

**ANALISA MENARA PENDINGIN PADA
BANGUNAN KANTOR PERUSAHAAN
PELEBURAN BAJA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh :

**ERWIN
NIM : 08 813 0049**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2012**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

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)7/12/23

Abstract

Waste heat from the condenser to the air freshener system is essential. The heat comes from the condenser must be discharged into the air environment, the performance of the condenser can work well.

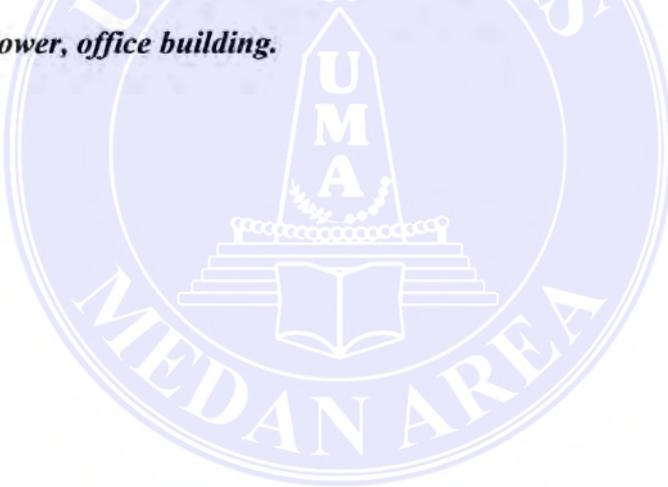
The greater the cooling load received plane cooling, the heat received by the condenser will be massive. The heat must be discharged into the air. For the system runs perfectly, refrigerant vapor turns into a liquid phase in the condenser.

So to remove heat necessary equipment Cooling Tower (Cooling Tower). Cooling towers to release the heat at the condenser cooling water medium.

In analyzing the flow type cooling tower opposite (Counter Flow), the author conducted a survey and data - data on PT. Growth Asia Foundry Medan Industrial Estate, to conduct a discussion on the staff and employees at the company, and participate directly with the spaciousness of the company's employees to see first hand the operating Cooling Tower

Calculation results obtained 4.75 kW cooling load, heat dumped 5.67 kW condenser pipe diameter 0.95 m. pump motor power 10 867 kW.

Keyword : Cooling tower, office building.



Abstrak

Pembuangan panas dari kondensor pada sistem penyejarian ruangan sangatlah penting. Panas berasal dari kondensor haruslah dibuang ke udara lingkungan sekitar, kinerja dari kondensor tersebut dapat bekerja dengan baik.

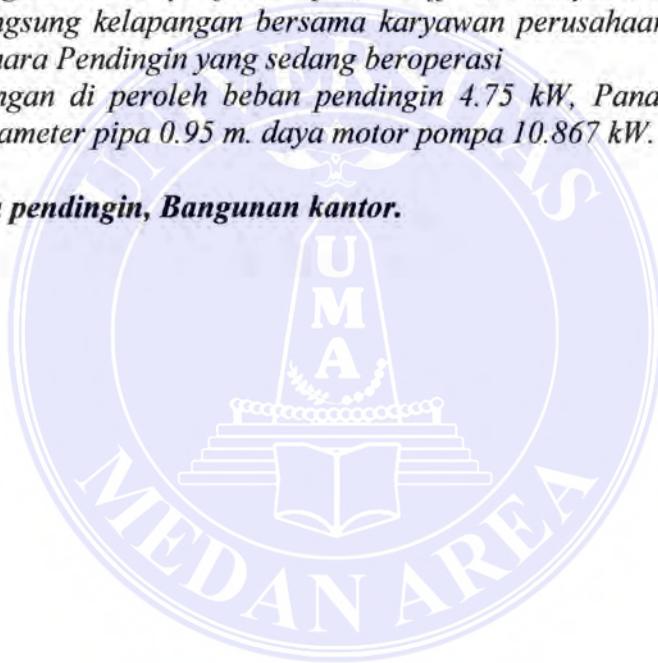
Semakin besar beban pendingin yang diterima pesawat pendingin, maka panas yang diterima kondensor juga akan besar. Panas tersebut harus dibuang ke udara. Agar sistem berjalan sempurna, refrigerant berubah fasa uap menjadi cair pada kondensor.

Sehingga untuk membuang panas diperlukan alat Menara Pendingin (Cooling Tower). Menara pendingin untuk melepaskan panas yang ada pada kondensor dengan media air pendingin.

Dalam menganalisa menara pendingin jenis aliran berlawanan (Counter Flow) ini, Penulis melakukan survey dan data – data di PT. Growth Asia Foundry Kawasan Industri Medan, mengadakan tanya jawab pada staff dan karyawan di perusahaan tersebut, dan ikut langsung kelapangan bersama karyawan perusahaan tersebut untuk melihat langsung Menara Pendingin yang sedang beroperasi

Hasil perhitungan di peroleh beban pendingin 4.75 kW, Panas yang dibuang kondensor 5.67 kW diameter pipa 0.95 m. daya motor pompa 10.867 kW.

Kata kunci : Menara pendingin, Bangunan kantor.



DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Perencanaan.....	2
1.4. Manfaat Perencanaan.....	2
1.5. Metodologi Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Menara pendingin (Cooling Tower).....	4
2.2. Prinsip Menara Pendingin.....	6
2.3. Pengkajian Terhadap Menara Pendingin.....	9
2.4. Jenis-jenis Menara Pendingin.....	11
2.4.1. Menara Pendingin Jenis Natural Draft.....	11
2.4.2. Menara Pendingin Draft Mekanik.....	12
2.5. Prinsip Refrigerasi.....	17
2.6. Karakteristik Refrigerant.....	17

2.6.1. Sifat-sifat Refrigerant Yang Wajib.....	18
2.7. Klasifikasi Refrigerant.....	19
2.7.1 Refrigerant Untuk Rumah Tangga... ..	19
2.7.2. Refrigerasi Untuk Keperluan Komersial.....	20
2.7.3. Refrigerasi Industri.....	20
2.7.4. Refrigerasi Untuk Transportasi Pengangkutan.....	20
2.7.5. Pengkondisian Udara.....	21
2.7.6. Pengkondisian Udara Untuk Industri... ..	21
2.8. Klasifikasi Siklus Refrigerasi.....	23
2.8.1. Siklus Kompresi Uap.....	24
2.8.2. Siklus Pancaran Uap.....	26
2.8.3. Siklus Udara.....	27
2.8.4. Siklus Absorbi.....	29
BAB III PEMBAHASAN.....	31
3.1. Beban Kalor Pendingin.....	31
3.1.1. Panas Melalui Atap Ruangan... ..	38
3.2. Beban Kalor dari Dalam Ruangan.....	42
3.2.1. Lampu.....	42
3.2.2. Penghuni.....	43
3.2.3. Beban Kalor yang Diakibatkan oleh radiasi matahari	45
3.3. Analisa Thermodinamika... ..	47
BAB IV PEMILIHAN DAN PERENCANAAN PERALATAN.....	53
4.1. Kondensor.....	53

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang beriklim tropis dan hanya terdapat musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang merambah negara kita. Salah satu teknologi tersebut yaitu teknik pendingin pada bagian sistem refrigasi.

Menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah air dan udara yang berfungsi mendinginkan air dengan kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Dalam kebanyakan menara pendingin yang bekerja pada sistem pendingin udara menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air vertikal ke atas melintasi menara. Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam *range* (pengurangan suhu air yang melalui menara pendingin) dan *approach* (selisih antara suhu bola basah udara yang masuk dengan suhu air yang keluar dari menara pendingin).

Sesuai dengan musim yang terjadi di Indonesia khususnya di kota – kota besar, Kebutuhan pokok akan mesin penyejuk udara dan pengkondisi udara sangat dibutuhkan. Sekarang ini telah mengalami perkembangan dan pembangunan dimana – mana. Gedung – gedung yang telah dibangun pada umumnya membutuhkan penyejuk udara. Gedung – gedung yang membutuhkan penyejuk udara dan pengkondisi udara seperti bank, pusat perbelanjaan, hotel dan gedung – gedung bertingkat lainnya. Untuk ruangan yang besar dan gedung – gedung bertingkat diperlukan alat – alat

tambahan untuk dapat menghasilkan pengkondisian udara yang baik.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

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

Hal ini membuat penulis merencanakan sebuah alat pendingin tambahan yang digunakan pada kondensor. Kondensor dengan pendingin yang menggunakan air sebagai media pendinginnya. Panas yang terserap oleh air sebagai media pendingin dan dibuang ke lingkungan sekitar.

1.2 Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Sarjana ini penulis membuat batasan masalah yang akan dibahas ini lebih spesifik dan terarah.

Adapun batasan masalah yang akan dibahas adalah :

1. Perhitungan beban pendingin
2. Pemilihan dan Perencanaan Menara pendingin (*cooling tower*)

1.3 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan perencanaan ini adalah :

1. Untuk merencanakan sebuah menara pendingin (*cooling tower*) yang digunakan untuk melayani sebuah perusahaan peleburan.
2. Untuk menganalisa sistem termodinamika pada suatu sistem pengkondisian udara.
3. Mendapatkan dimensi atau ukuran alat – alat utama yang sesuai pada perancangan.

1.4 Manfaat Perencanaan

Adapun manfaat perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Proses Pendinginan yang efektif dan ekonomis.
2. Menambah literatur dalam bidang teknik pendingin.

1.5 Metodologi Penulisan

Agar penulisan lebih mudah dipahami membuat sistematika pembahasan sebagai berikut :

BAB I, Pendahuluan

Dalam bab ini akan dibahas latar belakang, dasar perencanaan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan perencanaan, manfaat perencanaan, dan sistematika penulisan.

BAB II, Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini akan dibahas tentang klasifikasi refrigasi, siklus refrigasi, pembahasan refrigasi.

BAB III, Pembahasan

Dalam bab ini akan dibahas jenis sistem refrigasi penyebar udara yang akan dirancang unit pendinginnya, pemilihan refrigerant yang akan digunakan pada sistem refrigasi tersebut.

