

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Pengertian Sistem Tata Udara

Sistem tata udara atau penyegaran udara adalah suatu proses untuk mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan ketentuan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu (A. Wiranto, 1995).

Pengkondisian udara nyaman adalah proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang ada di dalamnya. (Jones, W Jerold and Stoecker, F Wilbert, Terj. Supratman Hara, 1994, hal 1). Sistem tata udara pada umumnya dibagi menjadi tiga, di antaranya:

2.1.1. Penyegaran udara untuk kenyamanan

Penyegarkan udara ruangan untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu. Dalam teknik penerapan tata udara untuk kenyamanan diharapkan agar dapat mencapai lingkungan dalam ruangan yang relatif konstan pada suatu lingkup kenyamanan yang dikehendaki manusia, walaupun kondisi cuaca diluar ruangan atau beban panas didalam ruangan berubah-ubah.

Dinegara sub-tropis pelaksanaan paling tinggi untuk orang yang duduk diruangan kantor diharapkan mencapau 72°F (22.2 °C) Pelaksanaan paling tinggi

untuk orang berdiri atau orang banyak berada diruangan diharapkan mencapai suhu yang sedikit lebih rendah. Kenyamanan thermal sangat mendukung produktivitas para pekerja. Di Indonesia kenyamanan standar ruangan ditetapkan sebesar 25 °C, hal ini dinyatakan pemerintah dalam rangka menindak lanjuti Keppres no. 10 tahun 2005 tentang penghematan energi terutama dalam ruang lingkup pemerintah.

Tata udara untuk kenyamanan ruangan gedung memungkinkan untuk dibuat perencanaan gedung yang tak terbatas luasnya. Apabila ketidaktersediaannya hal ini, maka gedung harus dibuat ramping dengan tujuan agar ruangan dalam mendapatkan udara luar yang cukup, melalui ventilasi alami (dari luar secara langsung). Tata udara juga memungkinkan gedung untuk lebih tinggi, karena kecepatan angin meningkat secara tajam seiring dengan ketinggian gedung, sehingga aplikasi ventilasi alami hampir tidak memungkinkan untuk gedung yang tinggi.

Penerapan tata udara untuk kenyamanan untuk berbagai tipe gedung sedikit berbeda, dan dapat dikategorikan seperti dibawah ini :

Perumahan dengan tingkat rendah, termasuk rumah keluarga tersendiri, rumah kopel dan gedung apartemen kecil (4 lantai kebawah)

Perumahan dengan tingkat tinggi, seperti tempat tinggal karyawan/mahasiswa dengan susunan diatas 4 lantai, blok apartemen.

Gedung komersial, yang dibangun untuk usaha komersial, termasuk perkantoran, mall, pasar swalayan, restoran dan lain sebagainya.

Gedung institusional, termasuk Rumah Sakit, gedung pemerintah, gedung sekolah, dan lain sebagainya.

Ruangan industri dimana diinginkan kenyamanan pekerja.

Selain gedung, tata udara dapat digunakan untuk kenyamanan berbagai alat transportasi, termasuk kendaraan darat, kereta api, kapal, pesawat terbang dan pesawat luar angkasa.

2.1.2. Penyejukan udara untuk industri / proses

Menyegarkan udara ruangan karena diperlukan oleh proses, bahan, peralatan atau barang yang berada di dalamnya. Dalam teknik penerapan tata udara untuk proses diharapkan agar dapat mencapai lingkungan dalam ruangan yang sesuai untuk kepentingan proses produksi, walaupun kondisi cuaca diluar ruangan atau beban panas di dalam ruangan dan beban kelembaban berubah-ubah. Walaupun ruang yang dikondisikan masih berada dalam lingkup kenyamanan, tetapi adalah kebutuhan dalam proses yang menentukan kondisi ruangan, bukan yang diinginkan manusia. Penerapan tata udara untuk proses meliputi :

Ruang operasi rumah sakit, dimana udara disaring pada tingkat yang tinggi untuk mengurangi risiko infeksi dan pengontrolan terhadap kelembaban untuk membatasi dehidrasi seorang pasien. Walaupun suhu sering berada dalam lingkup kenyamanan, beberapa prosedur khusus seperti pembedahan jantung terbuka, menuntut suhu ruangan yang rendah (sekitar 18 °C, 64 °F), dan lainnya

seperti untuk kelahiran prematur menuntut suhu ruangan relatif tinggi (sekitar 28 °C, 82 °F).

Ruang bersih untuk produksi sirkuit terintegrasi (integrated circuits), bahan - bahan farmasi, dan sebagainya, dimana dibutuhkan ruangan dengan kebersihan udara dalam tingkat yang tinggi serta pengontrolan dari suhu dan kelembaban yang dipersyaratkan untuk mencapai keberhasilan dari suatu proses.

Fasilitas untuk hewan bertelur/beranak. Khusus untuk daerah sub-tropis kebanyakan hewan bertelur/beranak pada waktu musim semi. Dengan mengkondisikan udara pada suhu dan keadaan diwaktu musim semi, maka hewan dapat bertelur/beranak disepanjang tahun.

