesor biasanya menggunakan udara untuk sebagai media pendinginnya. Sejumlah kalor yang terdapat pada refrigerant dilepaskan ke udara lepas dengan bantuan kipas motor pada AC. Supaya pelepasan kalor lebih cepat, pipa pada kondesor di desain berliku-liku dan dilengkapi dengan sirip. Pembersihan sirip pipa pada bagian kondesor sangat penting supaya perpindahan kalor dari refrigerant tidak terganggu. Jika sirip kondesor keadaan kotor, menyebabkan turunnya performa kinerja AC yang dapat membuat AC menjadi kurang dingin.

b. Kompresor

Kompresor adalah alat yang berfungsi mengedarkan dan memompa bahan pendingin atau *refrigerant* ke seluruh bagian *Air Conditioner* atau AC. Ketika AC beroperasi, kompresor akan mengubah refrigerant berupa gas dari tekanan rendah menjadi gas tekanan tinggi. Gas bertekanan tinggi kemudian diteruskan menuju kondensor. Kompresor juga berguna untuk membentuk dua daerah tekanan yang berbeda-beda, antara daerah yang mempunyai tekanan rendah dan daerah yang mempunyai tekanan tinggi.



Gambar 2.7 Kompresor

(Sumber www.appliancedesign.com)

c. Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah sebuah alat berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigerant serta mengatur aliran refrigerant menuju evaporator. Fungsi utama pipa ini mempunyai hubungan dengan dua bagian tekanan yang berbeda-beda, yaitu tekanan rendah dan tekanan tinggi.

Refrigerant bertekanan lebih tinggi sebelum melewati pipa kapiler akan diturunkan atau diubah tekanannya. Penurunan tekanan refrigerant mengakibatkan penurunan suhu. Pada bagian ini menyebabkan udara tercapai suhu terendah atau dingin.

Pada bagian refrigran mencapai suhu terendah (terdingin) pipa kapiler terletak diantara saringan (filter) dan evaporator. Pergantian atau pemasangan pipa kapiler baru, tidak boleh bengkok karena menyebabkan penyumbatan. Penggantian pipa kapiler harus disesuaikan dengan diameter dan panjang pipa sebelumnya.



Gambar 2.8 Pipa Kapiler

(Sumber www.appliancedesign.com)

d. Evaporator

Fungsi dari evaporator ini adalah mengalirkan dan menyerap panas dari udara ke dalam ruangan refrigerant. Wujud cair dari refrigerant akan berubah menjadi gas setelah melalui pipa kapiler.

Evaporator ini merupakan sebuah komponen AC yang mempunyai fungsi sebagai penukar panas. Prinsip evaporator yaitu udara dalam ruangan ber AC, diserap oleh evaporator selanjutnya masuk melalui sirip pipa kapiler sehingga suhu udara yang keluar dari sirip-sirip menjadi lebih rendah dari keadaan semula atau saat udara kondisi dingin. Sirkulasi ini di dalam ruangan ini kendalikan oleh *blower indoor*.



Gambar 2.9 Evaporator

(Sumber www.appliancedesign.com)

2. Komponen Pendukung

Berikut komponen pendukung yang terapat dalam AC:

a. Accumulator

Accumulator memiliki fungsi sebagai penampung sementara *refrigerant* cair yang bertemperatur rendah dan campuran minyak pelumas evaporator.

b. Strainer

Strainer merupakan sebuah komponen yang berfungsi sebagai penyaring kotoran yang terbawa oleh refrigerant di dalam sistem *Air Conditioner* atau AC.

c. Blower atau Kipas

Blower atau kipas ini terletak pada indoor yang mempunyai fungsi untuk mensirkulasikan udara di dalam ruangan sehingga udara yang ada di ruangan dapat bersirkulasi melalui evaporator.

d. Minyak Pelumas Kompresor

Komponen ini berfungsi untuk melumasi bagian kompresor yang bergesekan sehingga bisa menghindari terjadinya kehausan. Selain itu juga minyak pelumas bisa berfungsi sebagai pendingin kompresor.