BAB IV, Pemilihan Dan Perencanaan Peralatan

Dalam bab ini akan dibahas tentang beban pendingin pada ruangan tersebut, penerangan, aktivitas orang dalam ruangan dan beban panas lain yang akan di kondisikan.

BAB V, Penutup

Dalam bab ini berisikan kesimpulan dan saran

DAFTAR PUSTAKA

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Daftar pustaka berisikan tentang referensi yang diambil oleh penulis untuk mendukung proses tugas akhir ini

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Menara Pendingin

Menara pendingin mendinginkan air dengan mengkontakkannya dengan udara dan menguapkan sebagian air tersebut. Dalam kebanyakan menara pendingin yang melayani sistem refrigerasi dan penyaman udara vertikal ke atas atau horizontal melintasi menara. Menara pendingin memiliki 2 jenis sistem aliran:

- a. Menara pendingin dengan aliran berlawanan.
- b. Menara pendingin dengan aliran silang.

Pada perencanaan ini yang di pilih adalah jenis menara pendingin dengan aliran berlawanan. Dengan menggunakan kipas, untuk menggerakkan udara ke atas melalui semburan air yang jatuh. Karena kita menggunakan persamaan $NTU - Effectifitas$.



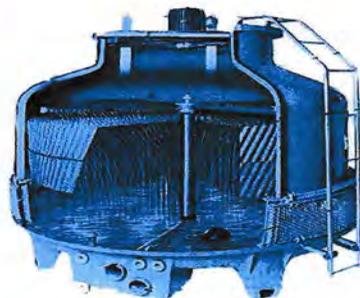
Gambar 2.1



Gambar 2.2



Gambar 2.3



Gambar 2.4

Keterangan Gambar :

Gambar 2.1 : Sebuah menara pendingin, yang terletak di atas gedung. Gedung tersebut memiliki sebuah unit pendingin (Jens Chiller). Menara pendingin tersebut memiliki fungsi untuk membuang panas yang dibawa air pendingin kondensor. Badan Menara pendingin tersebut terbuat dari FRP (*Fibre resinreinforced glass*).

Gambar 2.2 : Gedung tersebut memiliki 3 menara pendingin. Kedua menara pendingin tersebut mempunyai fungsi Yang sama. Pada gambar kita, dapat melihat ada 3 pompa sentrifugal, untuk mensirkulasikan air pada menara pendingin. Tapi hanya 2 pompa saja yang jalan, 1 untuk pompa cadangan jika ada pompa yang rusak.

Gambar 2.3 : terlihat air yang berjatuhan dari atas menara pendingin. Air berjatuhan mirip dengan air hujan. Di gambar juga terlihat *adafiller* dan rangka — rangka pendukung yang menyangga *filler* tersebut. Air yang jatuh menuju *Water Basin* (bak penampung air), telah rendah suhunya. Air tersebut disirkulasikan lagi ke kondensor, sebagai air pendingin. *filler* terbuat dari bahan PVC. Rangka pendukung terbuat dari bahan Galvanis. Dan *Water Basin* (bak penampung air) terbuat dari bahan FRP.

Gambar 2.4 : Kita melihat pada gambar ada pipa besar yang letaknya di tengah menara pendingin. Pipa (*Stand pipe*) tersebut membawa air panas ke *sprinkle head* dan air tersebut keluar berjatuhan dari *sprinkle*.

Kemudian air tersebut jatuh ke *filler* lalu ke *Water Basin*. Air yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

telah dingin di sirkulasikan ke kondensor.

Document Accepted 7/12/23

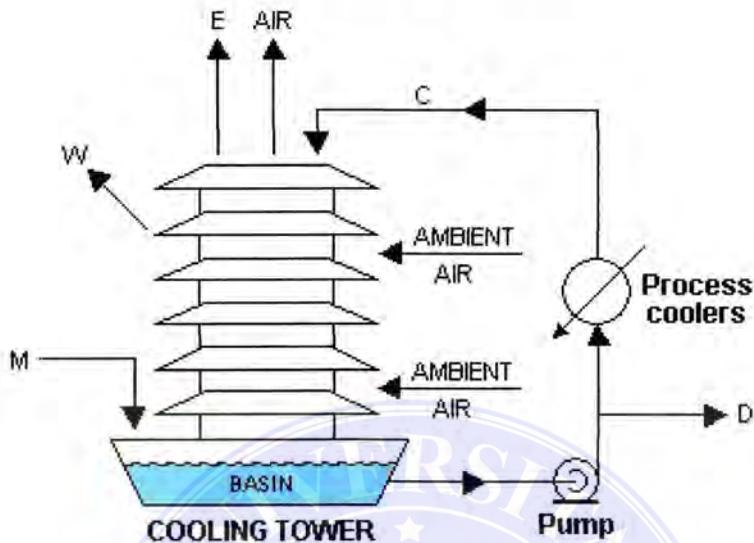
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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)7/12/23

COOLING TOWER SYSTEM



Gambar 2.5. Sistem Menara pendingin

- C = Circulating cooling water
E = Evaporated water
W = Windage or driftloss
M = Makeup water
D = Draw off blowdown water

2.2. Prinsip Menara Pendingin (Cooling Tower)

Menara pendingin merupakan salah satu alat evaporatif yang menjaga suhu kondensasi tetap lebih rendah dengan cara mendinginkan kondensor dengan air. Air pendingin di kontakkan dengan udara dan menguapkan sebagian air tersebut. Dalam kebanyakan atau lebih kipas propeller atau sentrupugal untuk menggerakkan udara vertikal ke atas atau horizontal melintasi menara.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Menara Pendingin digunakan untuk menyediakan sebuah kuantitas

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

air yang relatif sejuk kemudian dapat digunakan untuk menerima tenaga sebagai

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)7/12/23

kalor. Didalam menara pendingin dialirkan secara paksa (*forced draft cooling tower*) maka ditiup baik melalui air yang jatuh maupun secara vertikal ke atas menentang air yang jatuh kebawah.

Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam “*range*” dan “*approach*” :

1. *range* (jangkauan) : yang dimaksud dengan *range* adalah pengurangan suhu air yang melalui menara pendingin, yaitu temperatur air masuk - temperatur air keluar menara pendingin. Pengurangan ini untuk mengetahui jangkauan antara temperatur air keluar dan air masuk menara pendingin. *Range cooling tower* yang tinggi berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan kinerjanya bagus.
2. *approach* (pendekatan) : yaitu selisih antara suhu bola basah udara yang masuk dan suhu air yang keluar dari menara pendingin. Jika pendekatan lebih kecil (temperatur air keluar rendah) dapat memberikan efek pendinginan yang lebih besar. Suhu bola basah udara ialah apabila udara memindahkan kalor dan massa (air) ke atau dari permukaan basah.



Gambar 2.6. Range dan Approach menara pendingin

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Sifat menara pendingin, perpindahan kalor berlangsung dari air ke udara tak

Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

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)7/12/23

1. Perbedaan suhu bola kering
2. Perbedaan tekanan uap antara permukaan air dan udara

Kedua penyebab ini berkombinasi membentuk potensial entalpi.

Analisa mengenai apa yang berlangsung di dalam sebuah menara pendingin memerlukan pengetahuan mengenai perpindahan kalor, perpindahan massa dan mekanika fluida.

Air pendingin yang diperlukan oleh mesin refrigasi pendingin air dapat diperoleh dari sumur, sungai, danau dan air kota. Sungai dan danau tidak selalu ada disekitar tempat instalasi, sedangkan air kota harganya mahal. Demikian juga dengan air sumur sangat terbatas jumlahnya, karena banyak industri yang memerlukan perkembangan kota sangat cepat. Oleh karena itu air pendingin yang telah dipakai tidak dibuang, melainkan disirkulasikan kembali ke dalam menara pendingin untuk didinginkan. Setelah itu dialirkan kembali ke mesin. Air yang hilang karena menguap harus diganti, yaitu dengan memasukkan air tambahan (make up water) ke dalam sistem air pendingin.

Menara pendingin merupakan ruangan dimana air panas di semprotkan atau dipancarkan kebawah, sementara itu udara atmosfer dialirkan melalui atau berlawanan dengan arah jatuhnya air panas. Dengan cara demikian air panas itu didinginkan. Untuk menguapkan 1 kg air diperlukan kira – kira 600 kcal, dengan mengeluarkan kalor laten dengan menguapkan sebagian dari air, maka sebagian besar dari air pendingin dapat didinginkan. Jadi misalnya satu persen dari air dapat diuapkan, air dapat diturunkan temperaturnya sebanyak 6°C , dengan menara pendingin proses tersebut dapat dilaksanakan.

2.3. Pengkajian Terhadap Menara Pendingin

Bagian ini menjelaskan tentang bagaimana kinerja tenaga pendinginan dapat di kaji. Kinerja menara pendingin di evaluasi untuk mengkaji tingkat *approach* dan *range* saat ini terhadap nilai desain, mengidentifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan.

Selama evaluasi kinerja, peralatan yang *portable* digunakan untuk mengukur parameter – parameter berikut :

1. Suhu udara *wet bulb*
2. Suhu udara *dry bulb*
3. Suhu air masuk menara pendingin
4. Suhu udara keluar
5. Listrik, motor pompa dan fan
6. Laju alir air
7. Laju alir udara

Parameter tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kinerja menara pendingin dengan beberapa cara, yaitu :

- a) **Range**, ini merupakan perbedaan antara suhu air pendingin yang masuk dan keluar menara pendingin. *Range* menara pendingin yang tunggu berarti bahwa menara pendingin telah mampu menurunkan suhu air secara efektif, dan kinerja yang bagus.