Tata udara pesawat terbang. Walaupun tata udara yang dituju adalah kondisi umum untuk kenyamanan para penumpang dan pendinginan peralatan, namun tata udara pesawat terbang menggunakan suatu proses atau penanganan khusus, sebab tekanan rendah yang ada diluar pesawat terbang pada waktu penerbangan,

1. Pusat pengelolaan data.
2. Pabrik Tekstil.
3. Fasilitas pemeriksaan medis.
4. Tempat penyemaian tumbuhan dan pertumbuhan hewan.
5. Fasilitas nuklir.

6. Laboratorium kimia dan biologi.
7. Pertambangan.
8. Lingkungan industri.
9. Tempat masak dan prosesnya.

Baik dalam penerapan untuk kenyamanan maupun untuk proses tujuannya bukan saja pengontrolan suhu, tetapi juga kelembaban, mutu udara, gerak udara, dan aliran udara dari suatu tempat ketempat lainnya.

2.2. Dampak Kesehatan

Sistem tata udara yang dipelihara dengan tidak baik dapat sewaktu-waktu menumbuhkan dan menyebarkan mikroorganisme, seperti *Legionella pneumophila* yang dapat merusak kesehatan manusia. Sebaliknya, tata udara yang baik, termasuk penyaringan, pengaturan kelembaban, pendinginan, pencegahan infeksi, dan sebagainya, dapat memberikan suasana yang lebih bersih dan aman diruang operasi rumah sakit atau lingkungan lainnya, dimana udara tertentu adalah suatu hal yang kritis bagi keamanan dan keadaan seorang pasien. Tata udara akan memberi dampak positif kepada mereka yang menderita alergi dan asma.

Untuk daerah yang sering mengalami gelombang panas, tata udara dapat menyelamatkan jiwa, di beberapa negara pemerintah setempat membuat pusat penyegaran untuk kepentingan orang yang tidak memiliki tata udara dirumahnya.

Sistem tata udara yang bekerja kurang baik dapat menimbulkan tingkat kebisingan yang dapat menyebabkan kehilangan pendengaran, kalau hal itu terjadi untuk jangka waktu panjang. Tingkat kebisingan juga dapat terjadi pada orang yang bertempat tinggal di dekat jalan raya yang sibuk atau dekat lapangan terbang, untuk waktu yang lama. Peralatan tata udara yang baik mempunyai tingkat kebisingan yang rendah.

2.3. Tujuan Tata Udara

Tujuan pengkondisian udara adalah untuk mendapatkan kenyamanan bagi penghuni yang berada didalam ruangan. Jika seseorang berada di dalam suatu ruangan tertutup untuk jangka waktu yang lama, maka pada suatu ketika ia akan merasa tidak nyaman, begitu juga jika kita berada pada ruang terbuka pada siang hari dengan sinar matahari mengenai tubuh kita secara langsung akan terasa kurang nyaman. Hal ini diakibatkan dua hal utama yakni temperatur (suhu) dan kelembaban (humidity) udara tersebut tidak sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tubuh. Kondisi udara yang dirasakan nyaman oleh tubuh manusia adalah berkisar antara :

Suhu dan kelembaban : 20o C hingga 26o C, 45% hingga 55%

Kecepatan udara : 0.25 m/s

Fungsi dari sistem tata udara / air conditioning adalah:

- Mengatur suhu udara
- Mengatur sirkulasi udara
- Mengatur kelembaban (humidity) udara
- Mengatur kebersihan udara

Dengan demikian, secara umum sistem tata udara berfungsi mempertahankan kondisi udara baik suhu maupun kelembaban agar udara terasa lebih nyaman. Dalam mengatur sistem tata udara ini umumnya digunakan alat bantu yang berupa AC (Air Condition). Di iklim tropis seperti di Indonesia maka penataan udara lebih besar kearah pendingin ruangan. Bila di iklim sub-tropis pengkondisian udara ruangan perlu pendingin ruangan di musim panas, dan penghangat ruangan di musim dingin.

2.4. Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Sistem Tata Udara

Sebelum merencanakan atau memasang AC, maka perlu mempertimbangkan beberapa hal berikut agar AC tersebut bisa berfungsi maksimal dan efisien :

2.4.1.Penggunaan atau fungsi ruang

Penggunaan ruang berpengaruh terhadap suhu ruangan karena pada dasarnya manusia yang mengisi suatu ruangan mengeluarkan kalori yang cukup tinggi. Kamar tidur yang hanya diisi dua orang berbeda dengan ruang keluarga yang frekwensi keluar masuk penghuninya cukup tinggi. Semakin banyak pengguna maka semakin besar daya AC yang dibutuhkan.

2.4.2.Ukuran ruangan

Ukuran ruangan menentukan berapa banyak BTU (british thermal unit) atau kecepatan pendinginan. BTU adalah kecepatan pendinginan untuk ruangan satu meter persegi dengan tinggi standar (umumnya tiga meter). Semakin besar satu ruangan tentunya akan semakin besar pula BTU yang dibutuhkan.