e. Komponen Kelistrikan

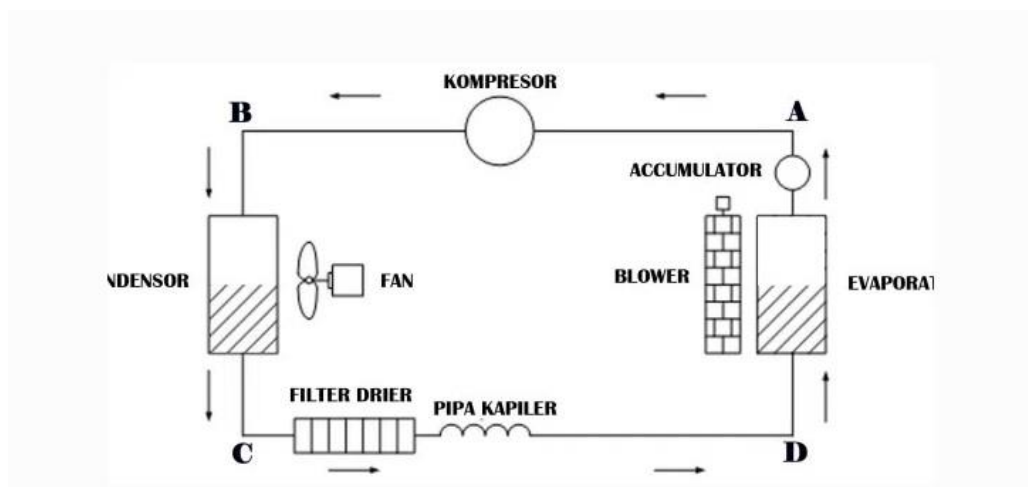
Komponen kelistrikan ini terdapat 4 bagian yang diantaranya adalah:

- a. Thermistor yaitu sensor elektronik yang dipakai untuk mengukur suhu. Adanya thermistor kinerja kompresor diatur secara otomatis melalui perubahan temperatur yang dibaca oleh thermistor. Thermitor terletak di evaporator.
- b. PCB kontrol berfungsi sebagai pengatur dan pengontrol keseluruhan unit AC yang terdiri IC, sensor, trafo, fuse, kapasitor, relay dll

- c. Fungsi start kapasitor yaitu sebagai starting penggerak pertama kompresor. Start kapasitor untuk motor fan sebagai starting motor fan unit outdoor.
- d. Overload berfungsi pengaman motor listrik kompresor apabila tidak bekerja normal.
- e. Motor listrik sebagai penggerak kipas (outdoor) dan blower (indoor)

2.2.6 Sirkulasi Refrigerant dalam AC (Air Conditioner)

Refrigerant merupakan zat atau bahan pendingin yang bersirkulasi terus menerus melewati komponen utama AC yaitu kompresor, kondesor, pipa kapiler dan evaporator. Refrigerant saat melewati komponen utama AC akan mengalami perubahan wujud, temperatur dan tekanan. Berikut ini sirkulasi refrigerant dalam AC,



Gambar 2.10 Sirkulasi *Refrigerant*

1. Proses Kompresi

Proses kompresi (proses A-B) refrigerant meninggalkan evaporator. Ketika akan masuk kompresor, refrigerat berwujud gas, temperatur rendah dan tekanan rendah. Melalui kompresor, refrigerant wujud gas, tekanan dan suhu tinggi. Perubahan itu dilakukan karena kompresor menghisap gas dan

mengompresikan refrigerant hingga tekanan kondensasi. Selanjutnya refrigerant dipompa dialirkan ke kondensor.

2. Proses kondensasi

Proses kondensasi (proses B-C). Refrigerant meninggalkan kompresor. Refrigerant wujud gas tekanan dan temperatur tinggi dialirkan ke kondensor. Di dalam kondensor refrigerant wujud gas berubah menjadi wujud cair. Panas yang dihasilkan refrigerant dipindahkan ke udara di luar pipa kondensor. Digunakan fan untuk menghembuskan udara luar ke permukaan pipa kondensor dan panas pada refrigerant dengan mudah dipindahkan ke udara luar. Refrigerant akan wujud cair temperatur lebih rendah tetapi tekanan masih tinggi. Selanjutnya refrigerant dialirkan ke pipa kapiler.

3. Proses penurunan tekanan

Proses penurunan tekanan (proses C-D) dimulai ketika refrigerant meninggalkan kondensor. Di dalam pipa kapiler, terjadi proses penurunan tekanan refrigerant menjadi tekanan rendah. Pipa kapiler berfungsi juga untuk mengontrol aliran refrigerant di antara dua tekanan berbeda yaitu tekanan tinggi dan rendah. Refrigerant cair memiliki suhu dan tekanan rendah dialirkan ke evaporator.

4. Proses Evaporasi

Proses evaporasi (proses D-A) refrigerant akan masuk ke dalam evaporator. Keadaan ini Refrigerant wujud cair temperatur rendah dan tekanan rendah. Dengan refrigerant semacam ini dimanfaatkan untuk mendinginkan udara luar yang melewati permukaan evaporator. Penggunaan blower indoor untuk mengatur sirkulasi udara agar melewati evaporator. Proses yang terjadi di balik proses udara ruangan yang mempunyai temperatur lebih tinggi dibanding refrigerant yang mengalir di evaporasi. Bekerja menyerap udara ruangan, wujud refrigerant cair menjadi gas dan selanjutnya mengalir ke kompresor. Proses ini terjadi berulang terus sampai temperatur ruangan sesuai dengan keinginan.

2.2.8 AC Non Inverter dan AC Inverter

Pada AC terkait dengan teknologi pemakaian daya pada Air Conditioner ada dua, yaitu teknologi AC *non inverter*, dan AC *inverter*.