Rumusnya adalah :

$$\text{Range } (^{\circ}\text{C}) = \text{suhu masuk air pendingin } (^{\circ}\text{C}) - \text{suhu keluar air pendingin } (^{\circ}\text{C})$$

- b) **Approach**. Merupakan perbedaan antara suhu air keluar menara pendingin dan suhu *wet bulb*. Semakin rendah *approach* semakin baik kinerja menara

pendingin. Walaupun, *range* dan *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$$\text{Approach } (^{\circ}\text{C}) = [\text{suhu keluar air pendingin} (^{\circ}\text{C}) - \text{suhu wet bulb} (^{\circ}\text{C})]$$

- c) **Efektivitas**. Ini merupakan perbandingan antara *range* dan *range* ideal (dalam persentase), yaitu dengan perbedaan antara suhu masuk air pendingin dan suhu wet bulb, atau dengan kata lain adalah $= \text{Range}/(\text{Range} + \text{Approach})$. Semakin tinggi perbandingan ini, maka semakin tinggi efektivitas menara pendingin.

$$\text{Efektivitas (\%)} = 100 \times (\text{suhu air pendingin} - \text{suhu keluar air pendingin}) / (\text{suhu masuk air pendingin} - \text{suhu wet bulb})$$

- d) **Kapasitas pendingin**. Merupakan panas yang dibuang dalam kKcal/jam atau TR, sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air, panas spesifik dan perbedaan suhu.

- e) **Kehilangan Penguapan**. Merupakan jumlah air yang di uapkan untuk tugas pendinginan. Secara teoritis jumlah penguapan mencapai $1,8\text{m}^3$ untuk setiap 10.000.000 kKcal panas yang dibuang. Rumus berikut dapat digunakan :

$$\text{kehilangan penguapan (m}^3/\text{jam)} = 0,00085 \times 1,8 \times \text{laju sirkulasi (m}^3/\text{jam)} \times (T_1 - T_2)$$

$T_1 - T_2$ = perbedaan suhu antara air masuk dan keluar.

- f) **Siklus konsentrasi (C.O.C)**. merupakan perbandingan padatan terlarut dalam air sirkulasi terhadap padatan terlarut dalam air *make up*.

- g) **Kehilangan Blow down**. Tergantung pada siklus konsentrasi dan kehilangan penguapan dan di hitung dengan rumus :

$$\text{Blow down} = \text{Kehilangan penguapan} / (\text{C.O.C} - 1)$$

- h) **Perbandingan Cair/Gas (L/G)**. Perbandingan L/G menara pendingin

pendingin memiliki nilai desain tertentu, namun variasi karena musim memerlukan pengaturan dan perubahan laju air dan udara untuk mendapatkan efektifitas terbaik menara pendingin. Pengaturan dapat dilakukan dengan perubahan beban kontak air atau pengaturan sudut siripnya. Aturan termodinamika juga mengatakan bahwa panas yang dibuang dari air harus sama dengan panas yang diserap oleh udara sekitarnya. Oleh karena itu rumus berikut dapat digunakan :

$$L(T1 - T2) = G(h2 - h1)$$

$$L/G = (h2 - h1) / (T1 - T2)$$

Dimana :

L/G = perbandingan aliran massa cair terhadap gas (kg/kg)

$T1$ = suhu air panas ($^{\circ}C$)

$T2$ = suhu air dingin ($^{\circ}C$)

$h2$ = entalpi uap campuran udara – air pada suhu *wet-bulb* keluar (kJ/kg)

$h1$ = entalpi uap campuran udara – air pada suhu *wet-bulb* masuk (kJ/kg).

2.4. Jenis-Jenis Menara Pendingin

Bagian ini menjelaskan dua jenis utama menara pendingin: menara pendingin jenis *natural draft* dan jenis *mechanical draft*.

2.4.1 Menara pendingin jenis *natural draft*

Menara pendingin jenis *natural draft* atau hiperbola menggunakan perbedaan suhu antara udara ambien dan udara yang lebih panas dibagian dalam menara. Begitu udara panas mengalir ke atas melalui menara (sebab udara panas akan naik), udara segar yang dingin disalurkan ke menara melalui saluran udara masuk di bagian

bawah. Tidak diperlukan fan dan disana hampir tidak ada sirkulasi udara panas yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

dapat mempengaruhi kinerja. Kontruksi beton banyak digunakan untuk dinding

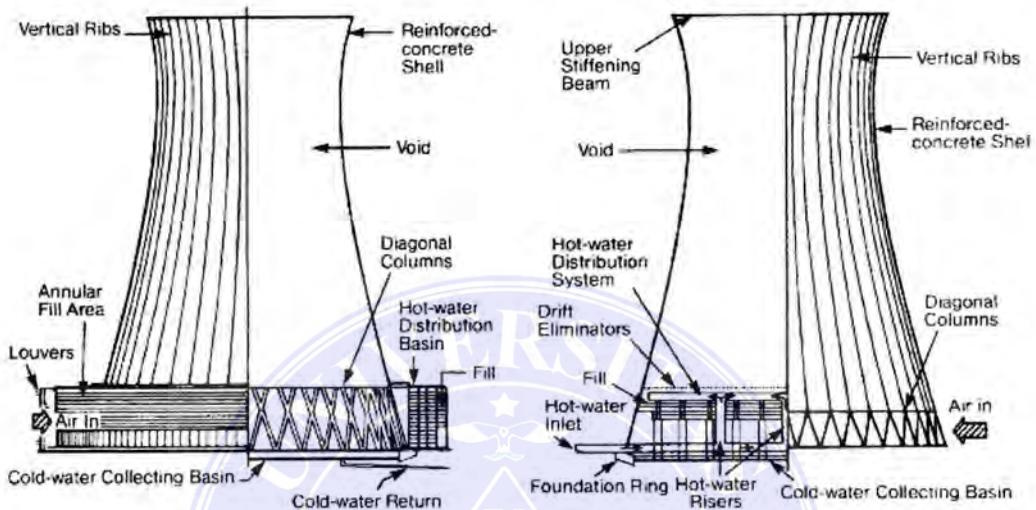
Document Accepted 7/12/23

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

menara dengan ketinggian hingga mencapai 200 m. Menara pendingin tersebut kebanyakan hanya digunakan untuk jumlah panas yang besar sebab struktur beton yang besar cukup mahal.



Gambar 2.7. Menara pendingin natural draft aliran melintang
(Gulf Coast Chemical Commercial Inc, 1995)

Terdapat dua jenis utama menara *natural draft*:

1. Menara aliran melintang (Gambar 2): udara dialirkan melintasi air yang jatuh dan bahan pengisi berada diluar menara.
2. Menara dengan aliran yang berlawanan arah (Gambar 3): udara dihisap melalui air yang jatuh dan oleh karena itu bahan pengisi terletak dibagian dalam menara, walaupun desain tergantung pada kondisi tempat yang spesifik.

2.4.2 Menara Pendingin *Draft* Mekanik

Menara *draft* mekanik memiliki fan yang besar untuk mendorong atau mengalirkan udara melalui air yang disirkulasi. Air jatuh turun diatas permukaan bahan pengisi, yang membantu untuk meningkatkan waktu kontak antara air dan

udara. Hal ini membantu dalam memaksimalkan perpindahan panas diantara

seperti diameter fan dan kecepatan operasi, bahan pengisi untuk tahanan sistim dll. Menara *draft* mekanik tersedia dalam range kapasitas yang besar.

Menara tersedia dalam bentuk rakitan pabrik atau didirikan dilapangan – sebagai contoh menara beton hanya bisa dibuat dilapangan. Banyak menara telah dibangun dan dapat digabungkan untuk mendapatkan kapasitas yang dikehendaki. Jadi, banyak menara pendingin yang merupakan rakitan dari dua atau lebih menara pendingin individu atau “sel”. Jumlah sel yang mereka miliki, misalnya suatu menara delapan sel, dinamakan sesuai dengan jumlah selnya. Menara dengan jumlah sel banyak, dapat berupa garis lurus, segi empat, atau bundar tergantung pada bentuk individu sel dan tempat saluran udara masuk ditempatkan pada sisi atau dibawah sel.

Tiga jenis menara draft mekanik (berdasarkan pada ARAH)

1. Menara pendingin *forced draft* :

Udara dihembuskan ke menara oleh sebuah fan yang terletak pada saluran udara masuk.

Keuntungan :

- a. Cocok untuk resistansi udara dengan blower sentrifugal
- b. Fan relatif tidak berisik

Kerugian :

- a. Resirkulasi karena kecepatan udara masuk yang tinggi dan udara keluar yang rendah, yang dapat diselesaikan dengan menempatkan menara diruangan pabrik digabung dengan saluran pembuangan

2. Menara pendingin aliran melintang *Induced draft* :

Air masuk pada puncak dan melewati bahan pengisi, Udara masuk dari

salah satu sisi (menara aliran tunggal) atau pada sisi yang berlawanan (menara

UNIVERSITAS MEDAN AREA

aliran ganda), Fan induced draft mengalirkan udara melintasi bahan pengisi menjusurlan keluar pada puncak menara.

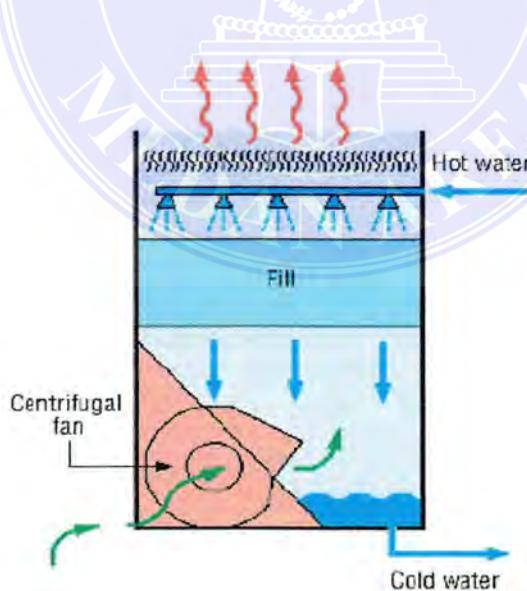
Keuntungan :

- a. Lebih sedikit resirkulasi dari pada menara forced draft sebab kecepatan keluarnya 3 hingga 4 kali lebih tinggi dari pada udara masuk

