

**PERENCANAAN PENGKONDISIAN UDARA  
UNTUK RUANG PERTEMUAN  
KAPASITAS 20 ORANG  
DI PT. INFOMEDIA NUSANTARA MEDAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana

Oleh :

**TATANG KRISTIAN GINTING**  
**NIM : 07.813.0017**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2010**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)19/7/24

**PERENCANAAN PENGKONDISIAN UDARA  
UNTUK RUANG PERTEMUAN  
KAPASITAS 20 ORANG  
DI PT. INFOMEDIA NUSANTARA MEDAN**

**TUGAS AKHIR**

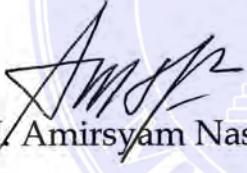
Oleh :

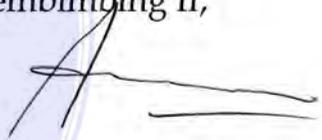
**TATANG KRISTIAN GINTING**  
**NIM : 07.813.0017**

**Disetujui :**

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
(Ir. H. Amirsyam Nasution, MT)

  
(Ir. Amru Siregar, MT )

**Mengetahui :**

Dekan

Ka. Program Studi,

  
(Ir. Hj. Haniza, MT)

  
(Ir. Amru Siregar, MT)

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tatang Kristian Ginting

NIM : 07.813.0017

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Perencanaan Pengkondisian Udara Untuk Ruang  
Pertemuan Kapasitas 20 Orang di PT. Infomedia  
Nusantara Medan

Menyatakan bahwa skripsi yang tersusun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Yang Memberi Pernyataan

( Tatang Kristian Ginting )

## ABSTRAK

Pada lingkungan kerja penyulingan gas, obyektif utamanya adalah untuk mengambil, memisahkan dan memproses minyak bumi dan gas. Kegiatan operasional tersebut harus dilakukan secara terkendali agar kemungkinan terancamnya manusia dan property oleh bahaya dapat diminimalkan dan keselamatan setiap anggota terjamin.

Banyak peristiwa sering terjadi dari beberapa peristiwa kecil yang melibatkan “Segitiga Api” yaitu: Bahan bakar, sumber pemicu panas dan sumber oxygen Saat energy listrik digunakan dalam proses operasional, selalu saja ada bahaya percikan listrik atau suhu yang berlebihan yang bisa memicu gas atau substansi rentan api lainnya dengan resiko serius sampai pada tingkat ekskalasi masalah yang lebih tinggi.

Untuk meminimalkan resiko tersebut, kita akan membedakan bahaya dan resiko serta pentingnya mengambil tindakan pencegahan untuk meminimalkan bahaya terhadap manusia dan property yang timbul dari pengoprasian perangkat listrik di lingkungan dengan potensi kebakaran dan ledakan serta enclosure yang menutupi perangkat listrik harus didesain untuk memastikan tidak akan ada substansi yang dapat terpicu, sehingga bahaya kebakaran dan ledakan dapat dihindari.

**Kata kunci : Daerah Berbahaya, Perangkat Listrik, Sistem Perlindungan**

## ABSTRACT

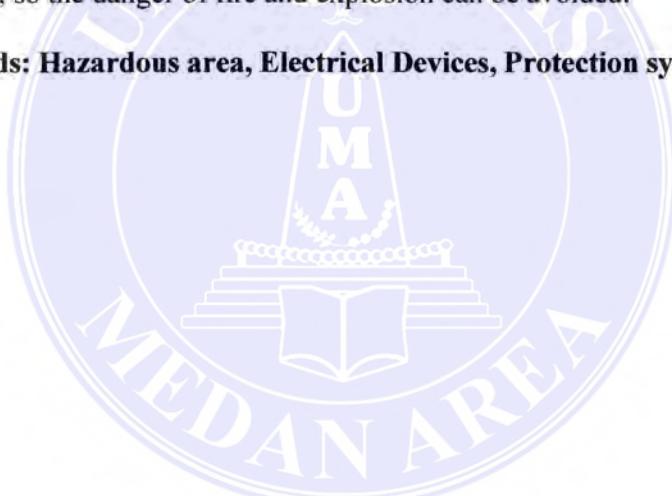
In the work environment gas refining, the main objective is to take, separating and Processing of oil and gas. Activities shall be conducted in a controlled manner so that the possibility of human and property threatened by hazards can be minimized and the safety of every member is assured.

Many events often occur from a few small events that involve the "Triangle Fire" ie: fuel, heat ignition sources and sources of oxygen

When the electrical energy used in the operational process, there is always a danger of sparks or excessive temperature can lead to gas or other fire prone substances with a serious risk to a level higher escalation of problems.

To minimize these risks, we will distinguish the hazards and risks as well as the importance of taking precautions to minimize the danger to people and property arising from the operator of the electrical devices in the environment with the potential for fires and explosions as well as enclosure that covers the electrical devices must be designed to ensure there will be no substance which can be triggered, so the danger of fire and explosion can be avoided.

**Keywords: Hazardous area, Electrical Devices, Protection system**



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan YME atas segala karunianya, petunjuk dan kemudahannya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan program studi strata satu (S1) di program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, dengan judul:

“Perencanaan Pengkondisian Udara Untuk Ruang Pertemuan Kapasitas 20 Orang di PT. Infomedia Nusantara Medan”

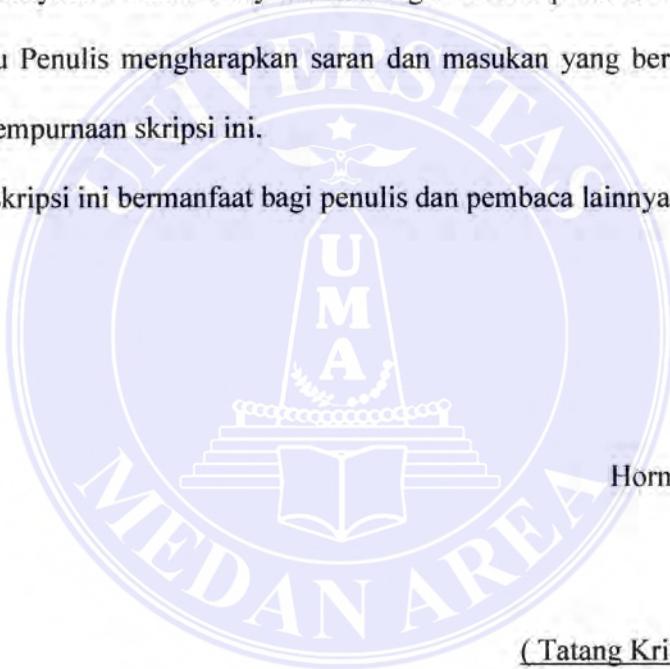
Dalam menyelesaikan skripsi penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak hingga rampungnya skripsi ini, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. H. A. Ya'kup Martondang, MA** selaku Rektor Universitas Medan Area;
2. Ibu **Ir. Hj. Haniza, MT** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area;
3. Bapak **Ir. Amru Siregar, MT** selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin sekaligus pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan dukungan moral dalam penyelesaian penulisan ini;
4. Bapak **Ir. Amirsyam Nasution, MT** selaku pembimbing I yang telah memberikan masukan dan pengertian yang konkret selama penyelesaian skripsi ini;

5. **Dosen-dosen Fakultas Teknik Mesin**, sebagai bagian narasumber yang memberikan masukan dan mengkritisi hasil karya tulis ini
6. **Rekan-rekan kerja**, sebagai profesional narasumber yang membantu mengumpulkan dan menjelaskan data yang diambil;
7. **Rekan-rekan Mahasiswa** seperjuangan di jurusan Teknik Mesin yang telah membantu penulis selama melaksanakan penyusunan skripsi;

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu Penulis mengharapkan saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca lainnya.