Untuk kinerja AC *non-inverter* beroperasi hanya pada kecepatan konstan yang terlalu kuat untuk mempertahankan suhu yang disetel pada ruangan. Dengan demikian, AC *Non-Inverter* akan menyalakan kompresor berulang kali. Jika suhu yang disetel pada ruangan tercapai, maka kompresor akan mati. Tetapi jika suhu yang disetel pada ruangan berkurang maka kompresor akan kembali hidup. Hal inilah yang menyebabkan pemborosan pada konsumsi energy listrik.

Inverter adalah untuk merubah arus, dari arus listrik DC (listrik searah) menjadi arus listrik AC (listrik bolak balik). Ataupun perubahan sebaliknya. AC *Inverter* akan mengatur kecepatan rotasi motor kompresor. Sehingga suhu yang diinginkan pada ruangan akan cepat tercapai sekaligus metode ini akan mudah mempertahankan suhu yang diinginkan. Jika suhu yang diinginkan pada ruangan tercapai, maka kompresor tidak mati. Tetapi kompresor akan memperlambat rotasi motor kompresor. Jika suhu yang diinginkan pada ruangan berkurang, maka kompresor secara otomatis menaikkan putaran rotasi motor kompresor dengan bertahap. Sehingga tidak terjadi fluktuasi suhu yang besar dan konsumsi energy listrik tidak boros.

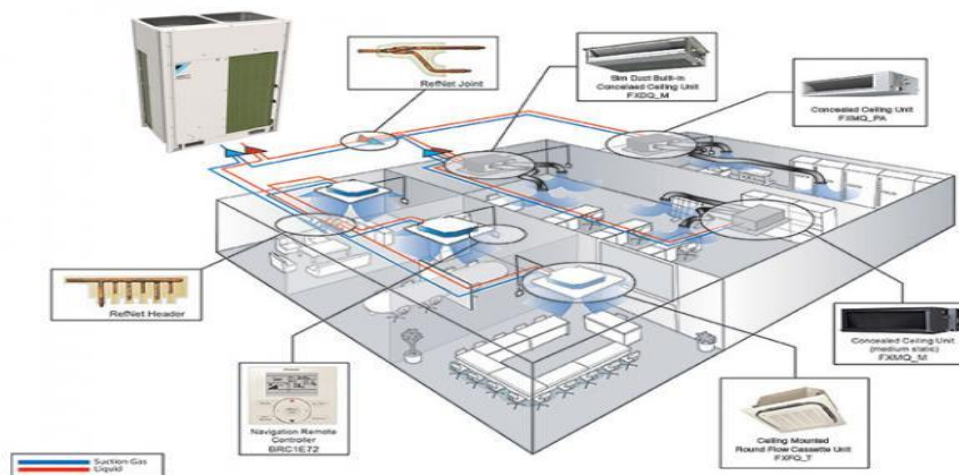
2.2.8 AC VRV IV Daikin System

VRV merupakan singkatan dari *Variable Refrigerant Volume* yang artinya volume refrigerant yang berubah-ubah. Sistem VRV yaitu sebuah teknologi yang dilengkapi dengan CPU dan kompresor *inverter* dan menjadikan sistem ini handal, efisiensi energi, dibandingkan dari sistem AC lain seperti AC Sentral, AC Split, atau AC *Split Duct*. Jadi dengan sistem VRV satu outdoor bisa digunakan untuk lebih dari 2 indoor AC

Di Indonesia, pertama kali sistem AC Daikin VRV dipasang pada tahun 1985. Selama lebih dari 28 tahun, VRV i, VRV ii, dan VRV iii sudah digunakan banyak

gedung bertingkat. Penciptaan sistem AC VRV digunakan untuk menekan penggunaan listrik dan menciptakan AC yang ramah lingkungan. AC VRV dapat digunakan dengan jangkauan pipa yang panjang, mempunyai individual/centralised control, liner capacity control sehingga cocok untuk berbagai macam bentuk bangunan baik untuk perumahan maupun bangunan komersial gedung bertingkat seperti, apartemen, hotel, perkantoran, dll. Sekarang, telah hadir AC VRV generasi ke-4 yaitu Daikin VRV IV

VRV IV menawarkan peningkatan lineup untuk memenuhi berbagai kebutuhan sekaligus meningkatkan penghematan energy, kenyamanan, kemudahan pemasangan. Peningkatan lineup tipe 3 hingga 60 HP, hemat energy COP lebih tinggi dan teknologi VRT, mudah dipasang desain padat dan ringan, kenyamanan suara operasi lebih rendah



Gambar 2.11 Sistem AC VRV IV Daikin
(Sumber www.daikin.co.id)

Fitur yang dimiliki AC VRV IV Daikin sebagai berikut,

a. Teknologi Canggih

- Kapasitas besar semua kompresor DC *inverter* dalam selubung yang padat
- Penukar panas yang sangat terintegrasi

