

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Landasan Teori

Sebuah bangunan didirikan untuk memberikan perlindungan dan lingkungan yang aman dan nyaman, sehingga setiap orang yang berada didalamnya dapat bekerja dengan maksimal.

Tubuh manusia adalah suatu organisme yang mampu menyesuaikan diri secara menakjubkan. Dalam jangka waktu yang lama tubuh manusia mampu berfungsi didalam kondisi thermal yang cukup ekstrim.

Tetapi karena keanekaragaman suhu dan kelembaban udara luar sering kali berada pada keadaan yang diluar batas kemampuan adaptasi tubuh, oleh karena itu diperlukan kondisi yang baik didalam ruang agar dapat dipertahankan lingkungan yang sehat dan nyaman.

1. Kenyamanan Thermal

Salah satu faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah kalor dalam tubuh manusia yang diproduksi oleh metabolisme untuk menjaga suhu tubuh agar tetap konstan. Seseorang yang sedang istirahat atau mengerjakan pekerjaan ringan didalam ruang yang terkondisi, tubuhnya mengeluarkan kalor dengan cara konveksi (dibawa oleh udara sekitar) dan diradiasikan ke permukaan lingkungan yang suhunya lebih rendah dari suhu tubuhnya. Proses metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh faktor usia, berat badan dan tingkat kegiatan yang dilakukan.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kemampuan tubuh menyalurkan kalor adalah suhu udara, suhu permukaan yang ada disekitar, kelembaban dan kecepatan udara. Selain itu jenis pakaian dan tingkat kegiatan yang dilakukan oleh seseorang juga mempengaruhi jumlah kalor yang dikeluarkan oleh tubuh. Jika seseorang memakai pakaian yang wajar maka batas – batas keadaan berikut seharusnya dapat diterima :

suhu kerja antara 20°C hingga 26°C, kelembapan suhu pengembunan 2°C hingga 17°C dan kecepatan udara rata – rata hingga 0,25 m/detik. Jika seseorang berada di dalam suatu ruangan tertutup untuk jangka waktu yang lama, dengan aktivitas baik berat maupun ringan dan suhu didalam ruangan dipengaruhi suhu lingkungan diluar ruangan maka akan timbul rasa kurang nyaman.

Rasa nyaman atau yang disebut kenyamanan termal dipengaruhi oleh banyak faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Kondisi fisik seseorang, yaitu gemuk atau kurus seseorang serta kebiasaan sehari-hari seseorang terhadap lingkungan dingin, sejuk, maupun panas.
- b. Pakaian yang digunakan tipis, sedang, atau pakaian lengkap mempengaruhi rasa nyaman terhadap lingkungan.
- c. Aktifitas yang dilakukan seseorang dalam ruangan. Aktivitas berat memerlukan rasa nyaman yang berbeda dengan aktivitas biasa.

Rasa nyaman di samping factor - faktor tersebut di atas sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan. Rasa nyaman dapat diperoleh apabila suhu berkisar antara 23°C pada kelembaban 50% sampai 26°C pada kelembaban 70%. Rekomendasi dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 03 - 6572-2001, menyebutkan bahwa daerah kenyamanan suhu untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi : (sumber : SNI 03- 6572-2001).

- a. Nyaman, antara temperatur efektif 22,8°C - 25,8°C dan RH 40% - 65%.
- b. Hangat, antara temperatur efektif 25,8°C - 27,1°C dan RH 40% - 65%
- c. Sejuk, antara temperatur efektif 20,5°C - 22,8°C dan RH 40% - 65%.

2.1.1 Dasar Pengertian AC (*Air Conditioner*)

AC (*Air Conditioner*) adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengondisikan udara. Bisa dikatakan bahwa AC adalah alat yang berfungsi sebagai penyejuk udara. Penggunaan AC dimaksudkan untuk memperoleh temperatur udara yang diinginkan (sejuk atau dingin) dan nyaman bagi tubuh. Tidak hanya membuat udara menjadi lebih sejuk, tetapi AC juga dapat meningkatkan kualitas udara dan dapat mengurangi gejala asma dan alergi.

AC sangat banyak digunakan pada wilayah yang beriklim tropis dengan kondisi temperatur udara yang relatif tinggi (panas), seperti di Indonesia. Dalam penggunaannya, AC tidak hanya menyejukkan atau mendinginkan udara, tetapi bisa juga mengatur kebersihan dan kelembapan udara di dalam ruangan sehingga tercipta kondisi udara yang berkualitas, sehat, dan nyaman bagi tubuh.

2.1.2 Prinsip Kerja dari AC (*Air Conditioner*)

Prinsip kerja AC adalah bekerja menyerap panas dari udara di dalam ruangan, kemudian melepaskan panas tersebut di luar ruangan. Dengan demikian, temperatur udara di dalam ruangan akan berangsur-angsur turun sehingga dapat menghasilkan temperatur udara yang diinginkan.

Dengan kata lain, AC adalah sebuah perabotan elektronik yang berfungsi untuk mengondisikan udara yang berada dalam ruangan. Udara dalam ruangan yang terisap di sirkulasi secara terus menerus oleh blower indoor melewati sirip evaporator. Saat melewati evaporator, udara yang bertemperatur lebih tinggi dari evaporator diserap panasnya oleh bahan pendingin (*refrigerant*), kemudian dilepaskan di luar ruangan ketika aliran *refrigerant* melewati kondensor.

Mungkin ada yang berfikir bahwa udara dingin yang kita rasakan adalah udara di luar ruangan yang di bawa masuk seutuhnya dan di dinginkan oleh perangkat AC,

tapi kenyataannya adalah temperatur udara yang rendah atau dingin yang kita rasakan sebenarnya adalah sirkulasi udara di dalam ruangan. Unit AC hanyalah tempat bersirkulasinya udara yang sekaligus menangkap kalor (panas) pada udara ruangan hingga mencapai temperatur yang diinginkan. Untuk lebih jelasnya, prinsip kerja AC secara keseluruhan akan dibagi menjadi dua, yaitu sirkulasi udara dan refrigerant.