Hormat saya,

( Tatang Kristian Ginting )

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
RIWAYAT HIDUP.....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.3 Manfaat Penulisan .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
1.6 Metode Penulisan .....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Sistem Operasional Fasilitas proses Gas Salamander Energy .....	7

4.2 Identifikasi Bahaya dan Pengendalian Operasional Kelistrikan	
Fasilitas Penyulingan Gas Salamander Energy Bangkanai .....	35
4.2.1 Desain dan Pemilihan Perangkat Listrik .....	36
4.2.2 Kegiatan Inspeksi, Pengujian dan Perawatan .....	37
4.2.3 Listrik Statis .....	37
4.3 Klasifikasi Peralatan Listrik di Daerah Berbahaya .....	37
4.3.1 Definisi golongan (class) .....	38
4.3.2 Definisi Kelompok (group) .....	38
4.3.3 Klasifikasi zona (zone) .....	38
4.3.4 Klasifikasi Instalasi Listrik di Salamander Energy .....	39
4.4 Konfigurasi Keselamatan Rangkaian Intrinsik .....	46
4.4.1 Umum .....	46
4.4.2 Penjabaran Fungsi dan Peranan Komponen .....	47
4.5 Pembumian (Grounding) dan Bonding di Salamander Energy .....	49
4.5.1 Umum .....	49
4.5.2 Persyaratan Kinerja dari Pembumian di Daerah Berbahaya ..	50
4.5.3 Pengukuran dan Pengujian Pembumian .....	55
4.5.4 Rancangan untuk sistem Ikatan Bonding .....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Kenyamanan ruang pertemuan disebuah perusahaan sangat berpengaruh dengan hasil pertemuan yang diputuskan. Oleh karena itu dibutuhkan sesuatu yang dapat membuat para peserta pertemuan merasa nyaman dalam mengikuti sebuah rapat dan pada saat melakukan pekerjaannya. Salah satu yang dapat membuat tidak nyaman ialah rasa panas saat berada di ruangan. Rasa panas yang diakibatkan dari terik matahari, kalor yang dikeluarkan para peserta, lampu-lampu maupun peralatan listrik lainnya. Maka untuk mengurangi rasa panas tersebut terutama pada ruangan pertemuan dibutuhkan mesin pendingin sebagai proses terhadap udara untuk mengatur tempertatur, kelembaban, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang sangat dibutuhkan para peserta yang berada di dalam ruangan tersebut.

Bahan pendingin dalam mesin-mesin pendingin dipilih bahan yang mudah sekali menguap yang biasanya disebut dengan istilah *refrigerant*. *Refrigerant* yang umum dipakai di dalam mesin pendingin fasenya berubah-ubah, yaitu dalam fase cairan dan gas. Pada kompresor (*refrigerant* berupa uap) tekanan dan panasnya dinaikkan kemudian uap panas tersebut didinginkan pada kondensor agar menjadi cairan. Pada evaporator cairan dikurangi tekanannya sehingga menguap dan menyerap panas dalam ruang pendinginan. Dalam fase uap (gas) *refrigerant* dihisap lagi oleh kompresor, sehingga proses tersebut akan terus berulang.

Jumlah *refrigerant* di dalam sistem pendingin adalah tetap meski mengalami perubahan-perubahan fase (ujud), sehingga dalam sistem tidak perlu ditambah jika tidak terjadi kebocoran.

### 1.2. Tujuan Perencanaan

Tujuan perencanaan alat pengkondisian udara ini adalah :

- Untuk mengetahui besarnya beban pendingin atau besarnya kalor yang diserap oleh sistem.
- Memilih sistem pengkondisian udara dan jenis *refrigerant* yang akan digunakan.
- Menganalisa termodinamika dan perencanaan ukuran utama dari komponen mesin pengkondisian udara.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas sarjana ini penulis membatasi masalah sesuai dengan surat tugas yang diberikan, meliputi :

- Penentuan sistem dan tipe *air conditioner* yang sesuai digunakan.
- Perhitungan beban pendingin
- Perhitungan termodinamika mesin pendingin
- Perhitungan komponen utama mesin pendingin yang meliputi kompresor, kondensor, katup ekspansi, serta evaporator.
- Gambar perencanaan.

#### 1.4. Sistematika Penulisan

Agar lebih mudah dipahami dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis membuat sistematika pembahasan penulisan yang berkenaan dengan mesin-mesin pendingin sebagai berikut :

Bab 1 yaitu Pendahuluan, pada bab ini diuraikan tentang latar belakang permasalahan, tujuan perencanaan dan batasan masalah, bab 2 yaitu Tinjauan Pustaka, menguraikan tentang dasar teori, klasifikasi pengkondisian udara, siklus refrigerasi, komponen-komponen utama mesin pendingin, *refrigerant* dan data teknis dari hasil survey, bab 3 yaitu Metode Perencanaan, bab ini berisikan diagram perencanaan, bab 4 yaitu Penentuan *Refrigerant* yang Digunakan, bab ini berisikan tentang pemilihan *refrigerant* dan *refrigerant* yang sesuai digunakan, bab 5 yaitu Beban Pendingin, bab ini membahas tentang perhitungan beban pendingin, bab 6 yaitu Pemilihan dan Perencanaan Peralatan, pada bab ini akan membahas mengenai perhitungan termodinamika, perencanaan kompresor, kondensor dan evaporator, bab 7 yaitu Kesimpulan, bab ini membahas tentang kesimpulan dari isi skripsi.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Dasar Teori

Dapat dikatakan bahwa refrigerasi (*refrigeration*) dan pengkondisian udara (*air conditioning*) merupakan terapan dari teori perpindahan kalor, mekanika fluida dan termodinamika. Proses pendinginan suatu ruangan merupakan siklus perpindahan energi, dimana pengambilan panas (kalor) dilakukan pada ruangan yang memiliki temperatur rendah dan kemudian membuangnya pada ruangan yang bertemperatur lebih tinggi sehingga ruangan tersebut menjadi dingin karena panasnya telah dipindahkan. Suatu sistem pendingin terdiri dari empat komponen utama, yaitu evaporator, kondensor, kompresor, dan katup ekspansi. Keempat komponen tersebut membentuk atau melakukan proses-proses sebagai berikut :

- a. Kompresi adiabatik
- b. Pelepasan kalor *isothermal* (efek pemanasan)
- c. Ekspansi adiabatik
- d. Pemasukan kalor *isothermal* (efek pendinginan)

Sistem pendingin berfungsi untuk mengangkut kalor dari suatu tempat ke tempat lain yang dilakukan oleh suatu fluida kerja. Apabila sistem pendingin difungsikan untuk menurunkan tempertatur suatu tempat, maka laju pengangkutan kalor oleh fluida kerja harus lebih banyak dari produksi kalor tempat tersebut. Sedangkan apabila sistem pendingin difungsikan untuk menstabilkan tempertatur suatu tempat, maka laju pengangkutan kalor oleh fluida

kerja harus sama besar dengan laju produksi kalor oleh tempat tersebut. Secara garis besar teknik pendingin bertujuan untuk :

- Mengurangi atau menurunkan temperatur dari suatu zat
- Mengubah fasa suatu zat , dari suatu keadaan menjadi keadaan yang lain, misal : uap → air → es.
- Menjaga / memelihara keadaan suatu zat atau ruangan di dalam suatu kondisi tertentu.

Sistem refrigerasi atau sistem pendingin dapat dimanfaatkan diberbagai bidang, antara lain :

### 1. Meliputi

- Gedung pendingin barang
- Industri pembuatan es balok
- Penggunaan pengkondisian udara di dalam proses pengolahan pabrik

### 2. Perdagangan (komersil)

- Ruangan atau pendingin gedung atau pengawet bahan makanan dan minuman
- Ruangan atau lapangan olah raga *sky es*
- Ruang pengkondisian udara plaza
- *Display cabinet*

### 3. Rumah tangga

- Pengkondisian udara di rumah-rumah dan kantor (AC)
- Kotak pendinginan berukuran kecil (kulkas)

#### 4. Pengangkutan (transportasi)

- Pengkondisian udara pada ruangan-ruangan alat transportasi
- Pengawet bahan makanan pada angkutan darat, laut dan udara menurut [1].

### 2.2. Perpindahan Panas

Perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material disebut dengan perpindahan panas. Dari thermodynamika diketahui bahwa energi yang pindah tersebut dinamakan kalor atau panas (*heat*) menurut [2].

Perpindahan panas dapat dibagi kedalam tiga macam , yaitu :

#### 1. Konduksi

Yaitu proses perpindahan panas melalui medium stasioner (zat padat) seperti plat logam/dinding dan medium padat lainnya.

#### 2. Konveksi

Yaitu proses perpindahan panas diantara benda padat dan fluida yang bergerak. Perpindahan kalor dengan aliran dapat terjadi pada zat cair atau gas. Meskipun zat cair dan gas adalah penghantar kalor yang buruk, tetapi kedua zat tersebut masih dapat memindahkan kalor dengan baik secara aliran. Kalor berpindah dengan mengalir dari bagian yang tinggi suhunya ke bagian yang lebih rendah suhunya.

### 3. Radiasi

Yaitu proses perpindahan panas melalui pancaran. Perpindahan panas dengan pancaran hanya dapat terjadi melalui gas, benda yang transparan (tembus cahaya) dan ruang yang vakum (hampa udara).