- Berbagai kendali canggih papan PC utama
 - Teknologi pendinginan refrigeran, memastikan stabilitas suhu
 - secara otomatis menyesuaikan suhu refrigeran untuk bangunan individu dan kebutuhan iklim, meningkatkan efisiensi energi tahunan dan memelihara kenyamanan
- b. Suara Operasi Lebih Rendah
- Peningkatan efisiensi penukar panas diwujudkan dengan pengurangan suara pengoperasian

	Sound level(dB(A))			
	6 HP	8 HP	10 HP	12 HP
VRV III	57	57	58	60
VRV IV	55	56	57	59

Gambar 2.9 Tabel Pengoperasian Suara AC VRV IV

(Sumber www.daikin.com)

- c. Pemasangan yang Fleksibel
- Panjang pipa
 - Panjang pipa actual maksimal = 165 m
 - Panjang pipa stara maksimal = 190 m
 - Panjang pipa total maksimal = 1000 m
 - Rasio sambungan tinggi
 - Kapasitas sambungan maksimum adalah 200 %
 - Unit Indoor Hunian
 - Memungkinkan kombinasi campuran unit indoor VRV dan hunian dengan menyambungkan unit BP
 - Tersambung ke unit Ruang Bersih
- AC bersih Daikin didesain secara khusus untuk mewujudkan lingkungan bersih kelas 10.000 dengan sedikit konstruksi

d. Hemat Energi

Koefisien kinerja lebih tinggi (COP)



Gambar 2.13 Koefisien Kinerja AC VRV IV

(Sumber www.daikin.com)

e. Mudah dipasang

Sistem VRV IV yang sangat terintegrasi menawarkan unit *outdoor* yang padat untuk mencapai pemanfaatan maksimum ruang pemasangan

f. Peningkatan *Lineup*

- Unit *indoor*

Kombinasi campuran dari unit *indoor* hunian memungkinkan semuanya dalam satu sistem, membuka pintu untuk unit *indoor* yang *stylish* dan hening. Terdapat 18 tipe 86 model

- Unit *outdoor*

Kapasitas unit outdoor 60 HP dalam kenaikan 2 HP

Tersambung ke Heat Reclaim Ventilator

AC dan pengolahan udara luar dapat dicapai dengan menggunakan sistem tunggal

- Tersambung ke AHU

Unit penanganan udara Daikin dapat disambungkan ke sistem VRV IV.

Kombinasi ini dapat dibangun berurutan sebagai suatu sistem.

2.2.9 AC Wall Mounted



Gambar 2.10 AC Wall Mounted

(Sumber www.daikin.co.id)

AC *Wall Mounted* memiliki kelebihan yaitu desain panel datar stylish diselaraskan dengan dekorasi interior anda, desain stylish, tingkat suara operasi rendah, pemasangan yang fleksibel, pemeliharaan yang mudah

Fitur yang dimiliki AC *Wall Mounted* Daikin sebagai berikut

a. Desain stylish

Desain panel datar stylish menciptakan keselarasan anggun yang meningkatkan setiap ruang interior

b. Pemeliharaan yang Mudah

Panel datar dapat dibersihkan dengan hanya laluan tunggal dari kain di permukaan halusnya. Flat panel juga dapat dengan mudah dilepaskan dan dicuci untuk pembersihan yang lebih menyeluruh

c. Alat Pompa Pembuangan

Alat pompa pembuangan tersedia sebagai aksesori opsional, yang meninggikan pembuangan 1.000 mm dari bagian bawah unit.

d. Tingkat suara Operasi rendah

Unit indoor tipe *wall mounted* menawarkan tingkat tekanan suara rendah sebesar 31 dB

e. Aliran udara 3D

Aliran udara 3-D menggabungkan Vertikal dan Horizontal *Auto-Swing* untuk mengedarkan udara ke setiap bagian ruangan untuk pendinginan seragam bahkan ruang besar.

f. Pemasangan yang Fleksibel

Pipa pembuangan dapat dipasang baik dari sisi kiri atau kanan

2.2.11 *Ceiling Mounted Cassette (Round Flow)*



Gambar 2.11 AC *Ceiling Mounted Cassette*

(Sumber www.daikin.co.id)

Aliran 360° meningkatkan distribusi suhu dan menawarkan lingkungan hidup yang nyaman

- Aliran udara berputar
- Saringan perlakuan anti jamur dan bakterisida
- Beradaptasi dengan mudah ke ruang pemasangan
- Pompa pembuangan dilengkapi sebagai aksesoris standar dengan daya angkat 850 mm

Fitur yang dimiliki *Ceiling Mounted Cassette* Daikin sebagai berikut

a. Aliran udara berputar

Tipe *Round Flow Ceiling Mounted cassette* pertama industri yang menawarkan aliran udara 360° dengan peningkatan distribusi suhu

b. Operasi Hening

Tingkat suara operasi rendah

	(dB(A))						
FXFQ-LU	25/32	40	50	63	80	100	125
Sound level (HH/H/L)	30/28.5/27	31/29/27	32/29.5/27	34/31/28	36/33.5/31	43/37.5/32	44/39/34