2.1.3 Sirkulasi Udara

Sirkulasi udara di dalam ruangan yang di hasilkan oleh perangkat AC adalah aliran udara yang terdapat di dalam dan di luar ruangan yang di kendalikan oleh blower (indoor) yang terdapat di dalam ruangan dan fan yang terdapat di luar ruangan (outdoor).

1. Prinsip kerja AC (*Air Conditioner*) pada bagian dalam (*Indoor*)

Pada bagian indoor unit AC terdapat lima komponen utama, yaitu evaporator, blower, saringan (filter) udara, panel listrik, dan sensor suhu (thermistor). Evaporator terbuat dari pipa tembaga dengan panjang dan diameter tertentu yang dibentuk berkeluk-lekuk agar lebih efektif untuk menyerap panas dari udara. Karena dilewati refrigerant yang memiliki suhu yang sangat rendah, suhu evaporator menjadi rendah (dingin). Dengan begitu suhu udara ruangan akan menjadi rendah (dingin) ketika melewati komponen ini. Blower yang terdapat pada bagian indoor berfungsi untuk mengatur sirkulasi dengan cara menyedot udara di dalam ruangan agar melewati komponen evaporator. Kemudian mengembuskan kembali udara ke dalam ruangan. Blower akan bekerja sampai temperatur udara ruangan sesuai keinginan. Dengan kata lain blower akan berhenti bekerja ketika temperatur udara ruangan mencapai suhu yang di inginkan. Pada bagian indoor juga terdapat saringan (filter) udara yang berfungsi menyaring debu dan kotoran yang tersedot oleh blower agar udara yang keluar lebih bersih dan segar.

Pada unit AC keluaran terbaru, filter udara biasanya dilengkapi dengan anti bakteri untuk menangkal bibit penyakit dan menyaring polutan berbahaya bagi tubuh manusia yang terbawa melalui udara. Selain itu pada bagian indoor juga terdapat kontrol panel kelistrikan (PCB AC) dan sensor suhu yang mengatur kerja AC secara keseluruhan. Kontrol panel kelistrikan dan sensor suhu bekerja saling terkoneksi secara otomatis untuk mengatur kerja unit AC.



Gambar 2. 1 AC Indoor

2. Prinsip kerja AC (*Air Conditioner*) pada bagian luar (*Indoor*).

Pada bagian outdoor unit AC terdapat enam komponen utama yaitu kompresor, kondensor, fan, pipa kapiler, saringan refrigerant (strainer), dan sistem kelistrikan. Prinsip kerja AC pada bagian kompresor berfungsi sebagai pusat sirkulasi bahan pendingin atau refrigerant. Dari kompresor, refrigerant akan dipompa dan dialirkan menuju ke komponen utama AC yaitu kondensor, pipa kapiler, dan evaporator. Refrigerant secara terus-menerus melewati ke empat komponen utama AC Split . Ketika refrigerant keluar melewati bagian indoor (evaporator), kalor (panas) udara yang terbawa akan dilepaskan di bagian kondensor. Serupa dengan evaporator, kondensor terbuat dari pipa tembaga yang dibentuk berkelok-kelok dan dilengkapi dengan sirip-sirip agar pelepasan kalor udara di dalam ruangan berjalan lebih efektif.

Selain itu pada bagian outdoor juga terdapat fan yang berfungsi untuk membantu lebih cepat melepaskan atau membuang kalor (panas) udara yang terbawa oleh refrigerant ke udara bebas di luar ruangan, setelah melepaskan kalor (panas) udara, refrigerant akan dipompa menuju ke filter (strainer) agar kotoran yang terbawa oleh refrigerant tidak ikut terbawa ke pipa kapiler. Jika kotoran seperti karat atau serpihan logam terbawa ke dalam pipa kapiler, dapat menyebabkan penyumbatan yang mengakibatkan sistem pendingin tidak bekerja secara optimal.

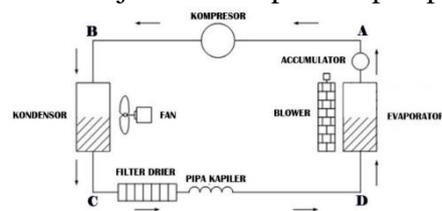


Gambar 2. 2 AC Outdoor

2.1.4 Sirkulasi Refrigerant di Dalam Mesin Pendingin

Refrigerant pada prinsip kerja AC merupakan zat atau bahan pendingin yang bersirkulasi secara terus-menerus melewati komponen utama sistem pendingin (kompresor, kondensor, pipa kapiler, dan evaporator).

Perlu diketahui bahwa bahan pendingin ini tidak akan berkurang selama tidak terjadi kebocoran pada sistem pendingin. Saat melewati komponen utama pendingin, refrigerant akan mengalami perubahan wujud, temperatur, dan tekanan. Sirkulasi refrigerant dalam unit AC disebut siklus refrigerasi kompresi uap. Dari skema kerja refrigerant, pada artikel ini akan dijelaskan empat tahapan proses kerja.



Gambar 2. 3 skema kerja Refrigerant

1. Proses Kompresi

Proses kompresi dimulai ketika refrigerant meninggalkan evaporator kompresor (intake). Ditinjau dari wujud, suhu, dan tekanan, ketika akan masuk ke dalam kompresor, refrigerant berwujud gas atau uap, bertemperatur rendah dan bertekanan rendah.

Selanjutnya, melalui kompresor, refrigerant dikondisikan tetap berwujud gas, tetapi memiliki tekanan dan suhu tinggi. Hal tersebut bisa dilakukan karena kompresor dapat mengisap gas dan mengompresikan refrigerant hingga mencapai tekanan kondensasi. Setelah tekanan dan suhu refrigerant di rubah, selanjutnya refrigerant dipompa dan dialirkan menuju kondensor.