Dalam perencanaan ini perpindahan panas yang terjadi/dihitung hanya dua macam, yaitu perpindahan panas secara konduksi dan perpindahan panas secara konveksi. Sedangkan untuk perpindahan panas secara radiasi tidak termasuk/dihitung dalam perencanaan. Hal ini disebabkan tidak adanya pengaruh radiasi dalam perencanaan ini.

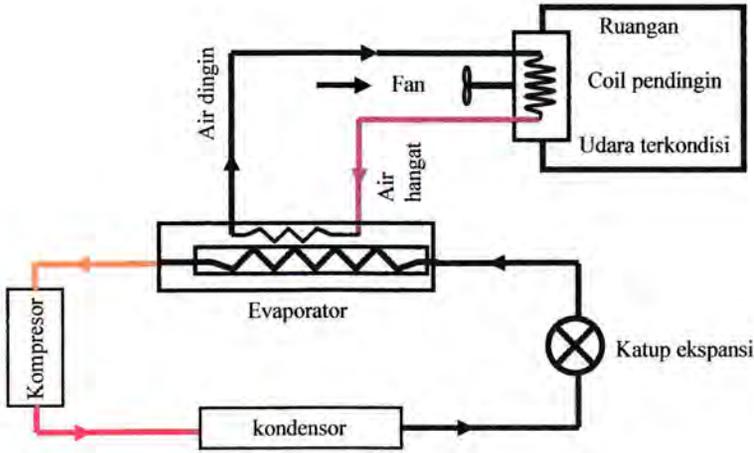
#### 2.3 Klasifikasi Pengkondisian Udara

Perubahan berulang-ulang dari cairan ke fasa gas dan sebaliknya dari fasa gas ke bentuk cairan yang disebabkan oleh penekanan kompresor dan pengembunan pada katup ekspansi merupakan dasar dari sistem pendingin.

Untuk mendapatkan pendinginan yang diinginkan dapat dilakukan dengan beberapa proses sistem pendinginan, yaitu :

##### 2.3.1. Sistem Sirkulasi Air Penuh

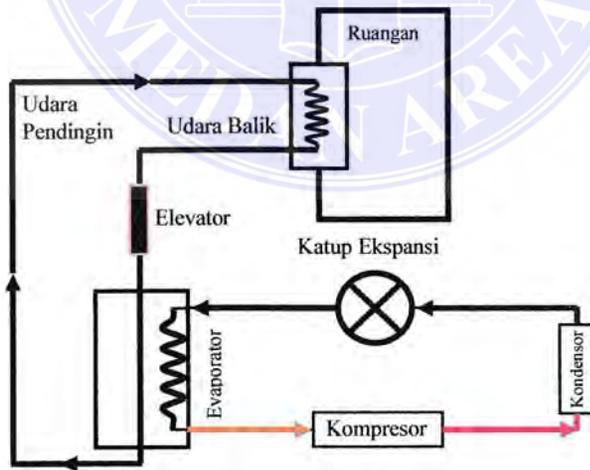
Pada gambar 2.1 dijelaskan bahwa pada sistem ini menggunakan air sebagai mendinginkan udara, dimana air ini yang disirkulasikan melalui coil pendingin pada suatu terminal air yang ditempatkan pada masing-masing ruangan yang dikondisikan.



Gambar 2.1. Sistem sirkulasi air penuh

2.3.2. Sistem Udara Penuh

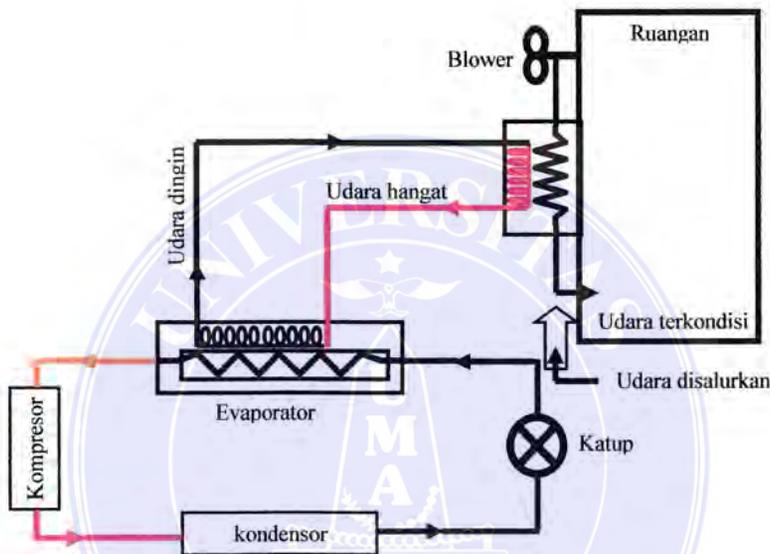
Pada sistem ini peralatan pendingin ditempatkan terpisah dengan ruang yang akan dikondisikan dimana udara dialirkan melalui evaporator pada unit peralatan pendingin sehingga udara tersebut menjadi dingin kemudian disuplay ke dalam ruangan yang dikondisikan. Sistem udara penuh dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Sistem udara penuh

### 2.3.3. Sistem Air Udara

Pada gambar 2.3 dapat dilihat bahwa sistem ini merupakan penggabungan dari sistem air penuh dimana pada sistem ini air didistribusikan melalui *water chiller* ke koil yang ditempatkan pada dinding ruangan, sedangkan udara dialirkan dari saluran terpusat ke koil tadi akan menjadi dingin, kemudian udara tersebut dialirkan ke ruangan yang dikondisikan.

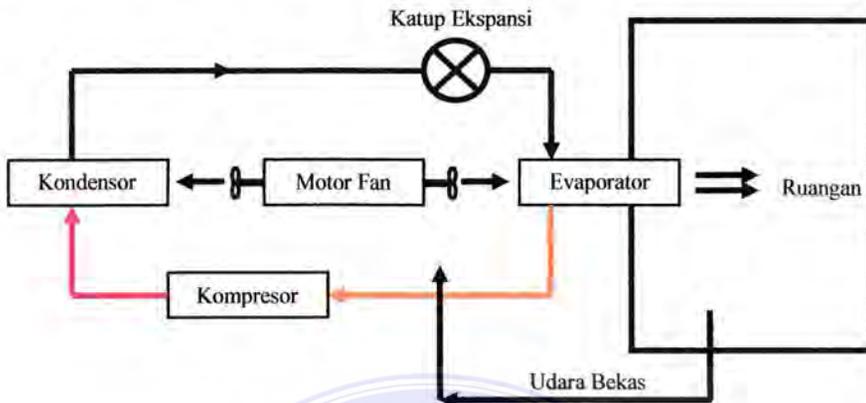


Gambar 2.3. Sistem air udara

### 2.3.4. Sistem Ekspansi Langsung

Pada sistem ekspansi langsung ini seperti terlihat pada gambar 2.4 evaporator yang dipakai berbentuk pipa bersirip plat. Tekanan cairan *refrigerant* yang diturunkan pada katup ekspansi didistribusikan secara merata ke dalam pipa evaporator oleh distributor *refrigerant*. Dalam hal ini *refrigerant* akan menguap dan menyerap kalor dari udara yang dialirkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Apabila temperatur evaporator di bawah titik pengembunan uap air

yang ada di dalam udara akan mengembun pada permukaan evaporator, kemudian ditampung dan dialirkan keluar. Jadi cairan *refrigerant* diuapkan secara berangsur-angsur karena kalor sebanyak kalor laten penguapannya.



Gambar 2.4. Sistem ekspansi langsung

## 2.4. Siklus Refrigerasi

Berdasarkan proses-proses, *refrigerant* dalam menjalankan fungsinya sebagai media pendingin mengalami perubahan yaitu dari cairan menjadi uap dan kembali lagi menjadi cair. Kecuali pada pendingin yang menggunakan udara sebagai *refrigerant*. Untuk ini media yang dipilih adalah wujud zat cair (*liquid*).

Dari yang dialami *refrigerant* dalam menjalankan fungsinya sebagai media pendingin, terdapat beberapa siklus refrigerasi yaitu :

### 2.4.1. Siklus Kompresi Uap

Sistem pendingin siklus kompresi uap pada gambar 2.5 merupakan siklus yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi, pada daur ini terjadi proses kompresi, pengembunan, ekspansi dan penguapan.