Gambar 2.16 Pengoperasian Suara *Ceiling Mounted Cassette*

(Sumber www.daikin.com)

c. Mudah dipasang

- Unit berbobot rendah sebesar 19,5 kg untuk model FXFQ25-50LU menyebabkan pemasangan yang mudah
- Beradaptasi dengan mudah ke ruangan pemasangan
- Aliran segala arah, aliran 2 arah sampai 4 arah tersedia. Dapat memilih pola aliran udara yang paling cocok tergantung pada okasi atau tata letak ruangan

d. Saringan Anti Jamur dan Antibakteri

Filter udara memiliki perlakuan anti jamur dan antibakteri yang mencegah pertumbuhan jamur yang dihasilkan dari debu atau uap air yang mungkin menempel pada saringan

2.2.11 Sistem Kontrol Individu untuk Unit Indoor VRV IV

Sistem kontrol individu ini sederhana dan kontemporer remote controller dengan warna putih segar cocok desain interior. Lampu latar layar dengan besar mudah untuk membaca teks memudahkan navigasi dan menyediakan satu sentuh kontrol atas kenyamanan di rumah



Gambar 2.17 Navigasi Remote Kontrol (*wired remote controller*)

(Sumber gedung Admisi UMY)

Berikut ini fitur kontrol individu AC VRV IV :

- Tampilan bening
- Dot matriks tampilan
Kombinasi dari titik-titik halus memungkinkan berbagai ikon tampilan teks besar sangat mudah untuk melihat.
- Lampu latar layar
Lampu latar layar membantu operasi di ruang gelap
- Operasi simple
Tombol besar dan tombol panah
Tombol besar dan tombol panah memungkinkan pengoperasian yang mudah. Dasar pengaturan seperti fan kecepatan dan suhu dapat secara intuitif dioperasikan. Untuk pengaturan lain, pilih fungsi dari daftar menu
- Guide pada layar
Tampilan memberkan penjelasan tentang setiap pengaturan untuk kemudahan operasi.
- Hemat energi
Menghemat energi dengan membatasi min dan max mengatur suhu
Menghindari berlebihan pendinginan

Fungsi ini nyaman ketika *remote controller* terinstal di tempat sejumlah orang dapat mengoperasikannya

- *Set point auto reset*
Bahkan jika temperature berubah, mengembalikan suhu preset setelah periode preset waktu
Periode waktu dipilih dari 30 min/60 min/90 min/120 min
- *Off timer*
Mematikan AC setelah preset jangka waktu
Periode dapat preset dari 30 sampai 180 menit dalam kenaikan 10 menit secara bertahap
- *Kenyamanan*
Arah aliran udara dari masing-masing dari empat udara outlet dapat dikontrol secara individu

2.2.12 Sistem Kontrol *Central* Canggih untuk Unit Indoor VRV IV



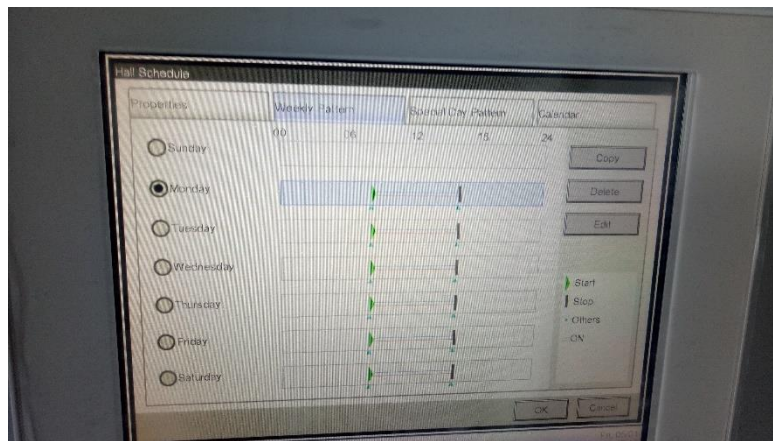
Gambar 2.18 *Central Control* Canggih untuk Unit Indoor VRV IV
(Sumber gedung Admisi UMY)

Satu sentuhan pilihan memungkinkan fleksibel untuk kontrol peralatan di gedung. Berbagai jenis peralatan di gedung dapat dikontrol dengan controller tunggal.