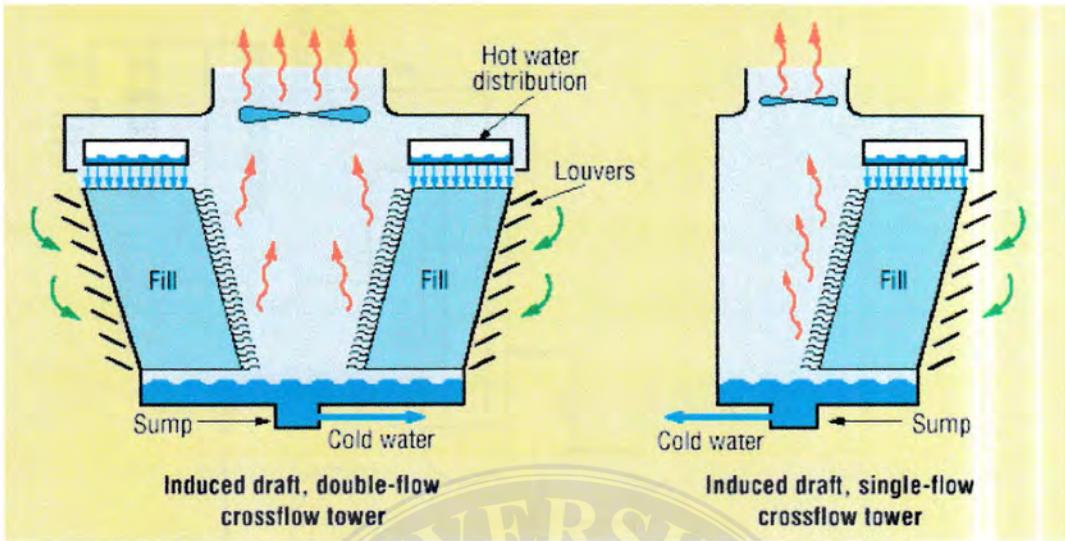
Kerugian :

- a. Fan dan mekanisme penggerak motor dibutuhkan yang tahan cuaca terhadap embun dan korosi sebab mereka berada pada jalur udara keluar yang lembab
3. Menara pendingin aliran berlawanan induced draft :

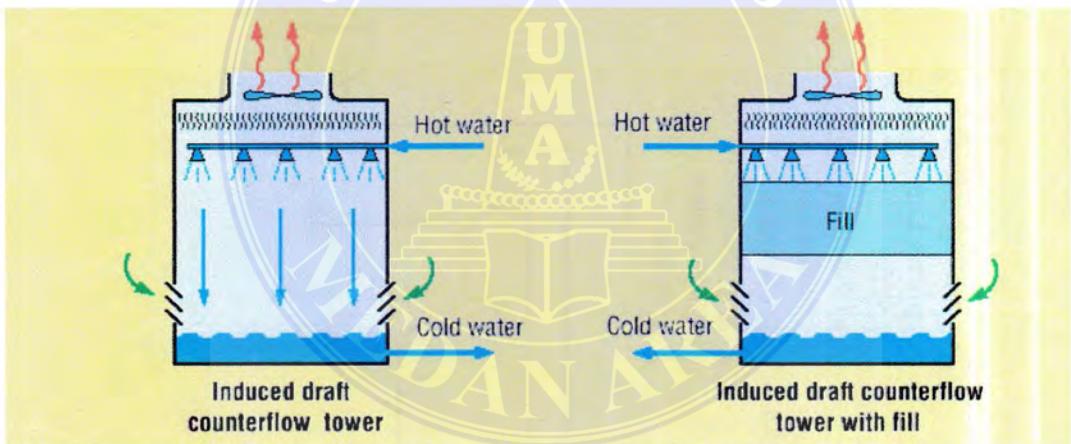
Air panas masuk pada puncak, udara masuk dari bawah dan keluar dari puncak, Menggunakan fan forced dan induced draft



Gambar 2.8 Menara Pendingin *Forced Draft*

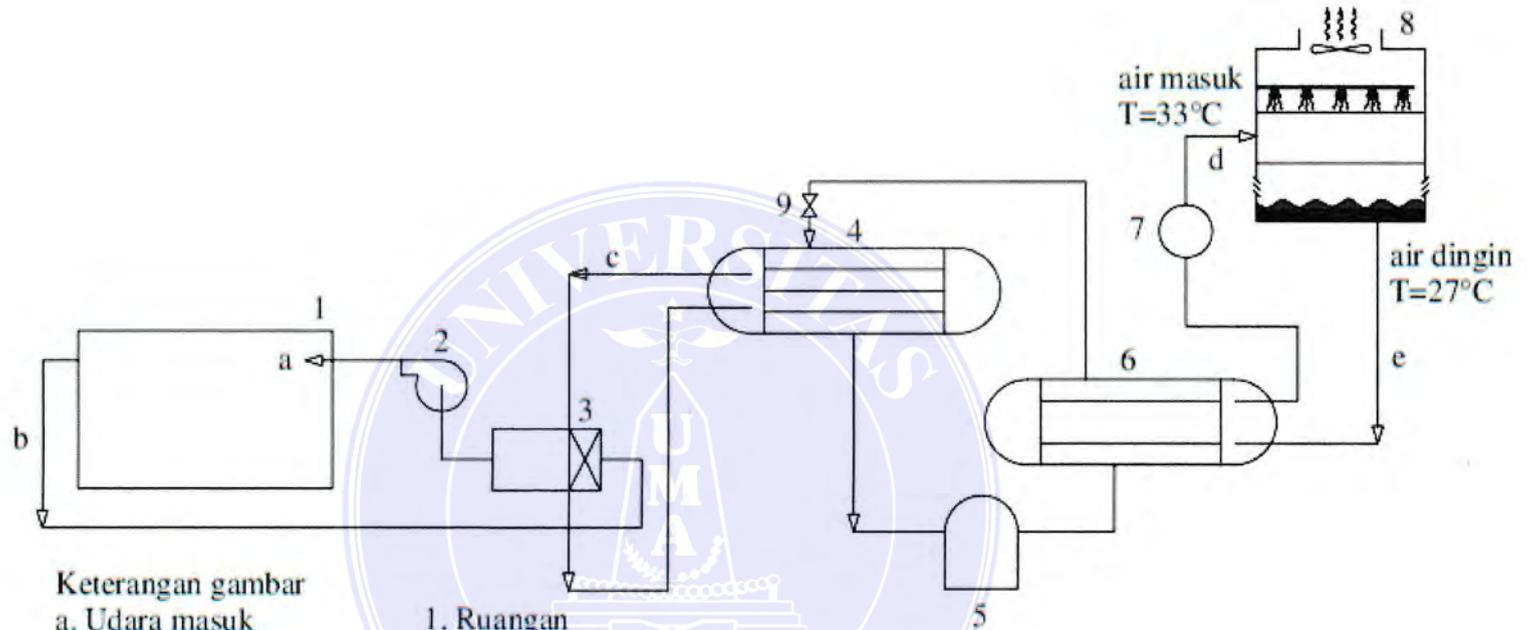


Gambar 2.9. Menara pendingin *induced draft* dengan aliran melintang



Gambar 2.10. Menara pendingin *induced draft* dengan aliran berlawanan

Gambar 2.11. Siklus sistem penyejukan udara dengan menara pendingin



Keterangan gambar

- a. Udara masuk
- b. Udara kembali
- c. Udara dingin
- d. Udara panas kondensor
- e. air dingin

- 1. Ruangan
- 2. Kipas Udara
- 3. Koil pendingin
- 4. Evaporator
- 5. Kompresor
- 6. Kondensor
- 7. Pompa
- 8. Menara pendingin
- 9. Katup ekspansi

2.5. Prinsip Refrigerasi

Refrigant adalah suatu medium yang fungsinya sebagai pengangkut panas, sehingga panas tersebut diserap dari evaporator (temperatur rendah) dan dilepaskan ke kondensor (temperatur tinggi). Proses penyerapan dan pelepasan panas dilakukan oleh sebuah sistem yang di namakan sistem refrigerasi, jadi dapat dikatakan bahwa teknik refrigerasi merupakan terapan teori perpindahan panas dan thermodynamika.

Pemilihan refrigerant pada mesin pendingin merupakan faktor yang merupakan karena dapat mempengaruhi efisiensi dari mesin itu sendiri. Unit – unit refrigerasi banyak dipergunakan untuk daerah yang luas, dari unit untuk keperluan pendingin udara sampai refrigerasi. Sementara itu teknik pengkondisian udara merupakan proses pemberlakuan udara untuk mengatur suhu kelembaban, kebersihan, guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan pada ruangan tersebut. Hal ini lah yang menyebabkan teknik refrigerasi dipisahkan dengan pengkondisian udara. Secara garis besar teknik pendingin bertujuan untuk :

1. Mengurangi atau menurunkan temperatur dari suatu zat.
2. Mengubah fasa suatu zat, dari suatu bentuk ke bentuk yang lain. Contoh : menjadi uap air.
3. Menjaga atau memelihara keadaan suatu zat atau ruangan di dalam suatu komdisi tertentu.
4. mengkondisikan udara dalam suatu ruangan pada kondisi tertentu.

2.6. Karakteristik Refrigerant

Untuk unit refrigerasi, hendaknya dapat dipilih jenis fefrigant yang paling sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai dan karakteristik Thermodynamika nya yang meliputi temperatur penguapan dan tekanan serta temperatur

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

pengembangan dan tekanan pengembunan.

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

2.6.1. Sifat – sifat refrigerant yang wajib

- a. Tekanan penguapan harus cukup tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator dan turunnya efisiensi Volumetrik karena naiknya kompresi.
- b. Tekanan pengembunan yang tidak terlampaui tinggi, apabila tekanannya terlalu rendah, maka perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah, sehingga penurunan prestasi kondensor dapat dihindarkan, selain itu dengan tekanan kerja yang lebih rendah, mesin dapat bekerja lebih aman karena kemungkinan terjadinya kebocoran, kerusakan, ledakan dan sebagainya menjadi lebih kecil.
- c. Kalor laten (fasa berubah) penguapan harus tinggi, refrigerant yang mempunyai kalor laten penguapan yang lebih tinggi lebih menguntungkan karena untuk kapasitas refrigasi yang sama, jumlah refrigerant yang bersikulasi menjadi lebih kecil.
- d. Volume spesifik (terutama dalam fasa gas) yang cukup kecil. Refrigerant dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik gas yang kecil (berat jenis yang besar) akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume langkah torak yang lebih kecil. Dengan demikian untuk kapasitas refrigasi yang sama ukuran unit refrigasi yang bersangkutan menjadi lebih kecil. Namun, untuk unit pendingin air sentrifugal yang lebih kecil dikehendaki refrigerant dengan volume spesifik yang agak besar. Hal tersebut di tersebut diperlukan untuk menaikkan jumlah gas yang bersikulasi, sehingga dapat mencegah menurunnya efisiensi kompresor sentrifugal.