Gambar 2.5. Siklus kompresi uap

Kompresi mengisap uap *refrigerant* dari sisi keluar evaporator, tekanan dan temperatur diusahakan tetap rendah agar *refrigerant* senantiasa berada dalam fase gas. Di dalam kompresor, uap *refrigerant* ditekan (dikompresi) sehingga tekanan dan temperatur tinggi. Energi yang diberikan untuk kompresi diberikan oleh motor listrik atau penggerak mula lainnya. Jadi, dalam proses kompresi energi diberikan kepada uap *refrigerant*. Pada waktu uap *refrigerant* dihisap masuk ke dalam kompresor temperatur masih rendah, akan tetapi selama proses kompresi berlangsung temperatur dan tekanan naik.

Dalam perencanaan ini siklus yang digunakan adalah siklus kompresi uap dengan alasan, perawatannya mudah, kapasitas pendingin dari rendah sampai tinggi, peralatan yang digunakan sederhana, lebih ekonomis.

Setelah proses kompresi uap *refrigerant* (fluida kerja) mengalami proses kondensasi pada kondensor. Uap *refrigerant* yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dicairkan dengan media pendingin fluida air atau dengan udara. Dengan kata lain uap *refrigerant* memberikan panasnya (kalor laten pengembunan) kepada air pendingin atau udara pendingin melalui dinding kondensor. Karena air atau udara pendingin menyerap panas dari *refrigerant*, maka temperaturnya menjadi lebih tinggi pada waktu keluar dari kondensor.

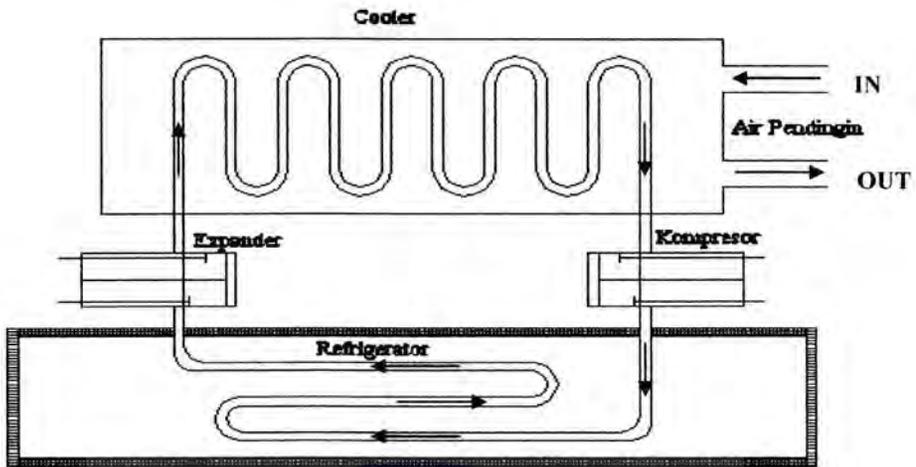
Selama *refrigerant* mengalami perubahan dari fase gas (uap) ke fase cair, tekanan dan temperatur konstan, oleh karena itu pada proses ini *refrigerant* mengeluarkan energi dalam bentuk panas.

Untuk menurunkan tekanan *refrigerant* cair dari kondensor dipergunakan katup ekspansi atau pipa kapiler. Melalui katup ekspansi *refrigerant* mengalami proses evaporasi yaitu proses penguapan cairan *refrigerant* pada tekanan dan temperatur rendah, proses ini terjadi pada evaporator. Selama proses evaporasi *refrigerant* memerlukan atau mengambil energi dalam bentuk panas dari lingkungan sekelilingnya, sehingga temperatur sekeliling turun dan terjadi proses pendinginan [1].

#### 2.4.2. Siklus Udara Dingin

Pada siklus udara dingin seperti terlihat pada gambar 2.6 *refrigerant* yang digunakan adalah udara, dimana selama menjalankan fungsinya *refrigerant* tetap berbentuk gas dan selama siklus ini bekerja proses yang dialami adalah kompresi, pendingin (*cooling*) dan ekspansi.

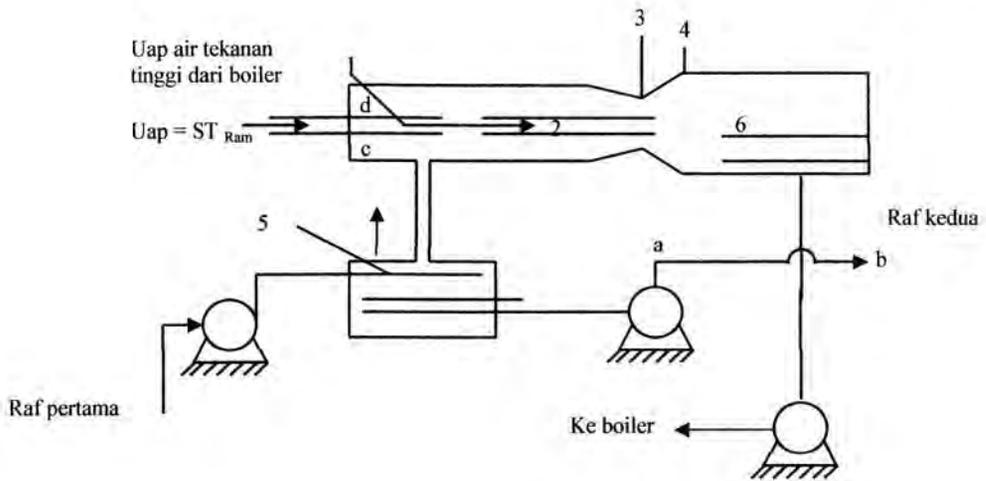
Siklus pendingin ini berbeda dengan siklus pendingin lainnya. Sistem ini sesuai digunakan pada pesawat udara karena ringan dan *refrigerant* udara berada pada kondisi terjadi kondensasi dan evaporasi.



Gambar 2.6. Siklus udara dingin

#### 2.4.3. Siklus Pancaran Uap

Dapat dilihat pada gambar 2.7 bahwa pada siklus ini menggunakan pancaran uap yang berkecepatan tinggi dari boiler, uap ini digunakan untuk mengangkat kabut air dari *flas camber* dan masuk ke ruangan evaporator uap sambil menyerap panas di *flas camber*. Uap dari kabut air dan uap dari boiler bercampur dan mengalami tekanan melewati tenggorokan atau *fusser* masuk ke kondensor dengan tekanan yang tinggi sehingga dengan mudah terkondensasi. Air kondensat dipompakan lagi ke boiler.



Gambar 2.7. Siklus pancaran uap

Keterangan gambar

1. *Injector*
2. *Evaporator*
3. *Ventury*
4. *Diffuser*
5. *Flas chamber*
6. *Kondensor*
- a. Air dingin
- b. Air kondensat
- c. Uap air
- d. Pemancar uap air dari boiler

## 2.5. Komponen - Komponen Utama Mesin Pendingin

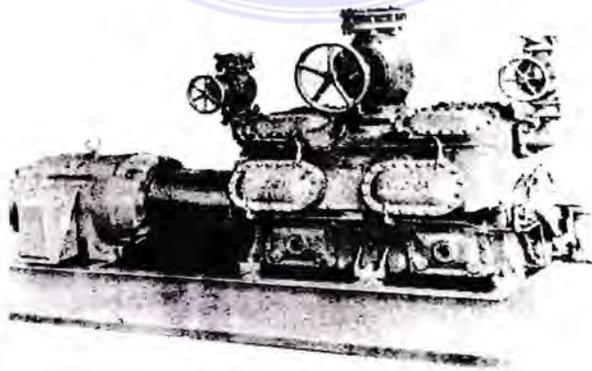
### 2.5.1. Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem kompresi uap yang berfungsi untuk mengisap uap *refrigerant* yang berasal dari evaporator dan mengkompresikannya

ke kondensor dengan tekanan yang tinggi dan temperatur naik hingga menjadi uap superheat yang akan mengalir ke kondensor. Empat jenis kompresor refrigerasi yang paling umum adalah kompresor torak (*reiprocating compressor*), kompresor sekrup (*screw compressor*), kompresor sentripugal, dan kompresor sudu (*vane compressor*) [1].

### 1. Kompresor torak

Dapat dilihat pada gambar 2.8 yang merupakan gambar utuh dari kompresor torak. Dijelaskan bahwa kompresor torak terdiri dari piston yang bergerak ke depan dan ke belakang di dalam suatu silinder yang mempunyai katup-katup hisap dan katup buang (*suction valve and discharge valve*) sehingga berlangsung proses pemompaan. Kompresor torak banyak digunakan pada industri-industri, oleh karena itu kompresor torak juga disebut kuda beban bagi industri karena mempunyai daerah kerja dari beberapa puluh watt hingga ratusan kilowatt kapasitas refrigerasi. Kompresor-kompresor modern bersifat “*single-acting*”, bersilinder tunggal atau multi silinder. Pada kompresor-kompresor multi silinder, silinder-silindernya dapat disusun berbentuk V, W, radial atau lurus.