- Kontrol AC individu
Kontrol fleksibel yang dicapai oleh sistem vrv justru memenuhi kebutuhan AC yang berbeda di setiap ruangan (misalnya kantor, ruang konferensi, kamar hotel)
- AC control untuk ruang yang besar
Air handling unit tersebut juga bisa dikendalikan. Besar ruang, seperti aula pintu masuk dan pusat perbelajaan, dapat dengan mudah dikontrol untuk memastikan kenyamanan
- Bangunan peralatan kontrol
Berbagai jenis peralatan selain *air conditioner*, juga termasuk ventilator, fan dan pompa dapat dikendalikan
- *Manager Intelligent Touch* adalah multi-zone yang canggih yang menyediakan cara paling efektif untuk control dan monitor sistem Daikin VRV IV
- Kenyamanan
Menjaga suhu ruangan dalam rentang tertentu selama periode kosong dengan sementara AC yang dimatikan
Melakukan penjadwalan waktu AC ON dan OFF periode waktu tertentu tiap hari Fungsi liburan akan menonaktifkan *schedule* waktu untuk hari-hari yang telah ditetapkan sebagai hari libur. 3 independen jadwal dapat diatur (misalnya musim panas, musim dingin, pertengahan musim)
- Layar 10.4 " LCD layar sentuh yang mudah digunakan dengan tiga layar yang berbeda pandangan untuk menyertakan tampilan tata letak denah lihat ikon dan daftar view dan menu untuk sistem konfigurasi

Hal ini juga mudah digunakan dengan standar akses web jarak jauh dari PC anda

Dapat mengelola 650 poin manajemen yang terdiri dari 512 group indoor daikin (up 1024 unit indoor) bersamaan dengan peralatan / kontrol peralatan bangunan dengan input/output digital (Di/Dio), input analog/output (Ai/Ao) dan masukan pulsa input (pi) perangkat opsional.



Gambar 2.19 Penjadwalan Unit *Indoor* AC VRV Daikin

(Sumber Gedung Admisi UMY)

2.2.13 Freon R290, R22, R32 dan R410A

Perbedaan antara Freon R290, R22, R32 dan R410A. Ada beberapa hal yang perlu ketahui. Setiap tipe freon R22, R32, R290 dan R410A itu tidak kompatibel satu sama lain jadi Freon dilarang dicampur ataupun diganti jenisnya. Walaupun Freon AC habis karena bocor, tetap harus diisi ulang dengan freon tipe bawaan ACnya.

Jika freon pada AC Anda habis atau bocor, harus mengisinya dengan freon yang sesuai dengan bawaan AC. Jika ingin mengganti jenis freonnya, tetap harus membeli AC baru. Karena memang ini satu-satunya cara jika ingin menggunakan AC dengan freon yang berbeda.

Tentunya hal ini sesuai dengan peraturan pemerintah melalui Departemen perindustrian dan perdagangan (41/M-IND/PER/5/2014) kemudian (40/M-DAG/PER/7/2014) dan (55/M-DAG/PER/9/2014) bahwa pada tahun 2015 akan ada peraturan implementasi baru mengenai HPMP atau Hidroklorofluorokarbon Phase-Out Management Plan. Peraturan tersebut memuat aturan baru mengenai penghapusan dan pelarangan HCFC-22 atau Freon R22 pada berbagai sektor seperti sektor refrigerasi *Air Conditioner*. Ini juga mempengaruhi syarat dan ketentuan impor bahan perusak ozone atau BPO. Peraturan ini juga melarang produk yang mengandung refrigerant 22 untuk diimpor.

Semua pabrik AC di Indonesia dilarang menjual, memproduksi atau mengimport semua produk AC dan turunannya yang masih menggunakan Freon R22. Aturan ini diberlakukan pada bulan Januari tahun 2015. Tetapi pihak dealer maupun toko AC masih diperbolehkan untuk menjual semua sisa produk AC mereka sampai habis. Sementara untuk keperluan *spare part* dan *service*, AC Freon R22 masih bisa digunakan sampai tahun 2030. Pada tahun itulah pemerintah Indonesia resmi menghapus R22. Sampai tahun 2014 silam, AC yang beredar di pasaran hanya menggunakan 2 macam refrigerant, yaitu R410A dan R22. Freon R410A digunakan pada AC inverter sementara Freon R22 digunakan pada AC non-inverter. Hal ini berlaku untuk semua jenis AC kecuali merek Daikin yang memiliki inverter dengan 2 tipe *freon* berbeda.

Pada tahun 2015, pabrik-pabrik AC di Indonesia menggunakan 3 jenis *freon*, yaitu R290, R32 dan R410A. Freon tipe R32 sendiri ditemukan oleh perusahaan AC asal Jepang yang bernama Daikin sejak tahun 2012 dan mulai digunakan pada produknya sekitar tahun 2013. Jadi semua pabrikan AC yang menggunakan Freon R32 harus membayar lisensi ke Daikin.

Teknologi inverter yang dikenal sekarang berasal dari Daikin dan dilinsensikan agar dapat digunakan oleh setiap merek AC diseluruh dunia. Produsen AC besar seperti Panasonic dan Daikin sejak tahun 2015 mulai menggunakan Freon type R32 dan R410A untuk semua produk yang mereka keluarkan. Produk brand

Korea yang mereka keluarkan akan menggunakan *freon* R410A. Sementara China masih dalam proses pengkajian antara menggunakan R290 atau R410A.