2.4.3.Beban pendinginan

Beban pendinginan berasal dari dalam ruangan (internal heat gain). Misalnya dari jumlah penghuni, dan penggunaan penerangan, seperti lampu. Beberapa jenis lampu mengeluarkan panas yang tinggi, yang berarti juga harus memilih AC dengan daya yang lebih tinggi. Selain dari dalam, beban pendinginan juga berasal dari luar. Seperti cahaya matahari yang mengeluarkan energi panas melalui dinding, atap atau jendela

2.4.4.Banyaknya jendela kaca

Saat ini banyak rumah yang mempunyai jendela kaca atau menggunakan blok kaca (glass block). Untuk ruangan yang menggunakan kaca sebanyak 70%

atau lebih, sebaiknya gunakan kaca film yang dapat menahan sinar ultraviolet untuk mengurangi beban pendinginan.

2.4.5. Penempatan AC

Pemasangan unit indoor perlu memperhatikan arus angin (air flow) dari blower AC. Penentuan arus angin atau hembusan yang tepat membuat udara yang dikeluarkan lebih merata dan tidak hanya berkumpul di satu titik. Selain itu, agar arus angin tidak mengenai pengguna secara langsung. Terpaan angin dingin secara terus menerus dapat berakibat buruk bagi kesehatan. Usahakan mengarahkan swing ke bagian atas kepala karena udara yang dikeluarkan AC mempunyai berat jenis yang lebih berat dari udara. Penempatan kompresor harus diletakkan di tempat dengan sirkulasi udara yang cukup, ada tempat untuk udara masuk dan udara keluar, dan terlindung dari hujan. Untuk AC ukuran 1 PK, jarak yang aman antara unit indoor dengan kompresor berkisar antara 5-7 meter. Jika memasang AC lebih dari satu, hindari peletakkan kompresor secara berhadapan dengan kompresor lain. Sebaiknya letakkan sejajar sehingga sirkulasi udara tidak terganggu.

Ada 3 faktor yang harus diperhatikan dalam memilih AC yaitu:

- Daya pendinginan AC BTU/h (British Thermal Unit per hour), Satuan dari pendinginan AC adalah BTU/h (British Thermal Unit per hour)
- Daya listrik (watt),

- Daya Kompresor AC (PK atau HP atau daya kuda).

2.5. Pengertian Umum Tentang AC

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 kontruksi bangunan, peralatan elektronik, lampu, dll.

Sedangkan beban pendinginan laten adalah beban yang dipengaruhi oleh adanya perbedaan kelembaban udara.

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

2.5.1. Jenis-Jenis Pendingin Ruangan.

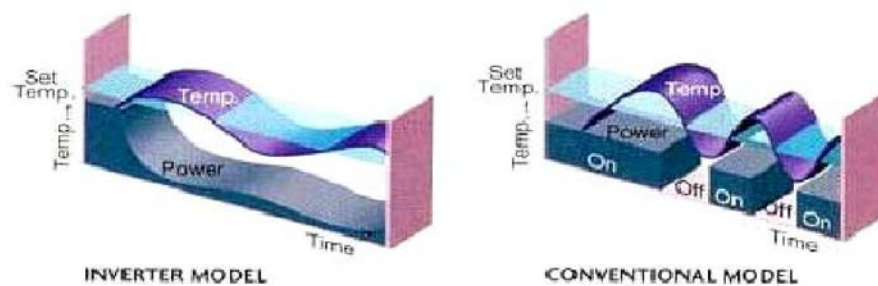
Berdasarkan jenisnya ada 4 jenis AC yang sering dipergunakan pada rumah tangga yaitu AC Split, AC Window, AC Sentral dan Standing AC.

AC Split

Mesin tata udara jenis ini, terbagi atas dua unit, satu di bagian luar ruangan (Outdoor Unit) yang berisi kondensor dan kompresor, dan satu di dalam ruangan (Indoor Unit) berisi evaporator dan kipas udara. Untuk AC split dengan kapasitas besar, unit dalam ruangan dapat terdiri lebih dari satu unit (Multi Split) sedang unit di luarnya tetap satu. Tipe lain dari AC sistem split ini adalah sistem AC split duct. Pada sistem ini untuk mengalirkan udara dingin dibantu dengan sistem ducting, sehingga jangkauannya lebih luas dan merata.

Pada akhir-akhir ini di pasaran mulai berkembang AC sistem split yang telah dilengkapi dengan inverter. Pada AC split konvensional, motor pada kompresor akan bekerja pada kecepatan maksimum jika suhu ruangan belum

terpenuhi dan akan mati bila suhu ruangan sudah terpenuhi. Sedangkan arus yang dibutuhkan motor kompresor untuk start sangat tinggi sehingga menyebabkan biaya listrik meningkat. Hal inilah yang coba dihindari oleh sistem AC split inverter. Pada AC split dengan inverter ini hidup dan mati dari motor kompresor diminimalkan, dengan menggunakan kompresor yang kecepatan motornya dapat berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Pada saat suhu ruangan belum mencapai suhu yang diinginkan, maka kecepatan motor kompresor akan maksimum dan kecepatan motor ini akan semakin berkurang jika suhu ruangan sudah mendekati suhu yang diinginkan seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1



Gambar 2.1 Iverter dan Convensional
(Sumber: <http://nusantaraac.blogspot.co.id>)

Untuk penggunaan sistem Split di Mall dan Perkantoran biasanya unit Compressor diletakkan di atap untuk mengurangi kebisingan didalam- ruangan. Sedangkan untuk unit di dalam ruang mempunyai berbagai alternative pemasangan.