2. Proses Kondensasi

Proses kondensasi diawali ketika refrigerant meninggalkan kompresor (proses B-C). Refrigerant berbentuk zat gas yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dialirkan menuju kondensor. Di dalam kondensor zat gas refrigerant berubah menjadi zat cair. Panas yang dihasilkan refrigerant dipindahkan ke udara di luar pipa kondensor. Agar proses kondensasi lebih efektif digunakan fan yang dapat mengembuskan udara luar tepat di permukaan pipa kondensor. Dengan begitu panas pada refrigerant dapat dengan mudah dipindahkan ke udara luar. Setelah melewati proses kondensasi, refrigerant berbentuk zat cair yang bertemperatur lebih rendah tetapi tekanan refrigerant masih tinggi. Selanjutnya refrigerant dialirkan menuju ke pipa kapiler.

3. Proses Penurunan Tekanan

Proses penurunan tekanan refrigerant dimulai ketika refrigerant meninggalkan kondensor (proses C-D). Di dalam pipa kapiler, terjadi proses penurunan tekanan refrigerant sehingga refrigerant yang keluar memiliki tekanan yang rendah. Selain itu, pipa kapiler juga berfungsi mengontrol aliran refrigerant di antara dua sisi tekanan yang

berbeda, yaitu tekanan tinggi dan rendah. Selanjutnya refrigerant cair yang memiliki suhu dan tekanan rendah dialirkan menuju ke evaporator. Proses ini merupakan proses pendinginan refrigerant.

4. Proses Evaporasi

Proses evaporasi dimulai ketika refrigerant akan masuk ke dalam evaporator. Dalam keadaan ini refrigerant berwujud cair bertemperatur rendah, dan bertekanan rendah. Kondisi refrigerant semacam ini di dimanfaatkan untuk mendinginkan udara luar yang melewati permukaan evaporator. Agar lebih efektif mendinginkan udara ruangan, digunakan blower indoor untuk mengatur sirkulasi udara agar melewati evaporator.

Proses yang terjadi di balik proses udara ruangan yang mempunyai temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan refrigerant yang mengalir di dalam evaporator. Karena juga bekerja menyerap panas udara didalam ruangan, wujud refrigerant cair akan menjadi wujud gas. Selanjutnya refrigerant akan mengalir menuju ke kompresor. Proses ini terjadi berulang dan terus-menerus sampai suhu atau temperatur ruangan sesuai dengan keinginan.

2.2 Komponen Pada AC (*Air Conditioner*) Split.

Pada sistem kerja AC (*Air Conditioner*), yang fungsinya adalah untuk mengondisikan udara, terdapat bagian-bagian atau komponen-komponen AC yang dapat di kelompokkan menjadi 4 bagian yaitu komponen utama, komponen pendukung, kelistrikan dan bahan pendingin (*refrigerant*). Berikut adalah 4 bagian penting komponen-komponen pada AC Split.

2.2.1 Komponen Utama AC (*Air Conditioner*)

1. Kompresor

Kompresor AC merupakan alat yang berfungsi sebagai pusat sirkulasi (memompa dan mengedarkan) bahan pendingin atau refrigerant (*freon*) ke seluruh

bagian AC. Kompresor AC juga berfungsi untuk membentuk dua daerah tekanan yang berbeda, daerah bertekanan tinggi dan rendah.



Gambar 2. 4 Gambar K

2. Kondensor

Kondensor adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai penukar kalor, menurunkan temperatur refrigerant, dan mengubah wujud refrigerant dari bentuk



Gambar 2. 6 Kondesor

gas menjadi cair. Pada kondensor AC biasanya menggunakan udara sebagai media pendinginnya. Sejumlah kalor yang terdapat pada refrigerant dilepaskan ke udara bebas dengan bantuan fan motor. Agar proses pelepasan kalor bisa lebih cepat, pipa kondensor didesain berliku dan dilengkapi dengan sirip, maka dari itu pembersihan sirip-sirip pipa kondensor sangat penting agar perpindahan kalor refrigerant tidak terganggu. Jika sirip-sirip kondensor dibiarkan dalam kondisi kotor, akan mengakibatkan turunnya performa kinerja AC yang membuat AC menjadi kurang dingin.

3. Evaporator

Evaporator berfungsi menyerap dan mengalirkan panas dari udara dari dalam ruangan ke refrigerant. Dan wujud cair refrigerant akan berubah wujud menjadi gas setelah melewati pipa kapiler. Bisa dikatakan bahwa evaporator adalah komponen yang berfungsi untuk penukar panas. Pada prinsipnya udara yang berada pada



Gambar 2. 7 Evaporator

ruangan ber-AC diserap oleh evaporator dan masuk melewati sirip-sirip pipa sehingga suhu udara yang keluar dari sirip-sirip menjadi lebih rendah dari kondisi semula atau dingin. Proses sirkulasi udara di dalam ruangan ini diatur oleh blower indoor.

4. Pipa Kapiler

Pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigerant dan mengatur aliran refrigerant menuju evaporator. Fungsi utama pipa kapiler ini sangat vital karena pipa kapiler menghubungkan dua bagian tekanan yang berbeda, yaitu tekanan tinggi dan tekanan rendah. Refrigerant bertekanan tinggi sebelum melewati pipa kapiler akan diubah atau diturunkan tekanannya. Penurunan tekanan



Gambar 2. 8 Pipa Kapiler

refrigerant menyebabkan terjadinya penurunan suhu. Pada bagian inilah refrigerant mencapai suhu terendah (terding

2.2.2 Komponen Pendukung AC (*Air Conditioner*)

1. Minyak Pelumas Kompresor

Fungsi dari minyak pelumas kompresor pada sistem AC split adalah untuk melumasi bagian-bagian kompresor yang bergesekan sehingga dapat menghindari terjadinya keausan. Selain itu fungsi minyak pelumas juga berfungsi untuk mendinginkan atau mengurangi panas pada bagian-bagian yang dilumasi.