- e. Koefisien prestasi harus tinggi, dari segi karakteristik Termodinamika dari refrigerant, koefisien prestasi merupakan parameter yang terpenting untuk menentukan biaya operasi.
- f. Konduktifitas termal yang tinggi, konduktivitas termal sangat penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor.
- g. Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa uap. Dengan turunnya tahanan aliran refrigerant dalam pipa, kerugian tekanannya akan berkurang.
- h. Konstanta dielektrika dari refrigerant yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik.
- i. Refrigerant hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai, jadi juga tidak menyebabkan korosi.
- j. Refrigerant tidak boleh beracun dan berbau merangsang.
- k. Refrigerant tidak boleh mudah terbakar.

2.7. Klasifikasi Refrigerant.

Aplikasi (penerapan) teknik refrigasi dapat dikelompokkan dalam enam (6) kategori yaitu :

2.7.1. Refrigerant untuk rumah tangga.

Biasanya digunakan untuk rumah tangga. Refrigrasi ini terbatas ruang lingkungannya namun cukup banyak digunakan masyarakat, jadi refrigasi ini domestik ini biasanya dibuat ukuran kecil dengan daya antara 30 watt – 800 watt. Contohnya :

- a. Household refrigerator, seperti mesin kulkas pada rumah tangga.
- b. Unit air conditioner, seperti mesin AC pada rumah tangga.
- c. Small domestik Freezer, seperti mesin kulkas es.

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Small Water Cooler, seperti pada mesin pendingin pada ruangan kecil.

2.7.2 Refrigerasi untuk keperluan Komersial (Commercial Refrigeration)

Refrigerasi jenis ini penggunaannya sama dengan refrigasi domestik, yang membedakannya hanya pada ukurannya yang lebih besar dibandingkan dengan refrigerasi domestik, dan bentuknya di desain agar dapat berfungsi sebagai tempat memasang produk, hal ini biasa dilihat pada :

- e. Cool storage room dan warehouse cold stroge.
- f. Es skating seperti lapangan pertunjukkan ski es.
- g. Display cabinet.
- h. Dan lain – lain.

2.7.3 Refrigerasi Industri (Industrial Refrigeration)

Refrigerasi industri merupakan jenis dengan penggunaan yang lebih besar sehingga refrigerasi ini memerlukan operator dalam pengoperasiannya.

Banyak contoh penggunaan refrigerasi ini, yang antara lain :

- a. Gudang pendingin barang atau pengawet bahan makanan.
- b. Pabrik pembuatan es balok.
- c. Industri minyak nabati.
- d. Peti kemas.
- e. Pendingin awal bahan beton.
- f. Industri kimia.
- g. Industri minuman.

2.7.4 Refrigerasi Untuk Tranportasi Pengangkutan (Machine and Transportation Refrigeration).

Perlu dijelaskan bahwa pengkondisian udara untuk kendaraan yang di kondisikan misalnya: bis, kabin mesin penderek, pesawat terbang, kapal laut.

2.7.5 Pengkondisian Udara (Air Conditioning)

Seperti yang dijelaskan di atas bahwa pengkondisian udara lebih besar dari sekedar menurunkan temperatur seperti halnya pada sistem refrigerasi yang umum, tetapi pengkondisian udara perlu mempertimbangkan beberapa hal antara lain kelembaban dari sirkulasi udara sehingga menciptakan udara yang nyaman (comfort air conditioning). Pengkondisian udara ini cukup luas pemakaiannya seperti halnya pada perumahan, pertokoan, kampus, rumah sakit, hotel, restaurant, dan lain – lain.

2.7.6 Pengkondisian Udara Untuk Industri (Industrial Air Conditioning)

Pengkondisian udara untuk industri ini sama juga halnya dengan penjelasan diatas, tetapi pengkondisian udara untuk industri ini dimaksudkan untuk mendapatkan keadaan udara yang sesuai dengan proses produksi.

Aplikasi pengkondisian udara untuk industri sebagai contoh pada pabrik pengawetan dan pengemasan udang. Di mana ruangan tersebut harus dijaga sirkulasi udaranya agar tidak memungkinkan bagi bakteri untuk masuk dan berkembang seperti juga pada pabrik pembuatan peralatan logam yang presisi, pengkondisian udara disini mempunyai fungsi untuk menjaga keseragaman suhu agar logam tidak memuai, dan penyaringan udara sehingga bebas dari debu, jadi secara umum pengkondisian udara pada industri ini berfungsi sebagai :

- a. Mengontrol kandungan uap air.
- b. Mengontrol rasio kimia dan bio kimia.
- c. Menjaga kebersihan udara sirkulasi.

Klasifikasi utama dari refrigerant :

1. Hydrofluorocarbons (HFC_s), hanya berisi atom hidrogen, fluorine, dan carbon, tidak menyebabkan lapisan ozon menipis. Kelompok HFC_s adalah R134a, R32, R245_{ca}.
2. HFC_s campuran azeotropic atau HFC_s azeotropic. Azeotropic adalah suatu zat campuran multi komponen dari refrigerant yang mudah menguap dan tidak mengembun dan tidak berubah komposisi volumetriknya atau temperatur jenuh jika zat tersebut menguap atau mengembun pada tekanan konstan. HFC_s azeotropic dapat bercampur dengan refrigerant HFC_s . ASHRAE menetapkan angka antara 500 dan 599 untuk azeotropic. HFC_s azeotropic R507, campuran dari R125/R143, biasa dipergunakan untuk refrigerant pada sistem pengondisian udara kompresi uap temperatur rendah.
3. HFC_s hampir berupa azeotropic, adalah campuran refrigerant yang karakteristiknya hampir berupa azeotropic, sebab perubahan komposisi volumetrik atau temperatur jenuh cukup kecil untuk mendekati azeotropic, seperti yang demikian, pada temperatur 1 – 2⁰F, dan itu dinamakan HFC_s mendekati azeotropic. ASHRAE menetapkan angka antara 400 dan 499 untuk azeotropic untuk R404a (R125/R134a) dan R407b (R32/R125/R134a) adalah kelompok yang mendekati HFC_s azeotropic. Refrigerant ini secara luas digunakan pada sistem pendingin kompresi uap.
4. Hydrofluorocarbons (HCFC_s) zeotropic. HCFC_s mengandung atom hidrogen, chlorine, fluorine dan carbon dan tidak sepenuhnya halogenated. HCFC_s

UNIVERSITAS MEDAN AREA

memiliki waktu yang lama untuk hidup di atmosfer (selama hampir satu Document Accepted 7/12/23

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan penelitian, pendidikan dan komunikasi yang tidak

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (Repository.uma.ac.id)7/12/23



lapisan ozon (ODP 0.02 – 0.1). R22, R123, R124 dan seterusnya adalah kelompok HCFC_s. HCFC_s secara di mana – mana selalu di gunakan. HCFC_s hampir berupa azeotropic dan HCFC_s zeotropic adalah campuran dari HCFC_s zeotropic adalah campuran dari HCFC_s dengan HFC_s.

5. Campuran Inorganik. Campuran ini digunakan pada tahun 1931, seperti amonia R717, water R718 dan udara R729. kelompok ini masih di gunakan karena tidak mengakibat kan tidak mengakibat kan tipisnya lapisan ozon. Amoniak hanya di gunakan untuk keperluan di industri saja karena sifat nya beracun dan mudah terbakar, dilarang untuk digunakan secara umum. Campuran inorganik oleh ASHRAE di tetapkan dengan nomor 700 dan 799.
6. Chorofluorocarbons, Halon dan zeotropic. CFC_s hanya memiliki kandungan atom chorine, fluorine dan carbon. CFC_s memiliki waktu yang lama untuk hidup di atmosfer dan menyebabkan tipis nya lapisan ozon (ODP 0.6 – 1). Kelompok refrigrant ini adalah R11, R12, R113, R114, R115 dan sejenis nya. Halon atau BFC_s terdiri dari atom bromid, flourine dan carbon. Termasuk ke dalam kelompok ini adalah R131 dan R12B1. Jenis ini sangat tinggi untuk merusak dan mengakibatkan tipis nya lapisan ozon (ODP R13B1=10). Sejak tahun 1995, R13B1 digunakan untuk sistem pengkondisian udara kompresi uap dengan temperatur yang sangat rendah.

2.8. Klasifikasi Siklus Refrigrasi

Seperti yang telah dijelaskan bahwa refrigerasi itu merupakan suatu proses penyerapn panas, dalam sistem refrigerasi di gunakan fluida kerja yang dinamakan

refrigeran, yang kemudian akan disirkulasikan melalui perlenkapan

sistem refrigasi dan akan merupakan mesin penyerap panas.