Ceiling cassette



Gambar 2.2 Ceiling cassette
(Sumber: <http://www.koppel.ph>)

Wall mounted



Gambar 2.3 Wall Mounted
(Sumber: <http://shop.panasonic.com/>)

Floor standing



Gambar 2.4 Floor Standing
(Sumber: <http://shop.panasonic.com/>)

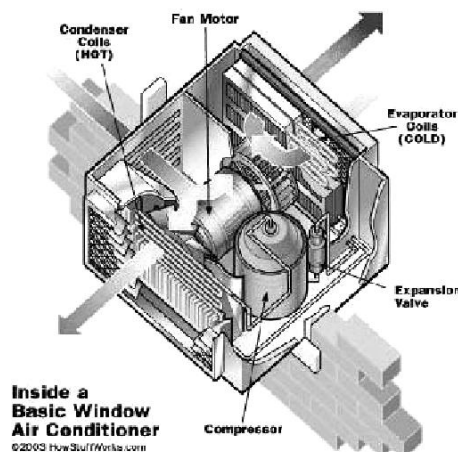
Ceiling suspended



Gambar 2.5 Ceiling Suspended
(Sumber: <https://www.indiamart.com>)

AC Window

AC jenis ini merupakan pendingin yang relatif murah untuk kapasitas kecil mudah digunakan dan mudah pemasangannya. Kelemahan dari AC ini adalah penggunaannya yang cenderung menimbulkan kebisingan di dalam ruangan, karena letak kompresor AC dari ruangan berdekatan. Bagian kondensor dari AC ini perlu diletakkan diluar ruangan. Pendingin jenis ini cocok digunakan untuk ruangan yang kecil. AC Window dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 AC Window
(Sumber: <http://www.reviewcenter.in>)

Pada AC jenis window, semua komponen AC seperti filter udara, evaporator, blower, kompresor, kondenser, refrigerant 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.

AC Sentral (AC VRV/VRF)

Pada AC jenis ini udara dari ruangan didinginkan pada cooling plant di luar ruangan tersebut, kemudian udara yang telah dingin dialirkan kembali ke dalam ruangan tersebut. AC central ini biasa digunakan di hotel, mall atau gedung-gedung dengan ruangan yang banyak. Berbeda dengan AC split dan AC window. dalam sistem ini refrigerant yang digunakan tetap sama, tetapi untuk mendistribusikan ke FCU dan AHU digunakan air dingin (chilled water) dengan suhu sekitar 5°C. Air dingin dihasilkan oleh chiller (mesin penghasil air dingin yang juga menggunakan refrigerant sebagai zat pendingin).

AC sentral mempunyai dua unit terpisah, yaitu indoor unit (evaporator) dan outdoor unit (kompresor dan kondensor). Secara singkat Cara kerja AC sentral ini dapat dilihat pada gambar. Pada saat udara panas yang berasal dari ruangan mengalir melalui koil evaporator, panas akan diserap oleh evaporator. Di dalam evaporator ini terdapat air dingin yang dihasilkan oleh chiller. Air yang keluar dari evaporator akan memiliki suhu yang tinggi dan akan disalurkan ke outdoor unit yang terletak di luar ruangan. Di outdoor unit ini air akan mengalami beberapa proses melalui kondensor, chiller, dan sebagainya, sehingga air yang keluar dari kondensor ini akan kembali memiliki suhu yang rendah. Air ini kemudian dialirkan ke evaporator untuk mengalami proses yang sama dengan awal tadi. Udara dingin yang keluar dari evaporator akan disalurkan ke ruangan-ruangan melalui ducting.

Standing AC

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

2.6. Komponen Utama Sistem Pendingin

2.6.1.Kompresor

Kompresor atau pompa isap mempunyai fungsi yang vital. Dengan adanya kompresor, refrigerant 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, refrigerant 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, tinggi rendahnya suhu dikontrol dengan termostat. Jenis kompresor yang banyak digunakan adalah kompresor torak, kompresor rotary, kompresor sudu, dan kompresor sentrifugal.

2.6.2.Kompresor torak (Reciprocating compressor)

Pada saat langkah hisap piston, gas refrigerant yang bertekanan rendah ditarik masuk melalui katup hisap yang terletak pada piston atau di kepala

kompresor. Pada saat langkah buang, piston menekan refrigerant dan mendorongnya keluar melalui katup buang, yang biasanya terletak pada kepala silinder.

2.6.3.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.

2.6.4.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.