Gambar 2.8. Kompresor torak

## 2. Kompresor sekrup (*screw compressor*)

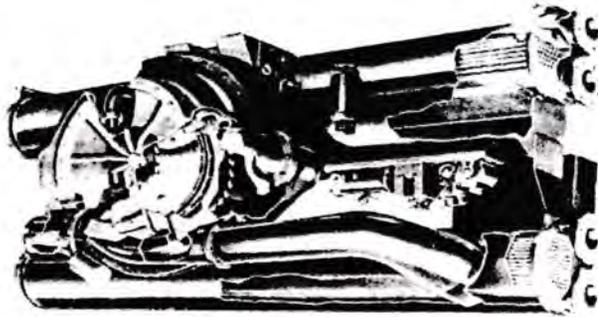
Kompresor ini menggunakan elemen-elemen yang berputar dan bergerak positif. Kompresor skrup banyak dilengkapi dengan katub geser untuk mengendalikan kapasitas. Katub ini dipasang didalam rumah kompresor dan dapat digerakkan secara aksial. Gambar kompresor sekrup dapat dilihat pada gambar 29.



Gambar 2.9. Kompresor sekrup

## 3. Kompresor sentripugal

Kompresor sentrifugal melayani sistem-sistem refrigerasi yang berkapasitas antara 1000 hingga 2000 kW. Tempertatur evaporator pada mesin-mesin bertingkat ganda dapat diturunkan hingga  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Walaupun kegunaannya yang terbanyak adalah untuk mendinginkan air hingga kira-kira  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  di dalam sistem refrigerasi. Gambar kompresor sentripugal dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Kompresor sentrifugal

#### 4. Kompresor sudu (*vane compressor*)

Kompresor sudu seperti terlihat pada gambar 2.11 pada umumnya digunakan pada lemari es, *freezer* dan refrigerasi rumah tangga. Walaupun dapat juga digunakan sebagai kompresor *booster* (kompresor pembantu) pada bagian tekanan rendah sistem kompresi bertingkat besar.



Gambar 2.11. Kompresor sudu

## 2.5.2. Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai alat pengembun *refrigerant* dan melepaskan panas yang berasal dari kompresor. Berdasarkan konstruksinya kondensor dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

### 1. Kondensor Pendingin Udara

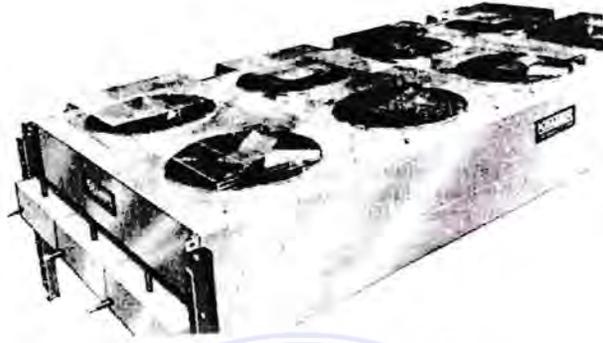
Dapat dilihat pada gambar 2.12 yang merupakan gambar utuh dari kondensor pendingin udara. Kondensor pendingin udara ini menggunakan udara sebagai medium pendinginnya. Kondensor didinginkan melalui fan untuk membuang panas ke udara bebas, pipa *refrigerant* harus bertekanan tinggi, ini disebabkan adanya hubungan langsung dengan udara luar. Temperatur pengembunan *refrigerant* kira-kira 15 sampai 20 °C lebih tinggi dari temperatur udara atmosfer, pada musim panas temperatur pengembunan kira-kira 50 sampai 55°C.

Kondensor pendingin udara ini terdiri dari coil pipa pendingin bersirip plat dimana udara mengalir dengan arah tegak lurus pada bidang pendingin, sirkulasi udara pada kondensor pendingin udara dapat berupa konveksi paksa atau bebas digunakan pada unit pendingin berkapasitas kecil seperti pada kulkas atau display cabinet AC dan lain-lain. Sedangkan untuk konveksi paksa digunakan pada unit pendingin dengan kapasitas lebih besar.

Adapun ciri-ciri kondensor pendingin udara adalah sebagai berikut :

- Tidak memerlukan pipa air, pompa air dan penampungan air karena tidak menggunakan air.

- Dapat dipasang dimana saja, asal terdapat udara bebas.
- Tidak mudah terjadi korosi karena permukaan kecil yang kering.



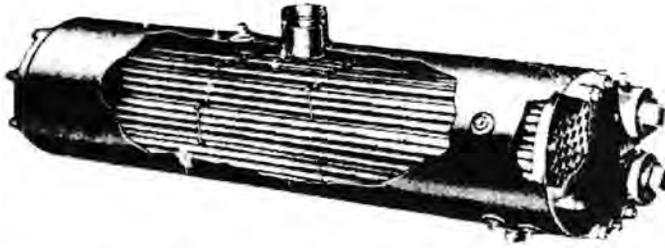
Gambar 2.12. Kondensor pendingin udara

## 2. Kondensor Pendingin Air

Kondensor ini menggunakan medium pendingin air yang dapat dibedakan menjadi :

- Kondensor Berbentuk Tabung dan Pipa (*Shell and Tube*)

Dapat dilihat pada gambar 2.13 kondensor ini banyak digunakan pada unit pendingin berukuran kecil sampai ukuran besar. Air pendingin masuk ke dalam tabung untuk mendinginkan pipa-pipa *refrigerant* dari temperatur yang tinggi. Kondensor ini berbentuk sederhana mudah pemasangannya dan untuk membersihkan pipa-pipa akibat kotoran yang dibawa oleh air setelah dipergunakan cukup lama mudah untuk dibersihkan.



Gambar 2.13. Kondensor pendingin air berbentuk tabung dan pipa (*shell and tube*)

- Kondensor Tabung dan Coil (*Shell and Coilz*)

Kondensor tabung dan coil banyak dipergunakan pada unit dengan freon sebagai *refrigerant* berkapasitas relative ukuran kecil, misalnya pada penyegaran udara sistem paket, pendingin air dan sebagainya. Koil pipa pendingin ditempatkan di dalam tabung yang dipasang sirip atau dengan sirip pada kondensor tabung dan koil, air mengalir di dalam koil pipa pendingin. Endapan dan kerak yang terbentuk di dalam pipa dapat dibersihkan dengan menggunakan zat kimia (*diterjen*).

- Kondensor Pipa Ganda

Kondensor ini merupakan susunan dari dua pipa koil aksial dimana *refrigerant* mengalir melalui saluran yang terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar dari atas dan dari bawah, sedangkan air pendingin relative lebih kecil dibandingkan dengan kondensor berbentuk tabung dan pipa [1].

### 2.5.3. Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menyerap panas dari lingkungan sekitarnya sekaligus menguapkan *refrigerant*. Pada kebanyakan evaporator, *refrigerant*

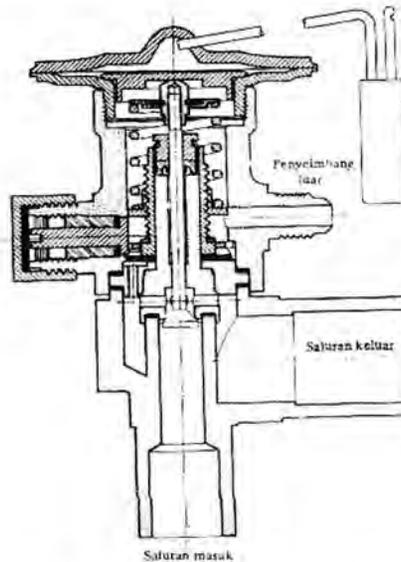
mendidih di dalam pipa dan mendinginkan fluida yang lewat di luar pipa tersebut. Evaporator yang mendidihkan *refrigerant* di dalam pipa biasa disebut evaporator ekspansi langsung (*direct expansion evaporators*). Pada gambar 2.14 dapat dilihat jenis evaporator pendingin udara menurut [1].