Perbandingan tipe dan jenis freon di Indonesia

Perbandingan Tipe Freon di Indonesia				
Jenis Freon	ODP	GWP	Cooling Index	Flammability
R22	0.05	1810	100	TIDAK
R410A	0	2090	92	TIDAK
R32	0	675	160	RENDAH
R290	0	Kurang dari 3	83	TINGGI

Gambar 2.12 Perbandingan Tipe Freon

Keterangan :

OZP = *Ozone Depletion Potensial* atau potensi kerusakan ozone yang ditimbulkan.

GWP = *Global Warming Potensial* atau potensi pemanasan global yang ditimbulkan.

Cooling Index = merupakan satuan index dingin yang digunakan oleh AC.

Flammability = merupakan angka yang menunjukkan berapa besar kemungkinan freon akan terbakar.

Dari tabel diatas banyak informasi yang didapatkan seperti berikut,

1. Freon jenis R32 memiliki GWP yang lebih rendah dibanding R410A dan R22. Freon ini juga lebih ramah lingkungan dibanding freon R410A.
2. Index dingin pada Freon R32 jauh lebih tinggi dibanding freon lainnya seperti R22. Jadi pelanggan tidak akan komplain kalau AC inverter tidak dingin.

3. Walaupun memiliki potensi mudah terbakar yang lebih tinggi dibanding R410A dan R22, Anda tetap tidak perlu khawatir karena AC tidak akan meledak bahkan jika rumah Anda kebakaran.
4. Dibandingkan Freon lainnya, R290 merupakan *freon* yang paling ramah lingkungan. Namun karena kurang dingin dan mudah terbakar, maka produsen AC besar seperti Panasonic dan Daikin tidak lagi menggunakannya.

Dari penjelasan di atas, jelas sudah perbedaan *freon* dari berbagai sisi. tidak perlu lagi ragu untuk menggunakan AC yang memakai Freon R410A atau R32 sesuai dengan peraturan pemerintah.

2.2.14 BTU (*British Thermal Unit*)

BTU (*British Thermal Unit*) yaitu satuan energi yang digunakan negara Amerika Serikat yang biasanya di definisikan per jam, menjadi satuan BTU/hour. Satuan ini masih dijumpai di Britania Raya pada sistem pemanas dan pendingin yang lama. Dan sekarang satuan ini digantikan dengan satuan energi dari unit SI, yaitu Joule (J).

1 BTU/hour yaitu energi yang dibutuhkan untuk memanaskan atau mendinginkan air sebanyak 1 galon air (1 pound – sekitar 454 gram) agar temperaturnya naik atau turun sebesar 1 derajat fahrenheit dalam 1 jam. Hubungan dengan AC, BTU menyatakan kemampuan mengurangi panas/mendinginkan ruangan dengan volume dan kondisi tertentu selama satu jam.

Beberapa orang menyebut kekuatan AC itu dengan PK, sebenarnya yang diperlukan adalah satuan input dan output dimana input nya berapa Watt dan outputnya berapa BTU/hour.

Pengertian PK adalah singkatan dari bahasa Belanda “Paardekracht” yang artinya tenaga kuda, atau bahasa Inggrisnya adalah HP (*Horse Power*).

$$1 \text{ PK} = 735.5 \text{ watt} / \text{jam} = 0.986 \text{ hp.}$$

Jika terdapat AC 1 PK, berarti tenaga listrik yang digunakan kompresor AC yaitu sebesar 735,5 watt (ada juga yang bilang 750 watt) dalam 1 jam. Tapi belum ditambahi rugi daya, untuk kipas pendingin indoor maupun outdoor. Terkadang AC 1 PK bisa menyedot listrik sekitar 1 KWh bahkan lebih.

1 meter = 3,28 feet

Kapasitas AC berdasarkan PK:

AC ½ PK = ± 5.000 BTU/h

AC ¾ PK = ± 7.000 BTU/h

AC 1 PK = ± 9.000 BTU/h

AC 1½ PK = ± 12.000 BTU/h

AC 2 PK = ± 18.000 BTU/h

2.2.15 Prinsip dan Perhitungan Beban Kalor Ruangan

Dalam perhitungan beban kalor puncak dipakai anggapan kondisi ekstrim sering terjadi, dimana kalor yang masuk ke dalam ruangan dinamai “heat gain” kebanyakan perhitungan beban kalor adalah “heat gain”, namun seringkali dipakai beban kalor yang dikoreksi terhadap “heat gain”. Hal tersebut akan diterangkan sebagai berikut:

- a. Radiasi panas matahari yang masuk ke dalam ruangan melalui jendela akan memanasi lantai dan benda lain di dalam ruangan, kemudian memindahkan panas dari lantai dan benda tersebut kepada udara ruangan. Hal ini berarti bahwa “heat gain” dari radiasi matahari lambat laun akan menjadi beban kalor, sehingga beban utamanya akan menjadi lebih kecil daripada yang diperkirakan semula.
- b. Perhitungan “heat gain” standart adalah perhitungan yang dilaksanakan dengan anggapan bahwa udara ruangan harus dapat dipertahankan konstan pada temperature dan kelembaban tertentu dalam 24 jam. Tetapi kenyataannya, kalor akan tersimpan dalam lantai atau benda ruangan lainnya

selama hari libur, apabila dalam waktu tersebut penyegaran udara (pendinginan) dihentikan. Maka dalam hal ini, beban kalor tersebut harus ditambahkan dalam perhitungan beban kalor standart

Keperluan energi pendinginan dinyatakan dalam BTU/h, dan keperluan ruangan memerlukan kapasitas BTU/h tergantung dari beberapa hal sebagai berikut:

1. Jenis dinding
2. *Temperature* luar ruangan
3. Jumlah orang yang menempati ruangan tersebut
4. Apakah ruangan memakai isolasi
5. Banyak ventilasi dan pintu
6. Benda dan mesin yang terdapat diruangan tersebut.

Berikut ini cara mencari beban pendingin ruangan (2.4)

- Ukuran Ruangan = $p \times l \times t = m^3$
- Kondisi Luar Ruangan
 - Temperatur dalam *Fahrenheit*
 - Kelembaban
- Kondisi Dalam Ruangan
 - Temperatur dalam *Fahrenheit*
 - Kelembaban
- Perbedaan temperatur $(t_0 - t_1) = \Delta T (^{\circ}F)$

1. Beban Kalor Melalui bidang kaca, (Beban sensibel)

$$\text{Utara} = -m \times -m \times 800 \text{ Btu/h/m}^2 = \text{Btu/h}$$

$$\text{Selatan} = -m \times -m \times 400 \text{ btu/h/m}^2 = \text{Btu/h}$$

$$\text{Timur} = -m \times -m \times 900 \text{ btu/h/m}^2 = \text{Btu/h}$$

$$\text{Barat} = -m \times -m \times 1000 \text{ btu/h/m}^2 = \text{Btu/h}$$

$$\text{Total} = \text{Btu/h}$$

2. Beban Kalor Melalui bidang dinding, (Beban sensibel)

$$\text{Utara} = -m \times -m \times 2,15 \text{ Btu/h/m}^2^{\circ}F \times (t_0 - t_1) = \text{Btu/h}$$

$$\text{Selatan} = -m \times -m \times 2,15 \text{ btu/h/m}^2\text{°F} \times (t_0-t_1) = \text{Btu/h}$$

$$\text{Timur} = -m \times -m \times 2,15 \text{ btu/h/m}^2\text{°F} \times (t_0-t_1) = \text{Btu/h}$$

$$\text{Barat} = -m \times -m \times 2,16 \text{ btu/h/m}^2\text{°F} \times (t_0-t_1) = \text{Btu/h}$$

$$\text{Atap} = -m \times -m \times 11,5 \text{ btu/h/m}^2\text{°F} \times (t_0-t_1) = \text{Btu/h}$$

$$\text{Total} = \text{Btu/h}$$

3. Beban Kalor *Intern*

$$\text{a) Beban sensibel orang} = \text{jml} \times 200 \text{ Btu/h} = \text{Btu/h}$$

$$\text{b) Beban laten orang} = \text{jml} \times 250 \text{ Btu/h} = \text{Btu/h}$$

$$\text{c) Beban sensibel lampu} = 1\text{W} \times 1,25 \times 3,4 = \text{Btu/h}$$

$$\text{d) Mesin} = \text{W} \times 1,25 \times 3,4 = 0 \text{ Btu/h}$$

$$\text{e) Komputer} = \text{W} \times 1,25 \times 3,4 = \text{Btu/h}$$

$$\text{Total} = \text{Btu/h}$$

4. Ventilasi atau infiltrasi

$$\text{Kebutuhan Udara Ruangan (CFM)} = (\text{Volume} \times \text{ACH} \times 35,31) / 60$$

$$\text{Kebutuhan Udara Ruangan (CFM)} = (75 \times 7 \times 35,31) / 60$$

$$\text{Kebutuhan Udara Ruangan} = \text{CFM}$$

Beban kalor infiltrasi udara luar

$$\text{a) Beban sensibel} = \text{CFM} \times 10 \times 1,08 \text{ Btu/h} = \text{Btu/h}$$

$$\text{b) Beban laten} = \text{CFM} \times 10 \times 0,67 \text{ Btu/h} = \text{Btu/h}$$

$$\text{Total} = \text{Btu/h}$$

TOTAL Beban pendingin Ruangan adalah

$$= 1 + 2 + 3 + 4$$

$$= \text{BTU/h}$$