2.6.5.Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Banyak jenis kondensor yang dipakai, untuk kulkas rumah tangga digunakan kondensor dengan pendingin air. Jenis lain kondensor berpendingin air memiliki pipa-pipa yang dapat dibersihkan.

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

2.6.6. 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.

2.6.7. Water cooled Condensor

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

2.6.8. 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).

2.6.9. Shell and Coil

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

2.6.10. 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.

2.6.11.Evaporative Condensor

Refrigerant pertama kali melepaskan kalorya 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 dipabrikamoniak.

Kondensor yang digunakan disini adalah jenis water cooled kondensor tipe shell and tube, karena lebih mudah dalam menganalisa temperatur jika dibandingkan dengan Air cooled Kondensor yang sering terjadi fluktuasi pada temperaturnya. Watercooled condensor ini ditempatkan di antara kompresor dan alat pengatur bahan pendingin (pipa kapiler). Posisinya ditempatkan berhubungan langsung dengan udara luar agar gas di dalam kondensor juga didinginkan oleh suhu ruangan.

Gas yang berasal dari kompresor memiliki suhu dan tekanan tinggi, ketika mengalir di dalam pipa kondensor, gas mengalami penurunan suhu hingga mencapai suhu kondensasi kemudian mengembun. Wujud gas berubah menjadi cair dengan suhu rendah sedangkan tekanannya tetap tinggi.

2.6.12.Katup Ekspansi

Komponen utama yang lain untuk mesin refrigerasi adalah katup ekspansi. Katup ekspansi ini dipergunakan untuk menurunkan tekanan dan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat tekanan dan temperatur rendah, atau

mengekspansikan refrigerant cair dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi, refrigerant cair diinjeksikan keluar melalui orifice, refrigerant segera berubah menjadi kabut yang tekanan dan temperaturnya rendah.

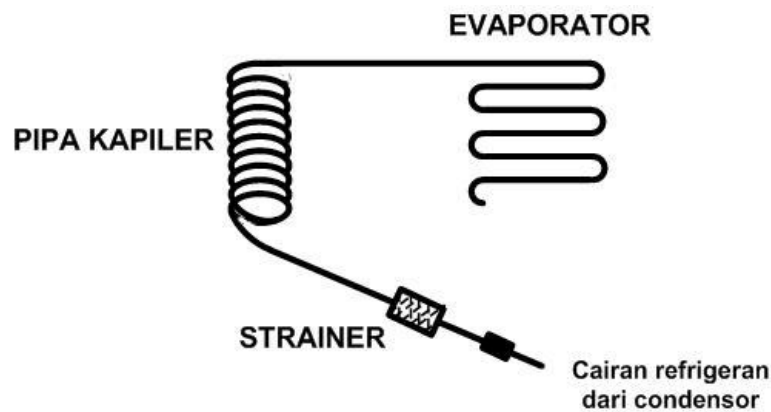
Selain itu, katup ekspansi juga sebagai alat kontrol refrigerasi yang berfungsi:

- Mengatur jumlah refrigeran yang mengalir dari pipa cair menuju evaporator sesuai dengan laju penguapan pada evaporator.
- Mempertahankan perbedaan tekanan antara kondensor dan evaporator agar penguapan pada evaporator berlangsung pada tekanan kerjanya.

2.6.13.Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Cairan refrigeran memasuki pipa kapiler tersebut dan mengalir sehingga tekanannya berkurang akibat dari gesekan dan percepatan refrigeran. Pipa kapiler hampir melayani semua sistem refrigerasi yang berukuran kecil, dan penggunaannya meluas hingga pada kapasitas refrigerasi 10kw. Pipa kapiler mempunyai ukuran panjang 1 hingga 6 meter, dengan diameter dalam 0,5 sampai 2 mm (Stoecker, 1996). Diameter dan panjang pipa kapiler ditetapkan berdasarkan kapasitas pendinginan, kondisi operasi dan jumlah refrigeran dari mesin refrigerasi yang bersangkutan.

Konstruksi pipa kapiler sangat sederhana, sehingga jarang terjadi gangguan. Pada waktu kompresor berhenti bekerja, pipa kapiler menghubungkan bagian tekanan tinggi dengan bagian tekanan rendah, sehingga menyamakan tekanannya dan memudahkan start berikutnya. Pipa kapiler ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Pipa Kapiler
(Sumber: <http://www.reviewcenter.in>)

2.6.14. 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.

Istilah PK atau HP atau daya kuda (Paard Kracht/Daya Kuda/Horse Power (HP) pada AC sebenarnya merupakan satuan daya pada kompresor AC bukan daya pendingin AC. Untuk daya pendingin AC satuannya BTU/hr.

Rumus yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah AC yang dibutuhkan dalam suatu ruangan adalah :

Rumus Kebutuhan BTU ;

Rumus 1 :

$$\frac{L \times W \times H \times I \times E}{60} = \text{Kebutuhan BTU}$$

Keterangan :

L = Panjang Ruangan (dalam feet, 1 meter = 3,28 feet)

W = Lebar Ruangan (dalam feet, 1 meter = 3,28 feet)

H = Tinggi Ruangan (dalam feet, 1 meter = 3,28 feet)

I = Nilai 10 jika ruangan berada dilantai bawah, atau berimpit dengan ruangan lain; Nilai 18 jika ruangan di lantai atas.