Gambar 2.14. Evaporator pendingin udara

#### 2.5.4. Alat Ekspansi

Alat ekspansi seperti yang terlihat pada gambar 2.15 merupakan elemen dasar yang terakhir dalam daur refrigerasi uap, setelah kompresor, kondensor, dan evaporator. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan, yaitu menurunkan tekanan *refrigerant* cair dan mengatur aliran *refrigerant* ke evaporator. Adapun jenis-jenis alat ekspansi yang umum adalah pipa kapiler, katup ekspansi berpengendali-lanjut-panas (*superheat-controlled expansion valve*), katup apung (*floating valve*), dan katup ekspansi tekanan konstan (*constant-pressure expansion valve*) menurut [1].



Gambar 2.15. Belahan katub ekspansi

## 2.6. Refrigerant

*Refrigerant* adalah suatu media di dalam suatu mesin pendingin yang berfungsi sebagai penyerap panas di evaporator kemudian panas dibuang di kondensor. Pemilihan *refrigerant* pada suatu mesin pendingin merupakan faktor yang sangat penting, karena hal ini mempengaruhi koefisien prestasi mesin pendingin tersebut dan harus pula diperhatikan pengaruh refrigerasi terhadap faktor-faktor lainnya seperti keamanan metal yang dipergunakan serta pengaruhnya terhadap kesehatan sesuai penggunaannya.

### 2.6.1. Persyaratan *Refrigerant*

Sistem *refrigerant* banyak digunakan untuk ruangan yang berukuran kecil hingga berukuran besar. Untuk pengkondisian udara disini dipilih jenis *refrigerant* yang paling sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai, yang antara lain meliputi temperatur dan tekanan penguapan juga temperatur dan tekanan pengembunan.

Persyaratan *refrigerant* untuk unit refrigerasi adalah sebagai berikut :

- Tekanan penguapannya harus lebih tinggi dari tekanan udara luar.
- Tekanan pengembunannya tidak terlalu tinggi
- Kalor laten penguapannya harus tinggi
- Volume spesifik (terutama fasa gas) yang cukup kecil
- Koefisien prestasinya harus tinggi
- Konduktifitas termalnya harus tinggi
- Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun gas yang besar serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik
- *Refrigerant* hendaknya steril dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai
- Tidak beracun dan berbau perangsang
- Tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak
- Mudah dideteksi jika terjadi kebocoran
- Harganya ekonomis dan mudah diperoleh

### 2.6.2. Jenis Penggunaan dan Karakteristik

Sebaiknya *refrigerant* menguap pada tekanan sedikit lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dengan demikian dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar masuk ke sistem refrigerasi. Karena kemungkinan ada terjadinya vakum pada seksi kompresor (bagian tekanan rendah), selain itu dapat dicegah turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresor dapat disebabkan karena berkurangnya tekanan dibagian tekanan rendah.

Oleh sebab itu mengapa titik penguapan *refrigerant* merupakan salah satu faktor yang sangat penting, maka dapat dikatakan bahwa *refrigerant* yang memiliki penguapan rendah biasanya dipakai untuk keperluan operasi pendingin temperatur rendah (refrigerasi).

Sedangkan *refrigerant* yang memiliki titik penguapan lebih tinggi digunakan untuk keperluan pendingin temperatur tinggi/pengkondisian udara. Jadi titik penguapan *refrigerant* merupakan indikator yang menyatakan apakah *refrigerant* dapat menguap pada temperatur rendah yang didinginkan tetapi pada tekanan yang tidak terlalu rendah.

Dalam sistem pendingin banyak sekali jenis *refrigerant* yang akan digunakan tetapi tidak satupun yang dapat dipakai untuk semua keperluan oleh karena itu perlunya membedakan fungsi dan beberapa tingkat temperatur yang berbeda, sehingga bahan pendingin dapat digunakan dengan tepat sesuai keperluannya.

### 2.6.3. Jenis-jenis *Refrigerant*

Pada dasarnya *refrigerant* dapat dikelompokkan menjadi kelompok *refrigerant* sintetik dan *refrigerant* alami. *Refrigerant* sintetik tidak terdapat di alam dan dibuat oleh manusia dari unsur-unsur kimia. Sedangkan *refrigerant* alami adalah *refrigerant* yang dapat ditemui di alam, namun demikian masih diperlukan pabrik untuk penambangan dan pemurniannya. *Refrigerant* yang dikenal dengan sebutan *CFC*, *HCFC*, dan *HFC* adalah *refrigerant* sintetik. Sedangkan *hidrokarbon (HC)*, *karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)*, *air (H<sub>2</sub>O)*, udara dan *Ammonia (NH<sub>3</sub>)* adalah *refrigerant* alami yang sering digunakan.

Berikut adalah jenis-jenis *refrigerant* yang digunakan yang merupakan penjelasan dari keterangan sebelumnya :

1. *CFC (chlorofluorocarbon)*

*Refrigerant* ini terdiri dari unsur *khlor (Cl)*, *fluor (F)*, dan karbon (*C*), yang termasuk dalam jenis *refrigeran* ini adalah R – 11 (*CFC – 11*), R – 12 (*CFC – 12*). Karena tidak mengandung *hydrogen*, *CFC* adalah senyawa yang sangat stabil dan tidak mudah bereaksi dengan zat lain meskipun terlepas ke atmosfer. Karena mengandung *khlor*, zat ini mempunyai nilai potensi merusak lapisan ozon (*Ozone Depletion Potential = ODP*) yang tinggi ( $ODP = 1$ ).

2. *HCFC (hydrochloro-fluorocarbon)*

Meskipun mengandung *hydrogen (H)* zat ini juga mengandung *khlor (Cl)* yang merusak lapisan ozon, yang membuat jenis *refrigerant* ini menjadi kurang stabil jika berada di atmosfer. *Refrigerant* ini sebagian besar akan terurai pada lapisan atmosfer bawah dan hanya sedikit yang mencapai lapisan ozon. Oleh sebab itu *HCFC* mempunyai *ODP* yang rendah. yang termasuk dalam jenis *refrigerant* ini adalah R – 22 (*HCFC – 22*)

3. *HFC (hydrofluorocarbon)*

*Refrigerant* ini tidak mengandung unsur *khlor*. Oleh sebab itu *refrigerant* ini tidak merusak lapisan ozon dan nilai *ODP* nya sama dengan nol. yang termasuk dalam jenis *refrigerant* ini adalah R – 134a (*HFC – 134a*), R – 152a (*HFC – 152a*), R – 123 (*HFC – 123*).

## 2.7. Kenyamanan

Kenyamanan suatu ruangan sangat tergantung pada keadaan temperatur, kelembaban dan kecepatan udara dalam ruangan yang akan dikondisikan dan mempunyai laju pengeluaran panas dari tubuh seperti :

### 1. Temperatur Udara

Temperatur udara yang bertemperatur tinggi akan mencegah dan membatasi kemampuan tubuh untuk mengeluarkan panas dan jika terlalu dingin akan menyebabkan peningkatan pengeluaran panas.

### 2. Kelembaban Udara

Kelembaban udara adalah banyaknya bendungan uap air dalam udara, kelembaban udara yang tinggi akan memperlambat proses penguapan dan pengeluaran keringat.

### 3. Kecepatan Udara

Udara dengan kecepatan tinggi akan meningkatkan pengeluaran panas dan penguapan keringat, sebaliknya udara yang tenang akan mengurangi laju pengeluaran panas dan penguapan keringat sekaligus memberikan kenyamanan.

Dalam bidang pengkondisian udara, pengaturan temperatur, kecepatan dan kelembaban udara adalah hal yang utama bisa memberikan kenyamanan bagi tubuh. Temperatur yang nyaman pada tubuh manusia adalah pada temperatur  $21^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban  $25 - 70\%$  dan disesuaikan dengan aktivitas dalam ruangan. Pada perancangan ini kondisi ruangan diambil pada  $21^{\circ}\text{C}$  dengan kelembaban relative  $55\%$ .

## 2.8. Data Teknis dari Hasil Survey

### 2.8.1. Struktur dan Ukuran Ruangan

Dalam perencanaan ini yang menjadi pembahasan utama adalah mencakup pemilihan pendingin dan pengkondisian udara. Namun untuk merencanakan hal tersebut harus didasarkan atas besarnya beban pendingin ruangan.