2. Saringan (*Strainer*)

Saringan (*strainer*) merupakan komponen yang berfungsi untuk menyaring kotoran yang terbawa oleh refrigerant di dalam sistem AC. Jika *strainer* ini sampai mengalami kerusakan, maka kotoran yang lolos dari *strainer* akan menyebabkan penyumbatan pada pipa kapiler, hal ini pun dapat menyebabkan sirkulasi refrigeran menjadi terganggu.



Gambar 2. 9 Strainer

3. Fan atau Blower

Blower adalah komponen AC split yang terletak pada indoor, berbentuk seperti tabung bersirip yang berfungsi untuk mensirkulasikan udara dalam ruangan sehingga udara ruangan dapat bersirkulasi melewati evaporator, setelah udara melewati evaporator, udara dingin yang berasal dari evaporator tersebut kemudian diarahkan ke ruangan. Blower akan bekerja sampai temperatur udara ruangan sesuai dengan pengaturan pada remote control AC. Sedangkan untuk fan yang terletak pada outdoor, berbentuk seperti kipas, berfungsi untuk mendinginkan refrigeran pada kondensor. Kedua komponen tersebut digerakan oleh motor listrik yang berbeda.



Gambar 2. 10 Blower & Fan

4. Accumulator

Fungsi dari accumulator pada AC split adalah sebagai penampung sementara refrigerant cair bertemperatur rendah dan campuran minyak pelumas evaporator.



Gambar 2. 11 Evaporator

Selain itu accumulator juga berfungsi mengatur sirkulasi aliran bahan refrigerant

agar bisa keluar-masuk melalui saluran yang terdapat pada bagian atas accumulator menuju ke saluran isap kompresor. Untuk mencegah agar refrigeran cair tidak mengalir ke kompresor, accumulator mengondisikan wujud refrigeran tetap dalam wujud gas. Hal ini di sebabkan karena ketika wujud refrigeran berbentuk gas akan lebih mudah masuk ke dalam kompresor dan tidak merusak bagian dalam kompresor.

2.2.3 Komponen Kelistrikan AC (*Air Conditioner*)

1. Kapasitor

Kapasitor adalah alat elektronik yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik sementara. Kapasitor pada AC split biasanya memiliki dua buah kapasitor start kapasitor kompresor dan start kapasitor untuk motor fan pada outdoor.

Fungsi start kapasitor kompresor ini adalah sebagai starting penggerak pertama kompresor. Dengan bantuan start kapasitor, hanya membutuhkan waktu sangat singkat untuk membuat motor kompresor mencapai putaran penuh. Lama atau singkatnya waktu yang dibutuhkan tergantung dari jumlah muatan listrik yang tersimpan pada kapasitor. Sedangkan start kapasitor untuk motor fan berfungsi sebagai alat starting motor fan pada outdoor.



Gambar 2. 12 Kapasitor

2. PCB Kontrol

PCB kontrol merupakan alat yang berfungsi sebagai pengatur dan pengontrol untuk keseluruhan unit AC. PCB kontrol terdiri dari berbagai macam komponen elektronika, seperti IC, sensor, trafo, fuse, kapasitor, saklar, relay dll.

Fungsi dari berbagai macam komponen tersebut berbeda-beda, mulai dari pengontrolan kecepatan blower pada indoor, mengatur temperatur, pengaturan swing, mengatur lamanya pengoperasian sampai dengan menyalakan dan menonaktifkan AC.



Gambar 2. 13 PCB Control

3. Overload

Overload merupakan alat yang berfungsi sebagai pengaman motor listrik kompresor apabila tidak bekerja dengan normal. Kerja overload dikendalikan oleh sensor panas yang terbuat dari campuran bahan logam dan bukan logam (bimetal).

Batang bimetal inilah yang membuka dan menutup arus listrik secara otomatis ke motor listrik. Ketika overload dilewati arus listrik tinggi secara terus menerus atau kondisi kompresor yang terlalu panas, overload akan membuka sehingga arus listrik menuju kompresor akan terputus. Begitu juga sebaliknya. Ketika suhu

kompresor turun, bimetal akan menutup, dan arus listrik akan kembali mengalir menuju ke kompresor sehingga kompresor akan kembali bekerja.



Gambar 2. 14 Overload

4. Motor Listrik

Motor listrik berfungsi sebagai penggerak kipas (outdoor) dan blower (indoor). Untuk membantu memaksimalkan putaran, baik pada motor listrik indoor maupun outdoor.



Gambar 2. 15 Motor Listrik

5. Thermistor

Thermistor adalah alat pengatur temperatur. Dengan adanya thermistor, kinerja kompresor dapat diatur secara otomatis melalui perubahan temperatur yang di baca oleh thermistor. Thermistor terletak pada bagian evaporator. Thermistor pada unit



Gambar 2. 16 Thermistor

AC ada dua jenis yaitu thermistor temperatur ruangan (menempel pada evaporator) dan thermistor pipa evaporator (menempel pada pipa evaporator).

2.2.4 Bahan Pendingin (*Refrigerant*)

Bahan pendingin atau refrigerant pada AC split merupakan suatu jenis zat yang mudah di ubah wujudnya dari gas menjadi cair, ataupun sebaliknya. Dalam sistem AC, refrigerant bekerja untuk menyerap panas dari ruangan sehingga udara yang berada pada ruangan tersebut menjadi dingin. Refrigerant bersirkulasi secara terus-menerus melewati komponen utama AC (kompresor, kondensor, pipa kapiler dan evaporator). Selama tidak ada kebocoran pada sistem, jumlah refrigerant yang bersirkulasi tidak akan berkurang.