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

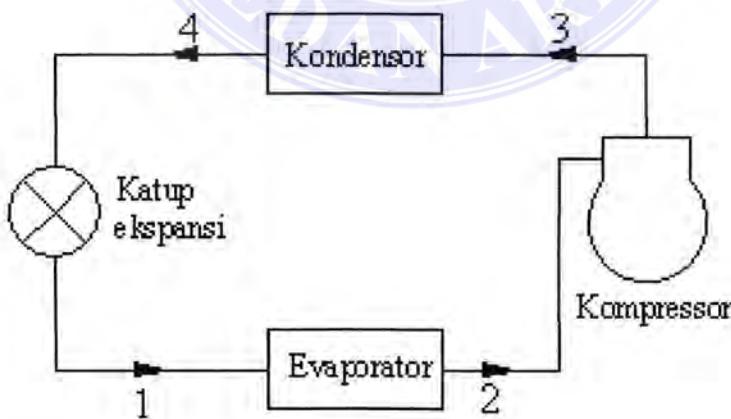
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Pada umumnya sistem refrigerasi ini merupakan siklus tertutup, sehingga panas yang diserap oleh media pendingin (refrigerant) akan dibuang melalui peralatan yang ada dalam sistem dan refrigerant akan terus bersikulasi melalui peralatan-peralatan pendukung, sistem ini tanpa berhubungan dengan udara luar. Berdasarkan proses yang dialami refrigerant, siklus dapat dibedakan atas :

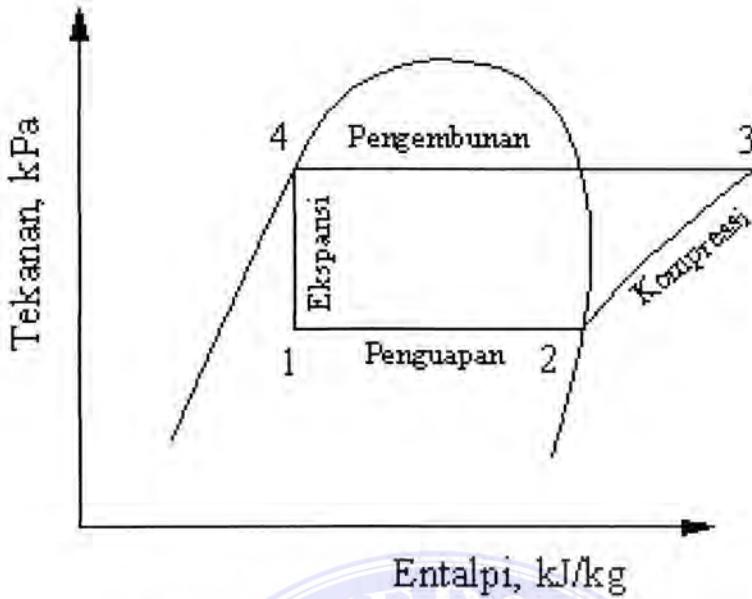
1. Siklus Kompresi Uap (Vapour Compression Cycle)
2. Siklus Pancaran Uap (Steam Jet Refrigeration Cycle)
3. Siklus Udara (Air Refrigeration Cycle)
4. Siklus Absorpsi (Absorption Refrigeration Cycle)

2.8.1 Siklus Kompresi Uap

Sistem pendingin siklus kompresi uap merupakan daur ulang yang terbanyak digunakan di dalam daur refrigerasi. Pada daur ini terjadi proses kompresi (1 ke 2), pengembunan (2 ke 3), ekspansi (3 ke 4), dan penguapan (4 ke 1) seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.12 Diagram alir siklus kompresi uap



Gambar 2.13. Diagram Termodinamika siklus kompresi uap

Kompresi menghisap uap refrigerant dari sisi keluar evaporator, tekanan dan temperatur di usahakan tetap rendah agar refrigerant senantiasa berada dalam fase gas, di dalam kompresor, uap refrigerant di tekan (di kompresi) sehingga tekanan dan temperatur tinggi. Energi yang diperlukan untuk kompresi energi diberikan oleh motor listrik atau penggerak mula lainnya. Jadi, dalam proses kompresi energi di berikan kepada uap refrigerant. Pada waktu uap refrigerant di hisap masuk ke dalam kompresor, temperatur masih rendah akan tetapi selama proses kompresi berlangsung, temperatur dan tekanan naik.

Setelah proses kompresi, uap refrigerant mengalami proses kondensasi pada kondensor. Uap refrigerant yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dicairkan sengan media pendinginnya fluida air atau 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 temperatur nya menjadi lebih tinggi

UNIVERSITAS MEDAN AREA
pada waktu keluar dari kondensor, selama refrigerant mengalami perubahan fase gas

(uap) ke fase cair. Tekanan dan temperatur konstan, oleh karena itu pada proses ini refrigerant mengeluarkan energi dalam bentuk panas.

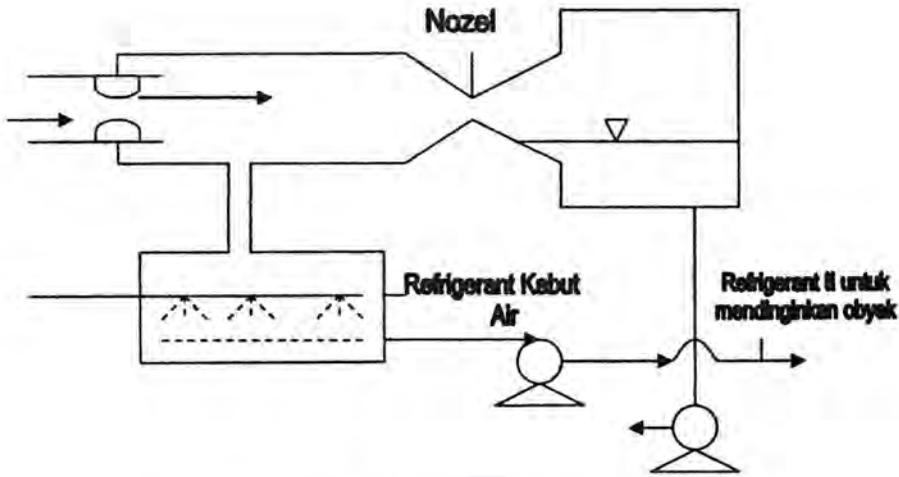
Untuk menurunkan tekanan refrigerant cair dari kondensor di gunakan katup ekspansi atau pipa kapiler. Melalui katup ekspansi, refrigerant mengalami proses evaporasi, yaitu proses penguapan cairan refrigerant pada tekanan dan temperatur rendah, proses ini terjadi pada evaporator. Selama proses evaporasi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

Dimana proses kerjanya :

- 1 – 2. Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap di evaporator, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.
- 2 – 3. Kompresi adiabatik dan reversibel di kompresor, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.
- 3 - 4. Pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan di kondensor, menyebabkan penurunan panas-lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrijeran.
- 4 - 1. Ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan di katup ekspansi, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.

2.8.2 Siklus Pancaran Uap

Siklus ini di terapkan apabila temperatur pengkondisian berada sedikit lebih tinggi dari 32⁰F. Batas ini di tetapkan oleh titik beku air dan merupakan fluida kerja pada siklus ini.



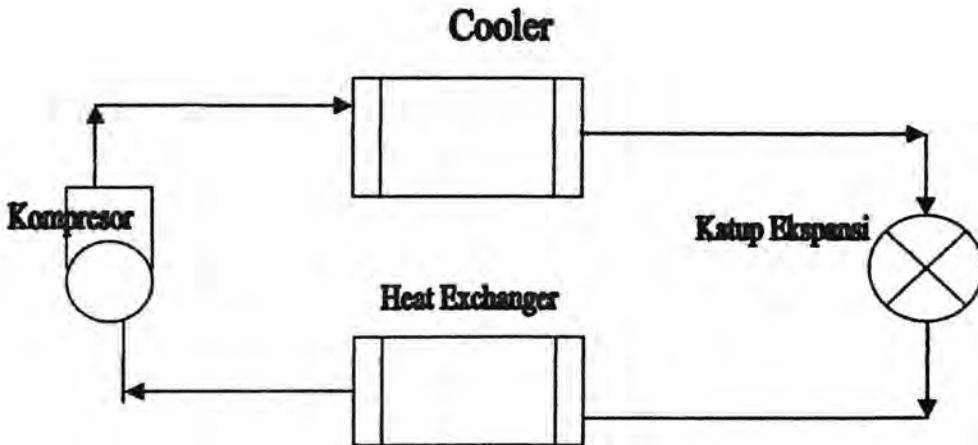
Gambar 2.14. Siklus Pancaran Uap

Pada sistem ini digunakan boiler yang memasukkan uap. Uap ini akan di alirkan melalui sebuah nozzle. Sehingga energi potensial uap uap berubah menjadi energi kinetis. Energi kinetis ini digunakan untuk menarik katup air dari flash chamber sehingga temperatur turun. Berarti dalam hal ini katup air yang berubah menjadi uap berfungsi sebagai refrigerant utama, sambil menyerap panas dari ruang flash chamber, sehingga air di dalam flash chamber turun. Air ini berfungsi sebagai refrigerant kedua pancaran uap dan refrigerant uap akan bercampur dalam kondensor sehingga terjadi kondensasi.

2.8.3 Siklus Udara (Air Cycle Refrigeration)

Pada sistem pendingin ini, refrigerant yang di gunakan adalah udara, dalam siklusnya udara tetap pada fasa gas. Refrigerant ini membutuhkan peralatan antara lain :

1. Kompresor
2. Cooler



Gambar 2.15. Siklus Udara

a. Kompresor

Fungsinya menaikkan tekanan udara sehingga dapat mengalir melalui katup ekspansi.

b. Cooler

Fungsinya untuk melepaskan panas dari udara, akibat kerja yang diberikan oleh kompresor, cooler ini merupakan sebuah heat exchanger sehingga fluida pendinginnya dapat digunakan udara atau air.

c. Katup ekspansi

Fungsinya menurunkan tekanan, penurunan tekanan ini akan diikuti pula penurunan temperatur, sehingga setelah melalui katup ini fluida sudah pada temperatur dingin.