E = Nilai 16 jika dinding terpajan menghadap utara; nilai 17 jika dinding menghadap timur; nilai 18 jika menghadap selatan; nilai 20 jika menghadap barat.

60 = konstanta

Rumus 2 :

Beban Kalor Melalui bidang kaca, (Beban sensibel)

$$\text{Utara} = \text{luas bidang kaca} \times 800 \text{ Btu/h/m}^2 = \dots \text{ Btu/h}$$

$$\text{Selatan} = \text{luas bidang kaca} \times 400 \text{ btu/h/m}^2 = \dots \text{ Btu/h}$$

$$\text{Timur} = \text{luas bidang kaca} \times 900 \text{ btu/h/m}^2 = \dots \text{ Btu/h}$$

$$\text{Barat} = \text{luas bidang kaca} \times 1000 \text{ btu/h/m}^2 = \dots \text{ Btu/h}$$

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

Beban Kalor Melalui bidang dinding, (Beban sensibel)

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

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

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

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

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

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

Beban Kalor Intern

$$\text{Beban sensibel orang} = \dots \times 200 \text{ Btu/h} = \dots \text{ Btu/h}$$

$$\text{Beban laten orang} = \dots \times 250 \text{ Btu/h} = \dots \text{ Btu/h}$$

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

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

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

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

Ventilasi atau infiltrasi

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

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

Beban kalor infiltrasi udara luar

$$\text{Beban sensible} = \text{kebutuhan udara ruangan} \times 10 \times 1,08 = \dots \text{ Btu/h}$$

$$\text{Beban laten} = \text{kebutuhan udara ruangan} \times 10 \times 0,67 = \dots \text{ Btu/h}$$

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

Total Beban Pendingin ruangan :

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

Sedangkan kapasitas AC berdasarkan PK adalah sebagai berikut :

$$\text{AC } \frac{1}{2} \text{ PK} = \pm 5.000 \text{ BTU/h}$$

$$\text{AC } \frac{3}{4} \text{ PK} = \pm 7.000 \text{ BTU/h}$$

$$\text{AC } 1 \text{ PK} = \pm 9.000 \text{ BTU/h}$$

AC 1 ½ PK = ± 12.000 BTU/h

AC 2 PK = ± 18.000 BTU/h

2.7. COP dan EER

COP (Coefficient of Performance) adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan (satuan: kW) terhadap ekivalensi termal kompresor yang digunakan (satuan: kW) pada sistem pendingin/pembeku tersebut.

EER (Energy Efficiency Ratio) adalah perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan (satuan: BTU/jam) terhadap kebutuhan daya kompresor yang digunakan (satuan: kW) pada sistem pendingin/pembeku tersebut. Jika dilakukan penyetaraan satuan, sesungguhnya nilai EER akan sama dengan COP. Sistem pendingin/pembeku umumnya mencantumkan salah satu dari indikator tersebut, atau parameter yang dapat digunakan untuk menghitung salah satu dari indikator tersebut (misalnya kapasitas pendinginan dan daya kompresor) pada spesifikasi teknis sistem tersebut.

2.8. Jenis Sistem Tata Udara

Dalam proses pendinginan udara, system pendingin udara dibagi menjadi 2 jenis, yaitu: menggunakan system direct cooling/ direct expansion (sistem langsung), dan system indirect cooling (tidak langsung).

2.8.1. Direct Expansion (Ekspansi Langsung)

Dalam sistem ini udara didinginkan langsung oleh refrigerant dengan menggunakan mesin paket. sistem ini juga disebut dengan sistem pengkondisian secara terpisah. Tata udara Direct expansion dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Direct Expansion AC
(Sumber: <https://putriratnadewi.wordpress.com>)

2.8.2. Indirect Cooling (Sistem Tidak Langsung)

Dalam sistem ini dipakai media air es / chilled water dengan temperature sekitar 5oC'. Sistem ini juga disebut dengan sistem pengkondisian secara sentral. Model ini banyak dipakai dalam bangunan tinggi, disamping menghemat tempat juga biaya operasional lebih efisien. Dalam model ini diperlukan mesin pembuat air es / chilled yang dinamakan dengan Chiller. Dan air es didistribusikan melalui pipa menuju AHU (Air handling unit) (Lihat Gambar 2.9), sebagai pengolah sirkulasi udara.



Gambar 2.9 AHU (Air Handling Unit)
(Sumber: <https://putriratnadewi.wordpress.com>)

2.9. Sistem Tata Udara di Rumah Sakit

Sistem Tata Udara di rumah sakit berfungsi untuk pengaturan temperatur, kelembaban udara relatif, kebersihan udara dan tekanan udara dalam ruang dalam rangka mencegah berkembang biak dan tumbuh suburnya mikroorganisme, terutama di ruangan-ruangan khusus seperti di ruang operasi, ruang isolasi, dan lain-lain.