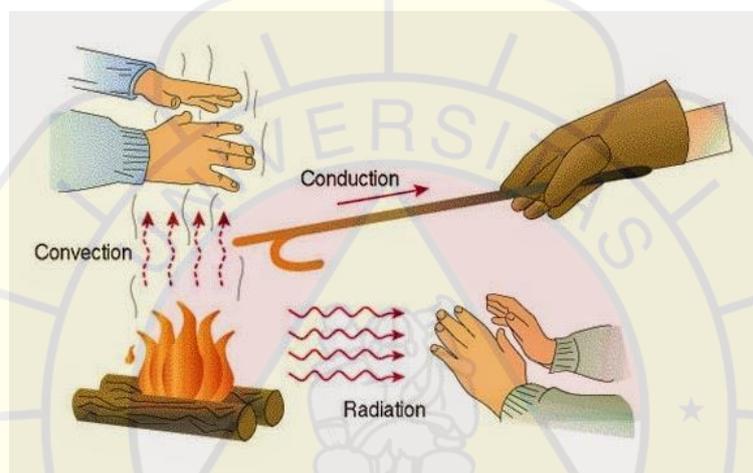
Untuk AC Split, jenis refrigerant yang paling sering di gunakan adalah refrigerant 22 atau biasa disebut dengan R-22. Namun seiring dengan berjalannya waktu, AC dengan model terbaru, sekarang sudah menggunakan refrigerant R-410A dan R-32 namun jumlahnya masih sedikit, ini di karenakan R-410A dan R-32 dimaksudkan untuk menggantikan R-22 dikarenakan refrigerant dengan jenis terbaru lebih ramah lingkungan dan efisien dibandingkan R-22. Selain itu refrigerant dengan jenis R-22, R-410 dan R-32 tidak kompatibel satu sama lain, jadi refrigerant tidak boleh di campur ataupun diganti jenisnya. Jika ingin menggunakan refrigerant dengan jenis terbaru seperti R-410A dan R-32, maka satu-satunya cara adalah dengan mengganti atau membeli AC dengan model baru atau yang mendukung dengan jenis refrigerant R-410A dan R-32



Gambar 2. 17 Refrigerant

2.3 Pengertian Kalor

Pengertian kalor yaitu bentuk energi yang dapat berpindah dari satu benda ke benda yang lain karena adanya perubahan suhu. Kalor juga bisa dikatakan ukuran banyaknya panas. Perpindahan panas (heat transfer) adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (heat) karena adanya perbedaan temperatur. Dimana, energi kalor akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Perpindahan kalor dapat terbagi menjadi 3 jenis, yaitu konveksi, konduksi dan radiasi.



Gambar 2. 18 Perpindahan Panas

1. Konveksi (Hantaran)

Konveksi merupakan perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah. Konveksi sering terjadi pada zat cair dan gas. Contohnya adalah air yang dipanaskan akan memuai sehingga massa jenisnya menjadi berkurang. Karena massa jenis berkurang air kemudian bergerak naik.

2. Konduksi (Aliran)

Konduksi merupakan perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Apabila ujung sebatang logam dipanaskan diatas api, maka ujung yang lain akan menjadi panas. Hal ini menunjukkan kalor berpindah ke bagian yang memiliki suhu lebih rendah. Contoh dari konduksi yang lain adalah

gagang panci berbahan logam yang menjadi panas ketika digunakan untuk memasak.

3. Radiasi (Pancaran)

Radiasi merupakan perpindahan kalor tanpa zat perantara (pancaran). Radiasi yang dipancarkan atau diserap oleh benda bergantung terhadap warna benda. Benda yang berwarna terang menjadi pemancar atau penyerap kalor yang buruk sedangkan warna hitam akan menjadi penyerap kalor yang baik.

Sebagai contohnya jika mengenakan baju warna hitam pada siang hari tubuh akan merasabih cepat panas. Cotoh lainnya dari radiasi adalah tubuh akan terasa hangat jika dekat dengan api, pakaian akan menjadi kering bila dijemur dibawah sinar matahari.

2.3.1 Jenis Kalor

1. Kalor Laten

Adalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan fase dari air. Penambahan kalor laten (latent heat again) terjadi apabila ada penambahan uap air pada ruangan yang dikondisikan, misalnya karena penghuni ruangan atau peralatan yang menghasilkan uap. (sumber : SNI 03-6572-2001)

Yang termasuk panas kalor laten adalah :

- a. Panas laten dari manusia.
- b. Panas laten dari makanan produk dapur.
- c. Panas Iaten dari udara luar yang berasal dari infiltrasi dan ventilasi.

2. Kalor Sensibel

Kalor sensobel dalah suatu kalor yang berhubungan dengan perubahan temperatur dari udara. Penambahan kalor sensibel (sensible heat again) adalah kalor

sensibel yang secara langsung masuk dan ditambahkan ke dalam ruangan yang di kondisikan melalui konduksi, konveksi atau radiasi. (sumber : SNI 03-6572-2001)

Yang termasuk panas sensibel adalah :

- a. Panas yang diteruskan melalui struktur bangunan secara konduksi, konveksi dan radiasi.
- b. Panas sensibel yang berasal dari lampu, motor dan sejenisnya.
- c. Panas sensibel yang dibawa oleh udara ventilasi dan infiltrasi.
- d. Panas yang timbul dari radiasi matahari melalui jendela atau komponen – komponen transparan.

2.4 Beban Pendingin Ruangan

1. Beban pendingin dalam (*internal cooling load*)

Beban pendingin ini terjadi karena dilepaskannya kalor sensibel maupun kalor laten dari sumber yang ada di dalam ruangan yang dikondisikan. Sumber kalor dalam yang termasuk beban pendingin ini adalah :

- a. Penambahan kalor karena orang yang ada didalam ruangan yang dikondisikan.
- b. Penambahan kalor karena adanya peralatan – peralatan listrik atau pemanas yang ada dalam ruangan yang dikondisikan.
- c. Penambahan kalor karena orang yang ada didalam ruangan yang dikondisikan.