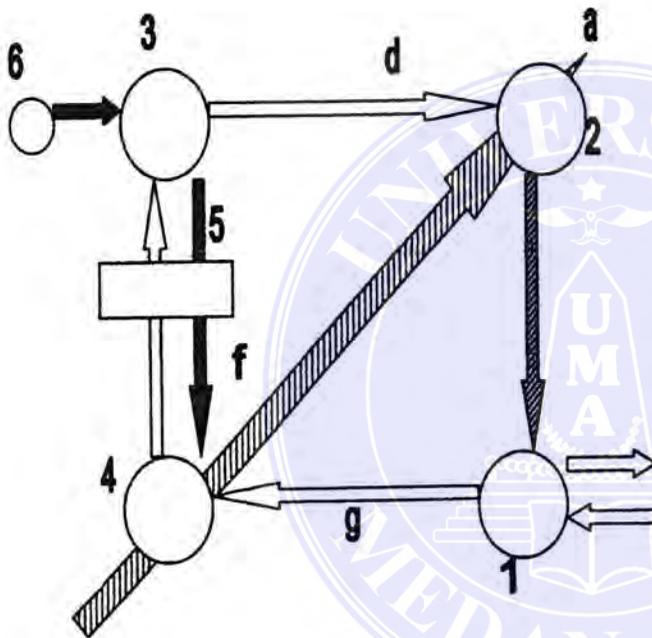
d. Heat exchanger

Udara dingin di katup ekspansi mengalir ke sebuah heat exchanger yang di letakkan di dalam sistem yang akan di kondisikan, udara ini akan menyerap panas dari sistem sehingga temperaturnya hampir sama dengan temperatur

2.8.4 Siklus Absorpsi (Absorbition Refrigeration Cycle)

Siklus ini hampir sama dalam beberapa hal dengan daur kompresi uap sebuah siklus refrigerasi absorpsi beroperasi dengan kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Namun pada siklus refrigerasi digunakan fluida kerja. Gambar di bawah ini menunjukkan sebuah diagram alir untuk siklus refrigerasi absorpsi suatu refrigerasi uap konvensional di ganti dengan suatu perangkat generator.

Keterangan gambar :



- 1. Evaporator
- 2. Kondensor
- 3. Generator
- 4. Absorber
- 5. Heat Exchanger
- 6. Boiler
- a. Air pendingin
- b. Air dingin (Second Refrigan)
- c. Refrigan Air
- d. Uap refrigerant
- e. Larutan encer
- f. Larutan pkat
- g. Uap air

Gambar 2.16. Mesin Refrigerasi Absorpsi

Fluida dari sistem yang di tunjukkan sebagai amonia. Di absorpsi kan oleh air pada suatu tekanan rendah, larutan $NH_3 - H_2O$ memounyai enthalpi yang lebih rendah dari $NH_3 - H_2O$ jika berada sendiri – sendiri secara terpisah dan dengan demikian energi haruslah dikeluarkan sebagai panas (Q) untuk menimbulkan proses absorpsi.

Larutan air kemudian di pompakan ke suatu tekanan tinggi di mana dalam

UNIVERSITAS MEDAN AREA
gUNIVERSITAS MEDAN AREA dari larutan denagn menambahkan energi sebagai panas

(Q) amonia mengalir terus di dalam dan sebagai refrigerasi konvensional dan air di kembalikan ke kondensor.

Susunan demikian merupakan pelaksanaan proses penekanan terhadap suatu cairan ketimbang terhadap suatu uap. Oleh karena itu, kebutuhan akan pompa kerja lebih kecil dari pada suatu sistem kompresi uap. Namun siklus ini memerlukan sistem pembuangan panas yang lebih besar.



BAB III

PEMBAHASAN

Bahan pendingin yang diperhitungkan untuk menentukan besarnya kapasitas mesin pendingin/penyegar udara, beban kalor yang di perhitungkan terdiri dari :

1. Beban kalor pendingin
2. Beban kalor alat penyegar udara

3.1. Beban Kalor Pendingin

Beban kalor yang harus di atasi oleh udara yang keluar dari alat penyegar adalah panas sensibel dan panas laten, supaya kondisi udara di dalam ruangan dapat di pertahankan pada kondisi (temperatur dan kelembapan) yang di inginkan.

Perolehan kalor secara konveksi di sini terjadi karena adanya perambatan panas yang berasal dari dinding akibat adanya perbedaan temperatur luar ruangan dengan temperatur udara dalam ruangan.

Pada ruangan ini memiliki beberapa lapisan dinding memiliki nilai konduktifitas thermal yang berbeda - beda sesuai dengan jenis bahan lapisan dinding tersebut.

Untuk menghitung laju aliran panas pada ruangan yang akan di kondisikan terlebih dahulu menghitung volume ruangan, dengan rumus :

$$v = P \times L \times T$$

dimana , P panjang ruangan = 10 m

L lebar ruangan = 10 m

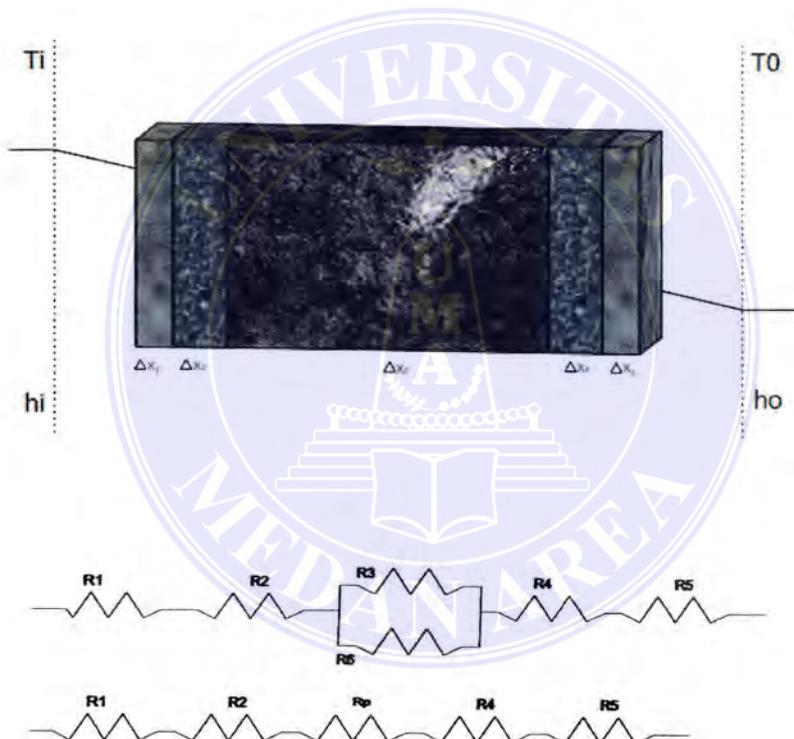
T tinggi ruangan = 4 m

Maka : $v = P \times L \times T$

$$= 10\text{m} \times 10\text{m} \times 4\text{m}$$

$$= 400\text{m}^3$$

Dengan mengetahui volume dari ruangan yang akan di kondisikan untuk laju aliran perpindahan panas pada dinding ruangan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Analogi Listrik untuk Instalasi dinding

Dimana : R = konduktifitas thermal bahan

R_p = konduktifitas thermal bahahn total secara parallel

$R_3 = R_6 =$ Konduktifitas thermal batu bata = 0.69 W/m.K

$$\text{Maka : } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{0.69} + \frac{1}{0.69}$$

$$h \frac{1}{R_p} = 2.9895507$$

$$R_p = 0.345 \text{ W/m.K}$$

Dinding ruangan terdiri dari :

1. Lapisan pertama : Plester
Ketebalan : 0.5 cm = 0.005 m
2. Lapisan kedua : Semen + pasir (beton, sinder)
Ketebalan : 1 cm = 0.01 m
3. Lapisan ketiga : Batu Bata
Ketebalan : 10 cm = 0.1 m
4. Lapisan keempat : Semen + pasir (beton, sinder)
Ketebalan : 1 cm = 0.01 m
5. Lapisan kelima : Plester
Ketebalan : 0.5 cm = 0.005 m

Maka tebal dinding ruangan adalah

$$\begin{aligned} T_d &= x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \\ &= 0.5\text{cm} + 1\text{cm} + 10\text{cm} + 1\text{cm} + 0.5\text{cm} = 13\text{cm} \approx 0.13\text{m} \end{aligned}$$

Untuk menghitung laju perpindahan panas pada dinding tabung sebagai berikut :

$$Q = u \times A \times \Delta t \quad (2-13)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan panas (W)

u = Koefisien perpindahan kalor total $W/m.K$

A = Luas penampang dinding = $40M^2$

Δt = Perbedaan suhu luar dengan dalam ($t_o - t_i$) ($^{\circ}C$)

Untuk :

$$u = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{\sum x}{k} + \frac{1}{h_i}}$$
$$\frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{\Delta x_3}{k_3} + \frac{\Delta x_4}{k_4} + \frac{\Delta x_5}{k_5} + \frac{1}{h_i}}$$

Dimana :

K_1 = konduktifitas termal bahan plester = $0.48 W/m.K$

k_2 = konduktifitas termal bahan beton = $0,78 W/m.K$

k_p = konduktifitas termal bahan ekivalent(pararel) = $0,345 W/m.K$

k_4 = konduktifitas termal bahan beton = $0.78 W/m.K$

k_5 = konduktifitas termal bahan plester = $0.48 W/m.K$

h_o = koefisien konveksi lapisan film udara luar ($W/m^2.K$)

h_i = koefisien konveksi lapisan film udara dalam ($W/m^2.K$)

Untuk mencari koefisien konveksi perpindahan panas udara luar (h_o)

sebagai berikut :

Temperatur udara luar ruangan (di asumsikan) : $32^{\circ}C$.

Maka hasil dari tabel di dapat sifat – sifat udara pada temperatur 32°C,
adalah sebagai berikut :

$$\mu = \text{viskositas dinamik udara} = 2.0521 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$\rho = \text{densitas udara} = 1.01594 \text{ kg/m.s}$$

$$k = \text{konduktifitas} = 0.022829 \text{ W/m.K}$$

$$Pr = \text{Bilangan Prandtl} = 0.6981$$

Untuk mencari besarnya lapisan film udara sebelah luar dinding (h_o) dapat
dicari dengan rumus :

$$Re = \frac{v \times p \times \rho}{\mu} \quad (5 - 6)$$

Dengan ; v = data yang di peroleh kecepatan udara rata – rata. = 0.25 m/s.

$$P = \text{tinggi dinding} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } Re &= \frac{0.25 \text{ m/s} \times 4 \text{ m} \times 1.01594 \text{ kg/m.s}}{2.0521 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}} \\ &= 49507.3339 \end{aligned}$$

Perhitungan menunjukkan aliran Turbulen.