Perbedaan dasar antara pengkondisian udara untuk rumah sakit dan fasilitas kesehatan yang terkait dengan jenis bangunan lainnya antara lain :

- Kebutuhan untuk membatasi pergerakan udara di dalam dan antara berbagai departemen di rumah sakit
- Persyaratan khusus ventilasi dan filtrasi untuk melarutkan dan menghilangkan kontaminasi dalam bentuk bau, mikroorganisme udara, virus, kimia berbahaya dan zat radioaktif;

- Temperatur dan kelembaban udara yang berbeda untuk berbagai area;

Pengkondisian udara (air conditioning), usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, dan penyebarannya. Kualitas udara yang baik yaitu udara yang hampir bebas dari debu, bau, kimia dan polutan radioaktif. Untuk mendapatkan kualitas udara yang baik, maka perlu dipertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

2.9.1.Intake Udara Luar (Outdoor Intake).

Intake udara luar atau sistem kipas yang digunakan untuk pengendalian asap. Intake ini harus ditempatkan sejauh mungkin tetapi tidak kurang dari 9 m dari cerobong outlet buangan dari peralatan pembakaran, outlet buangan ventilasi rumah sakit atau bangunan yang berdekatan, sistem vakum bedah medis, menara pendingin, cerobong vent plambing, dan area yang dapat mengumpulkan gas buang kendaraan dan asap berbahaya lainnya.

2.9.2.Outlet Pembuangan (Exhaust Outlets).

Outlet pembuangan ini harus ditempatkan minimal 3 m di atas permukaan lantai dan jauh dari pintu, area yang dihuni, dan pengoperasian jendela. Lokasi yang lebih baik dari outlet pembuangan berdiri tegak keatas atau horizontal jauh dari intake udara luar. outlet pembuangan ini mirip dengan cerobong asap/terowongan angin, maka perlu kehati-hatian dalam menempatkan outlet pembuangan yang menghasilkan zat buang yang terkontaminasi tinggi (misalnya dari mesin, tudung asam, lemari keselamatan biologi, tudung dapur,

dan ruang pengecatan). Umumnya angin, bangunan yang berdekatan, dan kecepatan pelepasan harus diperhitungkan. Dalam aplikasi kritis studi terowongan angin atau pemodelan komputer mungkin tepat.

2.9.3. Filter Udara

Untuk menghilangkan partikular dari aliran udara, sejumlah metode telah tersedia untuk menentukan efisiensi filter yang akan digunakan. Semua ventilasi atau sistem pengkondisian udara terpusat harus dilengkapi dengan filter yang memiliki efisiensi tidak lebih rendah dari yang ditunjukkan dalam tabel 2.1

Fungsi Ruang (a) (b)	Tekanan	Pertukaran udara	Pertukaran udara min.	Semua udara dibuang keluar	Resirkulasi udara	Humiditas (%)	Temperatur ruangan (°C)
	(c)	(m)	(d)	(n)	(o)		
BEDAH DAN PERAWATAN KRITIS							
Ruang Operasi (system udara resirkulasi) (e),(r)	P	5	25	-	Tidak	30-60	20-23.9
Ruang Operasi bedah cycloscopic (e),(p),(q),(r)	P	5	25	-	Tidak	30-60	20-23.9
Ruang melahirkan (p),(r)	P	5	25	-	Tidak	30-60	20-23.9
Ruang pemulihan(p)	-	2	6	-	Tidak	30-60	21.1-23.9
ICU	-	2	6	-	Tidak	30-60	21.1-23.9
NICU	-	2	6	-	Tidak	30-60	22.2-25.6
Ruang tindakan	-	-	6	-	-	30-60	21.1-23.9
Perawatan bayi	P	5	12	-	Tidak	30-60	23.9-26.7
Ruang trauma (krisis atau shock) (f),(s)	-	3	15		Tidak	30-60	21.1-23.9
Gudang gas anestesi	N	-	8	Ya	-	-	-
Endoscopy	N	2	6	-	Tidak	30-60	20-22.8
Bronchospy (q)	N	2	12	Ya	Tidak	30-60	20-22.8
Ruang tunggu ER	N	2	12	Ya	-	30-60	21.1-23.9
Triase	N	2	12	Ya	-	-	21.1-23.9
Ruang tunggu radiologi	N	2	12	Ya (t), (u)	-	-	21.1-23.9
Ruang(prosedur operasi kelas A)	N	3	15		Tidak	30-60	21.1-23.9
PERAWATAN							
Ruang pasien	-	2	6 (v)	-	-	30-60	21.1-