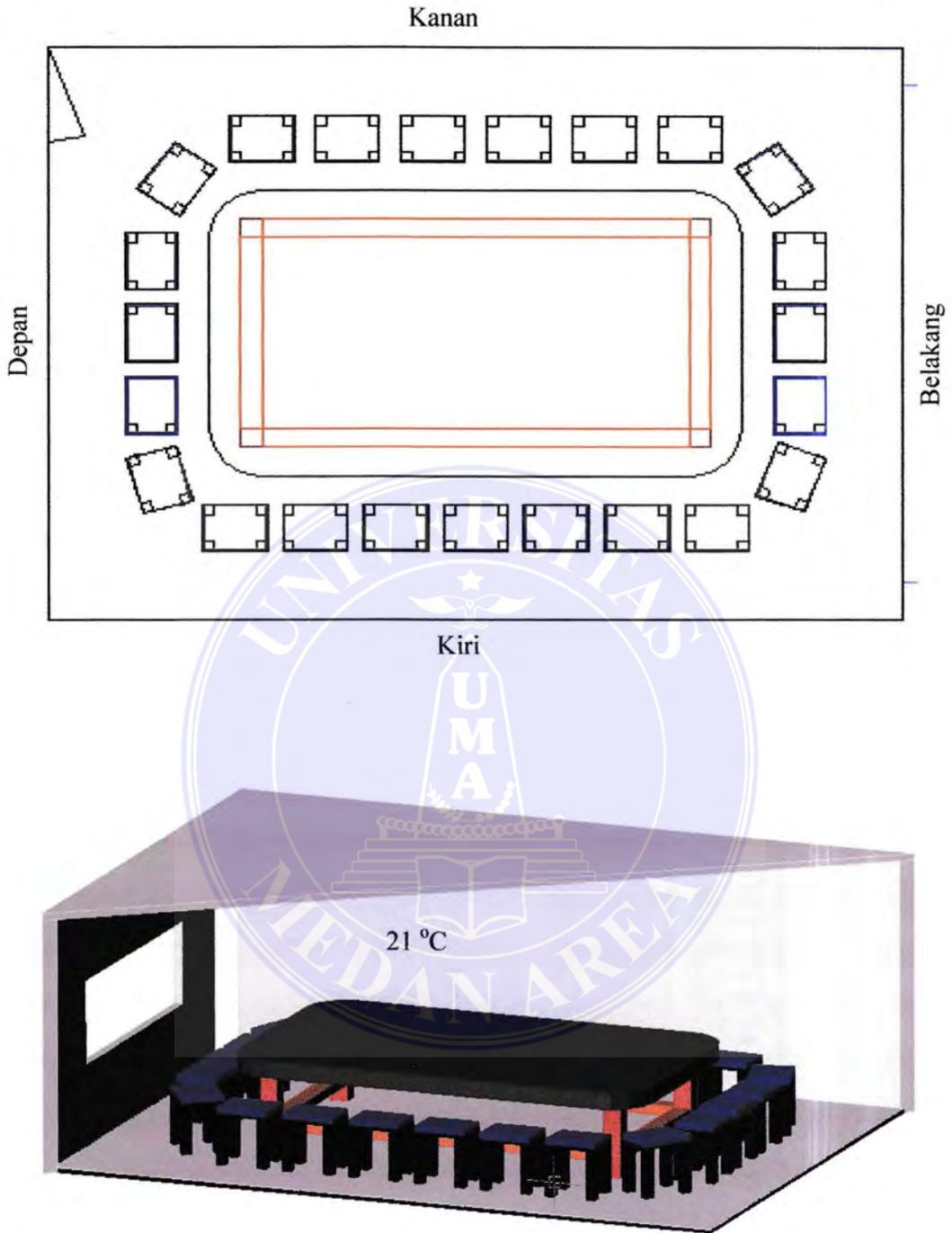
Dapat dilihat pada tabel 2.1 bahan-bahan ruangan sesuai data survei terdiri dari cat minyak, plat baja, pinus kuning, asbes tahan api, kaca dan semen cor.

Tabel 2.1. Ketebalan, nilai konduktifitas dari bahan dinding, atap/plafon, dan lantai

No	Bahan	Tebal ( $\Delta x$ ) (m)	Konduktivitas thermal (k) ( $W/m^{\circ}C$ )
1	Cat minyak	0,002	0,65
2	Plat baja	0,006	45,3
3	Pinus kuning	0,05	0,147
4	Asbes tahan api	0.008	0,149
5	Kaca	0.005	0.78
6	Semen cor	0.05	1.16

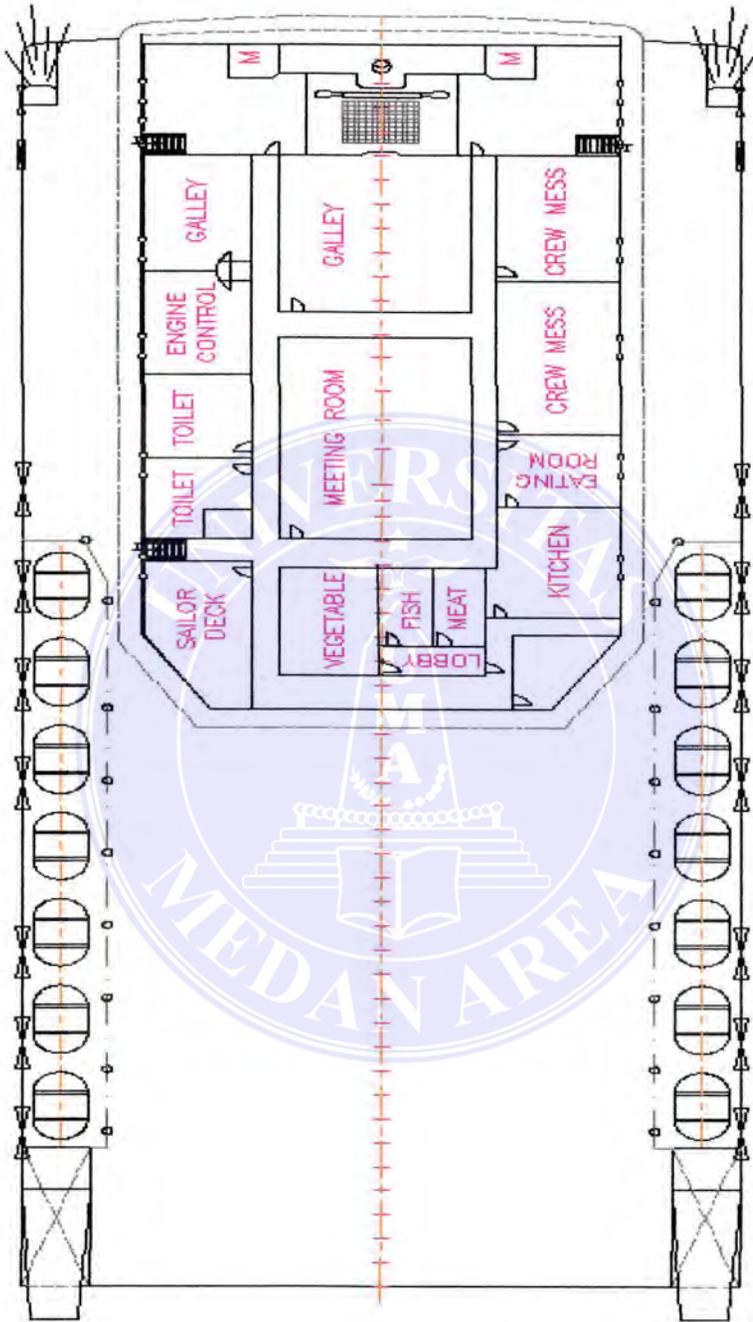
Sumber : J.P. Holman "Perpindahan Kalor", Edisi ke - 6, Terjemahan E. Jasjfi, Erlangga, Ciracas Jakarta, 1994.