2. Beban pendingin luar (*external cooling load*)

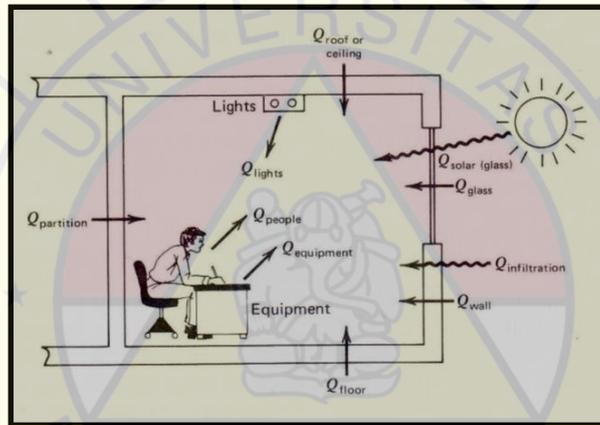
Beban pendingin ini terjadi akibat penambahan panas didalam ruangan yang dikondisikan karena sumber kalor dari luar yang masuk melalui selubung bangunan (building envelope), atau kerangka bangunan (building shell) dan dinding partisi.

Sumber kalor luar yang termasuk beban pendingin ini adalah :

- Penambahan kalor konduksi matahari melalui dinding luar dan atap.
- Penambahan kalor melalui partisi, langit - langit, dan lantai.
- Penambahan kalor radiasi matahari melalui benda transparan seperti kaca.

2.5 Metode Perhitungan Beban Pendingin Ruangan

Perhitungan beban pendingin merupakan suatu analisa mengetahui seberapa besar kalor / panas yang ada dalam suatu ruangan, sehingga dapat ditentukan seberapa besar pendinginan yang dibutuhkan untuk membuat ruangan tetap dalam kondisi dingin. Terdapat beberapa jenis kalor yang dapat mempengaruhi panasnya suatu ruangan, yaitu:



Gambar 2. 19 Sumber Kalor Pada Ruangan

- Kalor penerangan
- Kalor sensibel atap
- Kalor sensibel partisi
- Kalor sensibel manusia
- Kalor sensibel peralatan
- Kalor jendela
- Kalor sensibel dinding
- Kalor sensibel infiltrasi
- Kalor radiasi matahari
- Kalor sensible

Nilai dari setiap kalor di atas, dapat diperoleh dengan melakukan beberapa langkah perhitungan, yaitu:

1. Kalor Sensibel Penerangan

Kalor Sensibel Penerangan = Jumlah lampu (kW) × faktor koefisien transmisi lampu (kcal/KWh).....(2.1)

Tabel 2. 1 Faktor Koefisien Transmisi Kalor Peralatan Listrik

Pemanas	per 1 Kw	0,860 kcal/kWh
Motor listrik	per 1 Kw	0,860 kcal/kWh
Lampu	per 1 Kw	0,860 kcal/kWh (Pijar)
		1,080 kcal/kWh (Neon)

2. Kalor sensibel atap

Kalor = Luas atap (m²) x koefisien transmisi kalor K dari atap (kcal/m².h.°C)

Tabel 2. 2 Faktor koefisien sensible atap

Tebal atap (mm)	Kelas	Ketebalan Beton	Lingkup	Koefisien transmisi kalor K (kcal/m ² h°C)	Kapasitas kalor per 1 m ² (kcal/m ² h°C)
Kayu, asbeton semen, langit-langit (12 mm HARDTEX)	Biasa	Tebal beton 100 mm	Tanpa Langit-langit	2,86	7,5
Adukan Semen rapat air 20 mm	Biasa	Tebal beton 100 mm	Dengan Langit-langit	1,94	53,8
			Tanpa Langit-langit	3,45	57,8
		Tebal beton 150 mm	Dengan Langit-langit	1,81	77,9

			Tanpa Langit-langit	3,78	81,9
Lapisan adukan semen 20 mm	Biasa	Tebal beton 120 mm	Dengan Langit-langit	1,58	63,4
Beton sinder 60 mm			Tanpa Langit-langit	2,46	67,4
Aspal rapat air 10 mm		Tebal beton 150 mm	Dengan Langit-langit	1,13	77,9
			Tanpa Langit-langit	2,34	81,9

3. Kalor Sensibel Manusia

Kalor Sensibel manusia = Jumlah orang × Faktor koefisien manusia (kcal/h) ×

Kalor orang dewasa (kcal/h.....)(2.3)

Tabel 2. 3 Faktor koefisien manusia dan Faktor kelompok

Kegiatan	Bangunan	Jumlah Kalor Total Orang Dewasa	Faktor Kelompok Orang yang Bekerja
Duduk di kursi	Gedung	87 kcal/h	0,897
Bekerja di belakang meja	Kantor hotel	106 kcal/h	0,947
Berdiri atau berjalan lambat	Toko eceran	123 kcal/h	0,818
Dansa	Ruang dansa	201 kcal/h	0,944
Bekerja di belakang meja	Pabrik	335 kcal/h	0,967

4. Kalor sensibel peralatan

Kalor = Jumlah peralatan x besar Watt peralatan × faktor koefisien

Sensibel peralatan

peralatan (kcal/KWh).....(2.4)

5. Kalor sensibel jendela

$$\text{Kalor Sensibel Jendela} = \text{Luas jendela (m}^2\text{)} \times \text{Koefisien transmisi kalor melalui jendela (kcal/ m}^2\text{.h.}^\circ\text{C)} \times \text{Selisih temperatur interior dan exterior (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Tabel 2. 4 Faktor Koefisien transmisi kalor jendela

Satu pelat kaca	Tidak tergantung tebal kaca	5,5 kcal/m ² .h.°C
Kaca ganda	Tidak tergantung tebal kaca	2,2 kcal/m ² .h.°C
Blok kaca	Tidak tergantung tebal kaca	5,5 kcal/m ² .h.°C