Fungsi Ruang (a) (b)	Tekna nan (c)	Pertuka ran udara (m)	Pertuk aran udara min. (d)	Semua udara dibuang keluar (n)	Resirkul asi udara (o)	Humi ditas (%)	Tempera tur ruangan (°C)
							23.9
Ruang toilet (g)	N	Pilihan	10	Ya	Tidak	-	-
Ruang perawatan bayi baru lahir	-	2	6	-	Tidak	30-60	22.2-25.6
Ruagn lingkungan terproteksi (i), (q), (w)	P	2	12	-	Tidak	-	21.1-23.9
Ruang isolasi infeksi yang ada di udara (h), (q), (x)	N	2	12	Ya (u)	Tidak	-	21.1-23.9
Ruang antara terisolasi (Isolation alcove or anteroom) (w), (x)	P/N	2	10	Ya	Tidak	-	-
Ruang kala/melahirkan/pemulihan/pasca melahirkan (Labor / delivery / recovery / postpartum) (LDRP)	-	2	6 (v)	-	-	30-60	21.1-23.9
Koridor public	N	2	2				
Koridor pasien	-	2	4	-	-		
PENUNJANG							
RADIOLOGY (y)							
Laboratorium, umum (y)		2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, bacteriology	N	2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, blochemistry (y)	N	2	6	-	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, cytology	P	2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, cuci gelas		Pilihan	10	Ya	Tidak	-	-
Laboratorium, histology	N	2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Microbiology (y)	N	-	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, pengobatan nuklir	N	2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, pathology	N	2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, serology	P	2	6	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, sterilisasi	N	Pilihan	10	Ya	Tidak	30-60	21.1-23.9
Laboratorium, media transfer	P	2	4	-	Tidak	30-60	21.1-23.9
Ruang Autopsy (q)	N	2	12	Ya	Tidak	-	-
Non refrigerant body-holding room (k)	N	Pilihan	10	Ya	Tidak	-	21.1
Farmasi	P	2	4	-	-	30-60	21.1-23.9
ADMINISTRATION							
Ruang pendaftaran dan ruang tunggu	N	2	6	Ya	-	30-60	21.1-23.9

Fungsi Ruang (a) (b)	Tekna nan	Pertuka ran udara	Pertuk aran udara min.	Semua udara dibuang keluar	Resirkul asi udara	Humi ditas (%)	Tempera tur ruangan (°C)
	(c)	(m)	(d)	(n)	(o)		
DIAGNOSTIC AND TREATMENT							
Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration	N	2	12	Ya	-	30-60	21.1- 23.9
Ruang pemeriksaan	-	2	6	-	-	30-60	21.1- 23.9
Ruang Pengobatan	P	2	4	-	-	30-60	21.1- 23.9
Ruang tindakan	-	2	6	-	-	30-60	21.1- 23.9
Therapi fisik dan hydrotherapy	N	2	6	-	-	30-60	21.1- 23.9
Ruang kotor	N	2	10	Ya	Tidak	30-60	22.2- 26.7
Ruang bersih	P	2	4	-	-	30-60	22.2- 25.6
STERILIZING AND SUPPLY							
Ruang ETO-sterilizer	N						
Ruang peralatan steril	N						
Sentral medic dan suplai bedah :							
LAYANAN							
Pusat persiapan makanan (l)	-	2	10	Ya	Tidak		
Cuci piring	N	Pilihan	10	Ya	Tidak		
Gudang harian dietary	-	Pilihan	2	-	Tidak		
Laundry, umum	N	2	10	Ya	Tidak		
Sortir linen kotor dan gudang	N	Pilihan	10	Ya	Tidak		
Gudang linen bersih	P	2 (Pilihan)	2	-	-		
Linen dan trash chute room	N	Pilihan	10	Ya	Tidak		
Ruang Bedpan	N	Pilihan	10	Ya	Tidak		
Kamar mandi	N	Pilihan	10	Ya	Tidak		22.2- 25.6
Janitor	N	Pilihan	10	Ya	Tidak		

Tabel 2.1. Kriteria kinerja pengkondisian ruangan di rumah sakit

Dalam Menjaga kualitas udara, selain memperhatikan faktor-faktor diatas,
dapat dilakukan dengan :

- Kontrol terhadap temperatur ruang dengan memasang termometer ruangan.
- Kontrol terhadap polusi
- Pemasangan “Exhaust Fan” (perlindungan terhadap kelembaban udara).
- Pemasangan stiker, poster “dilarang merokok”.
- Sistem ventilasi dan pengaturan suhu udara dalam ruang (lokasi udara masuk, ekstraksi udara, filtrasi, pembersihan dan pemeliharaan secara berkala filter AC) minimal setahun sekali, kontrol mikrobiologi serta distribusi udara untuk pencegahan penyakit “Legionaire Diseases “.
- Kontrol terhadap lingkungan (kontrol di dalam/diluar kantor).
- Misalnya untuk indoor : penumpukan barang-barang bekas yang menimbulkan debu, bau dll. Outdoor: disain dan konstruksi tempat sampah yang memenuhi syarat kesehatan dan keselamatan, dll.
- Perencanaan jendela sehubungan dengan pergantian udara jika AC mati.
- Pemasangan fan di dalam lift.

Untuk Tingkat pengkondisian ruang yang digunakan adalah temperatur 22-24° C (untuk ruang penyimpanan, dan ruang kerja) 20° C (untuk ruang komputer).