Ruangan yang dikondisikan dalam perencanaan ini adalah ruang pertemuan di PT. Infomedia Nusantara Medan. Kapasitas ruangan 20 orang dengan ukuran yang ruangan direncanakan adalah panjang (8m), lebar (6m), dan tinggi (3m) dan temperatur ruangan yang diinginkan adalah 21 °C seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Pandangan atas dan gambar potongan ruangan pertemuan

### 2.8.2. Denah PT. Infomedia Nusantara Medan

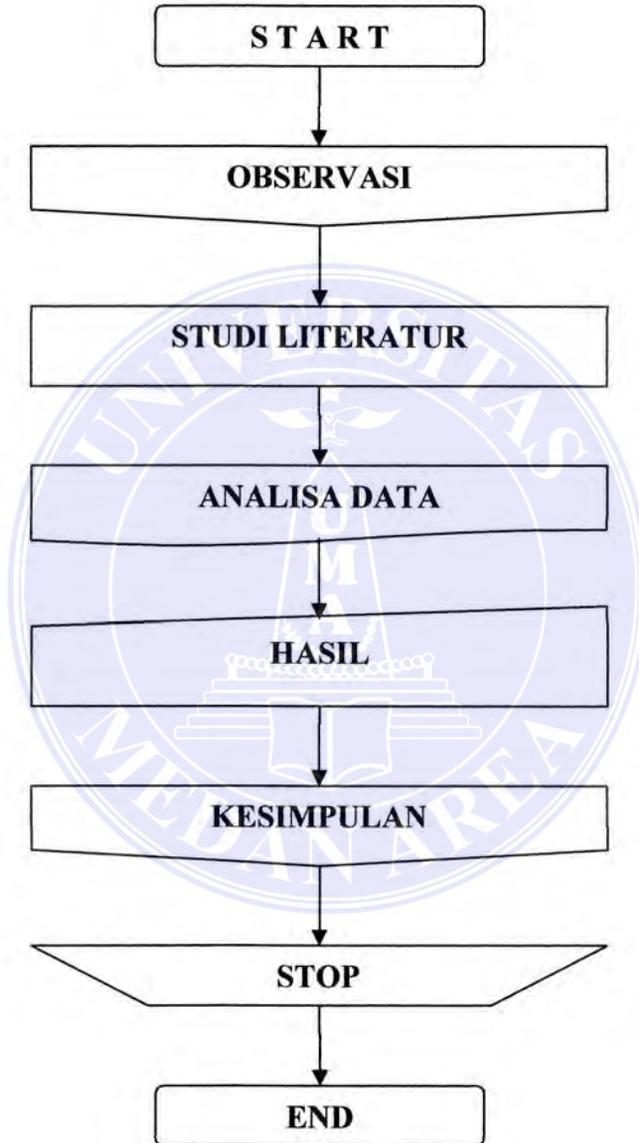


Gambar 2.17. Denah ruangan

Dari gambar 2.17. dapat diketahui denah/lokasi dari ruang pertemuan. Dijelaskan bahwa dari sisi depan ruang pertemuan bersebelahan dengan gang, pada sisi kanan bersebelahan dengan gang, pada sisi kiri bersebelahan dengan gang dan pada sisi belakang ruang pertemuan juga bersebelahan dengan gang. Karena pada sisi atas (atap/plafon) tidak langsung berhubungan dengan lantai atas yaitu terdapat jarak 30 – 50 cm yang digunakan sebagai instalasi maka dianggap juga berbatasan dengan gang (untuk suhu gang adalah 33 °C). Kemudian pada lantai seluruh ruangan terdapat gudang tempat penyimpanan barang (untuk suhu gudang tempat penyimpanan barang adalah 35 °C).



**BAB 3**  
**METODE PERENCANAAN**



Gambar 3.1 Diagram perencanaan mesin pendingin ruang pertemuan di PT. INFOMEDIA NUSANTARA MEDAN

Dari gambar 3.1 dapat dijabarkan tentang perencanaan dari tugas sarjana, yaitu :

### 1. Metode observasi

Observasi atau peninjauan dilakukan untuk mengenal atau melihat keadaan, situasi unjuk kerja dari sistem pendingin. Survey dilaksanakan di PT. INFOMEDIA NUSANTARA MEDAN dan membandingkan dengan yang direncanakan. Data-data yang diambil adalah :

- Dimensi ruangan dan ukuran pintu
- Dinding yang digunakan (lapisannya)
- Suhu ruangan
- Kapasitas ruangan

### 2. Metode studi literatur

Studi literatur diperoleh dari buku-buku panduan tentang perpindahan panas, sistem pendingin, pengkondisian udara dan data survey sebagai data denah. Untuk mendapatkan hasil keseluruhan beban pendingin dari ruangan yang dikondisikan digunakan juga metode interpolasi. Beberapa ketetapan juga diambil dari *software coolpack* untuk mendapatkan hasil perhitungan dari setiap komponen mesin pendingin, diagram p – h *refrigerant* 134a, dan siklus refrigerasi..

### 3. Analisa Data

Sebagai aplikasi survey lapangan dengan literatur, maka dilakukan perhitungan-perhitungan untuk mencapai rancangan yang di inginkan. Adapun yang diaplikasikan/dhitug dalam perencanaan adalah :

- Beban pendingin, analisa themodinamika.
- Perhitungan komponen utama mesin pendingin yang meliputi kompresor, kondensor, katup ekspansi, serta evaporator.
- Gambar perencanaan.

### 4. Hasil

Setelah melalui analisa dan perhitungan didapat hasil-hasil dari besarnya beban pendingin atau total panas yang terjadi pada ruangan pendingin tersebut serta ukuran/dimensi dari bagian-bagian utama mesin pendingin dan peralatan tambahan.

## BAB 7

### KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan uraian yang telah dilakukan pada perencanaan “Pengkondisian Udara untuk Ruang Pertemuan Kapasitas 20 Orang di PT. Infomedia Nusantara Medan” didapatkan kesimpulan dari rancangan ini, yang meliputi :

- Temperatur udara luar : 33 °C
- Temperatur udara luar (gudang tempat penyimpanan barang) : 35 °C
- Temperatur udara dalam (temperatur yang diinginkan) : 21 °C

#### Siklus

- Siklus refrigerasi : Siklus Kompresi Uap
- *Refrigerant* yang digunakan : R – 134a

#### Beban pendingin

1. Kalor yang diterima dari konstruksi dinding, lantai dan plafon/atap ruangan :

- Dinding kiri dan kanan : 0,67289 kW
- Dinding belakang : 0,25058 kW
- Dinding depan : 0,24891 kW
- Plafon/atap : 0,69714 kW
- Lantai : 0,7576 kW

- |                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| 2. Infiltrasi udara                 | : 0,01246 kW |
| 3. Kalor dari manusia atau penghuni | : 0,1987 kW  |
| 4. Kalor dari peralatan listrik     |              |
| - Lampu                             | : 0,19872 kW |
| - Motor listrik penggerak fan       | : 1,503 kW   |
| 5. Kalor dari kursi dan meja        | : 10,183 kW  |
| Total nilai kalor yang ditimbulkan  | : 17,1926 kW |

### Kompresor

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| 1. Tipe              | : Kompresor torak |
| 2. Jumlah silinder   | : 6 silinder      |
| 3. Diameter silinder | : 64 mm           |
| 4. Panjang langkah   | : 64 mm           |
| 5. Tekanan isap      | : 317,65 kPa      |
| 6. Tekanan buang     | : 1009,42 kPa     |
| 7. Putaran poros     | : 1800 rpm        |

### Kondensor

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Tipe                 | : <i>Shell and Tube 2 pass</i> |
| 2. Jumlah pipa          | : 32 tube                      |
| 3. Panjang pipa         | : 5 m                          |
| 4. Bahan pipa           | : Tembaga                      |
| 5. Temperatur air masuk | : 28 °C                        |

6. Temperatur air keluar : 34 °C

### Evaporator

1. Tipe : Koil bersirip
2. Jumlah pipa : 60 buah
3. Panjang pipa : 6 m
4. Bahan pipa : Tembaga
5. Bahan sirip : Aluminium
6. Beban : 17,1926 kW
7. Temperatur evaporator : 4 °C



## DAFTAR PUSTAKA

1. UU Republik Indonesia no 20 tahun 2002, ketenagalistrikan
2. BadanStandarisasi Nasional BSN, PersyaratanUmumInstalasiListrik 2000 ( PUIL 2000)
3. *International Electrotechnical Commission (IEC) 2003-06, IEC Scheme for Certification to Standards forElectrical Equipment for Explosive Atmospheres,IECEx 02 Second Edition*
4. ANSI/IEEE Std 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
5. *National Fire Protection Association (NFPA) 70 E( 2004, Electrical Safety in workplace*
6. Journal David, W. H. (1999). *Electrical equipment in hazardous areas.The Safety & Health Practitioner, 17(4), 32-34.*
7. Petrotekno (*Petroleum technical school*) training manual (2008), Klasfikasi area, inspeksi dan pemeliharaan instalasi listrik dalam area area berbahaya
8. Pepperl+fuchs group(2001). *Surge Protection Barrier Manual,*
9. Rekus, J. F. (1991). *Electrical requirements for hazardous locations. Occupational Hazards, 53(1), 39*
10. Hutahuruk.TS, Ir., 1987. PengetanahanNetralSistem Tenaga danPengetanahanPeralatan. PenerbitErlangga.
11. Gonos, I.F, Antoniou, M.K, Stathopulos, I.A and Topalis, F.V (1999) "*Transient analysis of the behaviour of grounding systems consisted by driven rods*" *Progress in Simulation, Modelling, Analysis and Synthesis of Modern Electrical and Electronic Devices and Systems, pp. 130-135, World Scientific and Engineering, Athens.*