6. Kalor sensibel dinding

$$\text{Kalor Sensibel Dinding} = \text{Luas dinding (m}^2\text{)} \times \text{Koefisien transmisi kalor dari dinding (kcal/ m}^2\text{.h.}^\circ\text{C)} \times \text{selisih temperatur ekivalen dari radiasi matahari + selisih temperatur ekivalen dari temperatur atmosfer (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Tabel 2. 5 Kalor Sensibel Dinding

Tebal dinding	Beton	Tebal	Koefisien transmisi kalor K (kcal/m ² .h.°C)
Lapisan (biasa)	Bagian utama	150 mm	2,81
Atap luar menonjol ke luar 5 mm	Beton	12 mm	3,08
Adukan semen di luar 15 mm		150 mm	2,89
Adukan di luar 15 mm		200 mm	2,62
Plester 3mm		250 mm	2,05
	Batu bata	210 mm	1,62
Tanpa lapisan	Beton	50 mm	4,75
		100 mm	4,06
		200 mm	3,15

Perhitungan matematis yang digunakan, yaitu:

a. Luas dinding radiasi = Luas dingsing penuh – Luas kaca jendela total .. (2.7)

b. ETD = $\left(\frac{\text{Kalor masuk}}{K}\right)$ (2.8)

c. Kalor masuk = waktu pengukuran × {1,031 + (waktu 1 jam setelah pengukuran – waktu pengukuran)} × {0,669 + (waktu 2 jam setelah pengukuran – waktu 1 jam setelah pengukuran)} × {0,312 – (waktu 2 jam setelah pengukuran – waktu 3 jam setelah pengukuran)} × 0,046. (Tergantung lama pengukuran)(2.9)

d. K = $\frac{1}{(r1.\text{tebal dinding})+Rsi+Rso}$ (2.10)

Dijelaskan :

ETD = Selisih temperatur ekivalen dari radiasi matahari + selisih temperatu ekivalen dari temperature atmosfir (°C)

r1 = Tahanan kalor dan kapasitas kalor dari bahan bangunan (m²h°/kcal).

Rsi = Tahanan perpindahan kalor dari lapisan permukaan dalam dinding.

Rso = Tahanan perpindahan kalo dari lapisan permukaan luar dinding.

Tabel 2. 6 Temperature Dalam

Waktu	Temperatur (°C)
9	0
10	24,8
12	33,3
13	33,8
15	30,4
16	0

Tabel 2. 7 Substitusi t

T	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	dst.
ϕ_1	0,046	0,312	0,669	1,031	1,364	dst.

Tabel 2. 8 Hambatan Kalor Permukaan

Rsi	0,05 m ² h°/kcal
Rsi	0,125 m ² h°/kcal

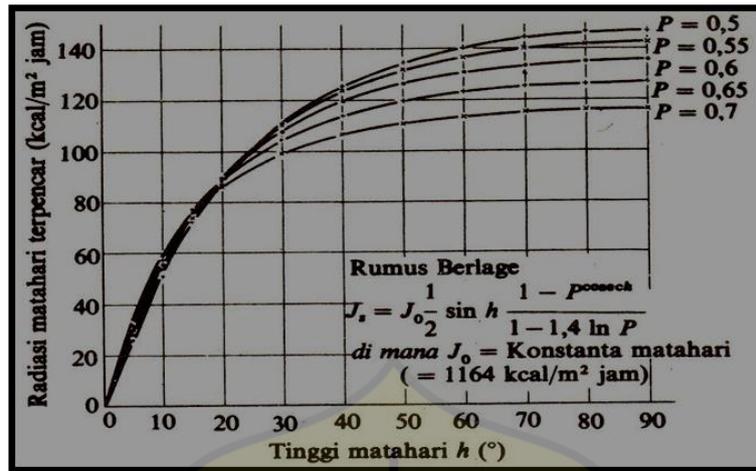
7. Kalor radiasi matahari

$$\begin{aligned} \text{Radiasi matahari total} &= \text{radiasi matahari langsung (kcal/m h)} + \\ &\text{Radiasi matahari tak langsung (kcal/m h)} \\ &\dots\dots\dots(2.11) \end{aligned}$$

Perhitungan matematis yang digunakan, antara lain :

- a. Luas kaca jendela yang terkena sinar matahari = (panjang x lebar) jendela
- b. $\sin h = \sin \psi \cdot \sin \delta + \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15 \tau$
- c. $\cos A = \frac{\sin h \cdot \sin \psi - \sin \delta}{\cos h \cdot \cos \psi}$
- d. $J\beta = 1164 \times P^{\text{cosech}} \times \cos h \times \cos \beta$
- e. $Jn = 1164 \times P^{\text{cosech}}$
- f. $Jh = 1164 \times P^{\text{cosech}} \times \sin h$
- g. $Jv = 1164 \times P^{\text{cosech}} \times \cos h$

h. Radiasi matahari terpancar diperoleh berdasarkan grafik di bawah ini :



Gambar 2. 20 Grafik Matahari Terpancar

Diketahui :

- A = Azimut matahari
- P = Permeabilitas atmosferik. (0,6 – 0,75)
- B = Sudut samping dari arah datangnya radiasi matahari
- J_{β} = Radiasi matahari langsung pada bidang vertikal, tetapi pada posisi membuat sudut samping β dari arah datangnya matahari (kcal/m²h)
- J_n = Radiasi matahari langsung pada bidang tegak lurus arah datangnya radiasi (kcal/m²h)
- J_h = Matahari langsung pada bidang horizontal(kcal/m²h)
- J_v = Radiasi matahari langsung pada bidang vertikal(kcal/m²h)
- 1164 = Konstanta panas matahari (radiasi matahari rata-rata tahunan di antariksa)
- 90 = Pengukuran dilakukan pada azimut matahari ke arah timur
- Ψ = Kedudukan garis lintang (lintang utara benilai positif dan lintang selatan benilai negative)

Δ = Deklinasi matahari



Gambar 2. 21 Deklinasi Matahari

- a. τ = saat penyinaran matahari (saat pukul bernilai nol, saat siang hari (P.M) bernilai positif, dan saat pagi hari (A.M) bernilai negatif).
- b. H = Ketinggian matahari

8. Kalor Sensibel Infiltrasi

Kalor Sensibel Infiltrasi = Volume ruangan (m³) × Jumlah pergantian ventilasi alamiah × Selisih temperatur exterior dan interior (°C) × (0,24 / Volume spesifik).....(2.12)

9. Kalor Sensibel Lantai

Kalor Sensibel Lantai = Luas lantai (m²) × Koefisien transmisi kalor K dari lantai (kcal/m².h.°C) × Selisih temperatur dalam dan luar ruangan (°C).....(2.13)

Tabel 2. 9 Pergantian total

Rumah standar	1 kali
Rumah dengan banyak jendela	1,5 - 2 kali
Rumah, pintu, dan jendela sering dibuka tutup	1,5 - 2 kali

10. Kalor Kompartemen

$$Q_{\text{kompartemen}} = L_{\text{kompartemen}} \times \text{Selisih suhu} \times K_{\text{kompartemen}}$$

a. Luas kompartemen

$$\text{Luas kompartemen} = P \times L \sin h \sin \psi \cdot \sin \delta \cos \psi \cdot \cos \delta \cdot \cos 15^\circ$$

b. Selisih temperature exterior dengan interior

Di ketahui :

Tabel 2.10 pengukuran suhu

Pengukuran	Suhu
Eksterior ruangan	26,3 °C
Interior ruangan	31 °C

Jawab :

$$\Delta T = \text{Selisih temperatur interior dan exterior (}^\circ\text{C)}.$$

$$T_i = \text{Temperatur Interior (}^\circ\text{C)}.$$

$$T_e = \text{Temperatur Exterior (}^\circ\text{C)}.$$

$$\Delta T = T_i - T_e \dots\dots\dots (2.23)$$

c. Konstanta Kompartemen

$$K_{\text{kompartemen}} = 1,81 \text{ kcal/m}^2$$

2.6 Kajian yang relevan

Dalam perancangan sistem penyejukan udara pada bangunan gedung, perhitungan beban pendingin sangat diperlukan untuk mengetahui besarnya beban yang terjadi jika bangunan tersebut beroperasi.

Perhitungan di sini tentunya diasumsikan sebagai perhitungan beban puncak (peak load) di mana semua penghuni berada di dalamnya dan semua peralatan dalam kondisi operasi. Selain itu faktor- faktor yang mempengaruhi beban pendingin baik itu yang

berasal dari dalam dan luar bangunan juga diperhitungkan. Dengan analisa perhitungan beban pendingin ini akan diketahui besarnya beban pendingin yang terjadi pada suatu ruangan yang dikondisikan secara tepat.

Analisa ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang ada di lapangan yang kemudian melalui buku referensi yang ada maka dilakukanlah perhitungan tersebut. Dari hasil analisa perhitungan besarnya beban pendingin yang terjadi pada perkantoran PT. "X" yaitu sebesar 228.620,321 W, jumlah ini lebih kecil dari kapasitas mesin AHU yang disediakan sebesar 235.932,976 W. Maka total selisih yang terjadi sebesar 7.312,655 W yang berarti kapasitas mesin AHU yang disediakan tersebut masih mencukupi kebutuhan penyegaran udara yang diperlukan. Fahlevi, Firkha (2008) *Analisa beban pendingin pada ruang perkantoran PT X*. S1 thesis, Universitas Mercu Buana.

Analisis Beban Pendingin Ruangan Untuk Pengkondisian Udara Pada Lantai 21 Gedung Perpustakaan Nasional RI. Penulisan penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pendingin agar kebutuhan akan sistem tata udara dapat menghasilkan kondisi udara yang sesuai dengan kapasitas mesin pendingin ruangan tersebut, karena kebutuhan akan pendingin dalam suatu ruangan sangat dibutuhkan untuk menimbulkan rasa nyaman ketika sedang berada di dalam ruangan tersebut. Kondisi dalam maupun luar ruangan sangat mempengaruhi kebutuhan mesin pendingin yang tersedia. Pada Gedung Perpustakaan Nasional RI di lantai 21 berfungsi sebagai ruang layanan koleksi monograf terbuka yang dimana ruangan pada lantai tersebut menggunakan jenis ac central dengan AHU (Air Handling Unit) per lantai yang berasal dari mesin chiller. Dalam analisa ini juga dilakukan perhitungan beban pendingin yang ditanggung oleh lantai tersebut yaitu dari beban pendingin eksternal yang terdiri dari beban transmisi kaca sebesar 8,413.3 Btu/hr, beban radiasi kaca sebesar 31,790.3

Btu/hr, beban transisi dinding sebesar 11,584.8 Btu/hr, beban infiltrasi sebesar 14,027.6 Btu/hr, kemudian dari beban pendingin internal yang terdiri dari beban penghuni sebesar 128,600 Btu/hr, beban penerangan sebesar 14,592, dan beban peralatan 14,313.5 Btu/hr, sehingga beban total pendinginan tertinggi sebesar 223,321.6 Btu/hr, disisi lain kapasitas AHU yang terpasang sebesar 261,366.6 Btu/hr. Dapat disimpulkan beban pendinginan pada kondisi maksimum lantai 21 masih dapat dicukupi oleh kapasitas AHU. Muhamad, Aditya rafi (2022) *Analisis Beban Pendingin Ruangan Untuk Pengkodisian Udara Pada Lantai 21 Gedung Perpustakaan Nasional RI*. Diploma thesis, Universitas Nasional.