Untuk mencari Nu dipergunakan

$$Nu = 0.664 \cdot Pr^{0.33} \cdot Re^{0.5} \quad (5-46)$$

Dimana :

$$Re = \text{Bilangan Reynold}$$

$$Pr = \text{Bilangan Prandtl}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } Nu &= 0.664 \cdot (0.6981)^{0.33} \cdot (49507.3339)^{0.5} \\ &= 131.218 \end{aligned}$$

Sehingga koefisien konveksi perpindahan panas menyeluruh adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_o &= Nu \frac{k}{L} \quad (W/m^2.K) \quad (5-46b) \\ &= 131.219 \frac{0.022829}{4} \\ &= 0.748 \quad W/m^2.K \end{aligned}$$

Untuk mencari koefisien konveksi perpindahan panas udara dalam (hi) sebagai berikut :

Dari tabel di dapat sifat – sifat udara pada temperatur 20°C,

$$\mu = \text{viskositas dinamik udara} = 1.52439 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$\rho = \text{densitas udara} = 1.3798 \text{ kg/m.s}$$

$$k = \text{konduktifitas} = 0.022829 \text{ W/m.K}$$

$$Pr = \text{Bilangan Prandtl} = 0.72004$$

Dimana (v) di asumsikan 0.2 m/s karena sirkulasi udara di kondisikan, dan P adalah tinggi Binding = 3 m Maka

Maka :

$$\begin{aligned} Re &= \frac{0.2 \text{ m/s} \times 4 \text{ m} \times 1.3798 \text{ kg/m}^3}{1.52439 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}} \\ &= 72411.915 \quad (\text{Aliran Turbulen}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka: } Nu &= 0.664 \cdot Pr^{0.33} \cdot Re^{0.5} \\ &= 0.664 \cdot (0.72004)^{0.33} \cdot (72411.915)^{0.5} = 160.324 \end{aligned}$$

Maka :

$$h_i = Nu \frac{k}{L}$$

$$= 160.324 \frac{0.022829}{4} W/m^2.K$$

$$= 0.9146 W/m^2.K$$

Untuk koefisien perpindahan panas menyeluruh (u) yang telah dirumuskan dapat dicari nilai nya :

$$u = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{\Delta x_3}{k_3} + \frac{\Delta x_4}{k_4} + \frac{\Delta x_5}{k_5} + \frac{1}{h_i}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{0.74884} W/m^2.K + \frac{0.005m}{0.48 W/m.K} + \frac{0.01m}{0.76 W/m.K} + \frac{0.1m}{0.345 W/m.K} + \frac{0.01m}{0.76 W/m.K} + \frac{0.005m}{0.48 W/m.K} + \frac{1}{1.0561} W/m^2.K}$$

Besarnya laju aliran kalor pada dinding ruangan, sebagai berikut :

$$Q = u \times A \times \Delta t$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

U = koefisien perpindahan kalor total ($W/m^2.K$)

A = Luas penampang = $40 m^2$

Δt = perbedaan temperatur luar dengan dalam ($t_o - t_i$) ($^{\circ}C$)

t_o = temperatur udara luar = $32^{\circ}C$

t_i = temperatur udara dalam = $20^{\circ}C$

$$Q = 0.36156 W/m^2.K \times 40m^2 \times (32^{\circ}c - 20^{\circ}c)$$

$$= 173.553 \text{ Watt}$$

$$= 0.1735 \text{ kW}$$

3.1.1. Panas melalui atap ruangan.

Lapisan atap ruangan yang dikondisikan udaranya terbuat dari bahan

1. Lapisan pertama : Beton
Ketebalan : 0.1 m
2. Lapisan kedua : Plester, gypsum
3. Ketebalan : 0.005 m.

Untuk menghitung laju perpindahan panas pada atap ruangan adalah:

$$Q = u \times A \times \Delta t$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

U = koefisien perpindahan kalor total ($W/m^2.K$)

A = Luas penampang = 100 m²

Δt = perbedaan temperatur luar dengan dalam ($t_o - t_i$) (°C)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{1}{h_i}}$$

Dimana :

Δx_1 = Ketebalan lapisan pertama = 0.1 m

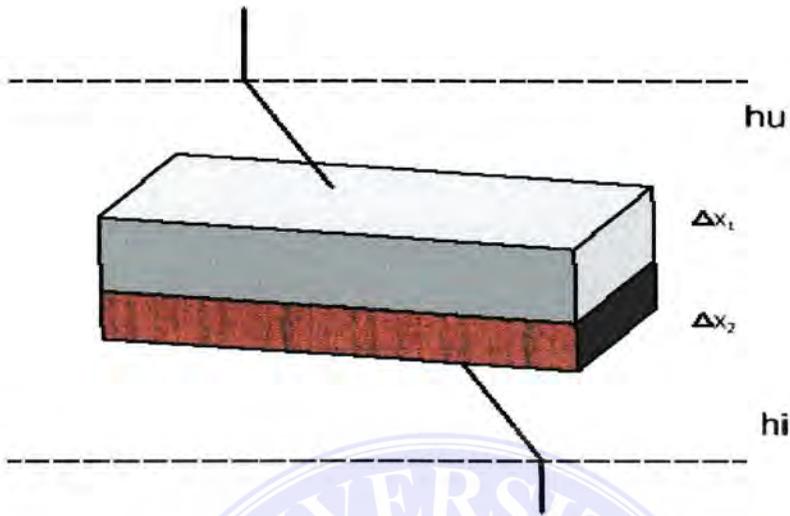
Δx_2 = Ketebalan lapisan kedua = 0.005 m

K_1 = konduktifitas termal bahan beton = 0.76 $W/m.K$

k_2 = konduktifitas termal bahan plester, gypsum = 0,48 $W/m.K$

h_o = koefisien konveksi lapisan film udara luar ($W/m^2.K$)

h_i = koefisien konveksi lapisan film udara dalam ($W/m^2.K$)



Gambar 3.2. Lapisan dan Analogi listrik atap ruangan

Untuk mengetahui koefisien konveksi perpindahan panas udara. luar (h_o)

32°C, dari tabel didapat data – data, sebagai berikut :

$$\mu = \text{viskositas dinamik udara} = 2.0521 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$\rho = \text{densitas udara} = 1.01594 \text{ kg/m}^3$$

$$k = \text{konduktifitas} = 0.022829 \text{ W/m.K}$$

$$Pr = \text{Bilangan Prandtl} = 0.6981$$

Sehingga untuk mencari pengatur lapisan film udara luar ruangan dapat di cari

dengan rumus :

$$Re = \frac{v \times \rho \times \mu}{\mu}$$

Dengan v adalah data, kecepatan udara rata – rata 0.25 m/s .

Maka :

$$Re = \frac{0.25 \text{ m/s} \times 4 \text{ m} \times 1.01594 \text{ kg/m}^3}{2.0521 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}}$$
$$= 49507.333$$

Maka :

$$Nu = 0.664 - Pr^{0.33} - Re^{0.5}$$

$$Nu = 0.664 \cdot (0.6981)^{0.33} \cdot (49507.333)^{0.5}$$
$$= 131.3186$$

Didapat :

$$ho = Nu \frac{k}{L}$$
$$= 131.2186 \frac{0.022829}{4}$$
$$= 0.7488 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Untuk mencari koefisien konveksi perpindahan panas udara dalam (hi) sebagai berikut :

Dari tabel di dapat sifat – sifat udara pada temperatur 20°C,

$$\mu = \text{viskositas dinamik udara} = 1.52439 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$$

$$p = \text{densitas udara} = 1.3798 \text{ kg/m.s}$$

$$k = \text{konduktifitas} = 0.022829 \text{ W/m.K}$$

$$Pr = \text{Bilangan Prandtl} = 0.72004$$

Dimana (v) di asumsikan 0.2 m/s karena sirkulasi udara di kondisikan, dan

P adalah tinggi Binding = 3 m Maka

$$\text{Maka : } Re = \frac{0.2 \text{ m/s} \times 4 \text{ m} \times 1.3798 \text{ kg/m}^3}{1.52439 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.s}}$$

$$= 72411.915 \quad (\text{Aliran Turbulen})$$

Maka:

$$\begin{aligned} Nu &= 0.664 \cdot Pr^{0.33} \cdot Re^{0.5} \\ &= 0.664 \cdot (0.72004)^{0.33} \cdot (72411.915)^{0.5} = 160.324 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} hi &= Nu \frac{k}{L} \\ &= 160.324 \frac{0.022829}{4} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \\ &= 0.9146 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Untuk koefisien perpindahan panas menyeluruh (u) yang telah di rumuskan dapat di cari nilainya :

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{\frac{1}{ho} + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \frac{1}{hi}} \\ &= \frac{1}{\frac{7}{0.748897} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + \frac{0.1m}{0.76 \text{ W/m} \cdot \text{K}} + \frac{0.005m}{0.48 \text{ W/m} \cdot \text{K}} + \frac{1}{0.91465} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}} \\ &= 0.3890 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Besar nya laju aliran kalor pada atap ruangan sebagai berikut :

$$Q = u \times A \times \Delta t$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

U = koefisien perpindahan kalor total ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)

A = Luas penampang = 100 m^2

Δt = perbedaan temperatur luar dengan dalam ($t_o - t_i$) ($^{\circ}C$)

t_o = temperatur udara luar = $32^{\circ}C$

t_i = temperatur udara dalam = $20^{\circ}C$

$$\begin{aligned} \text{Maka } Q &= 0.389013 \frac{W}{m^2 \cdot K} \times 100m^2 \times (32^{\circ}C - 20^{\circ}C) \\ &= 466.8156 \text{ W} = 0.4668 \text{ kW} \end{aligned}$$

3.2. Beban Kalor Dari Dalam Ruangan.

Pada ruangan yang udara dalamnya dikondisikan menjadi $20^{\circ}C$ memiliki sumber – sumber utama panas dalam ruangan. Sumber – sumber utama perolehan panas dari dalam ruangan, adalah

1. Lampu – lampu
2. Penghuni

3.2.1. Lampu (Panas Radiasi)

Pada ruangan terdapat 9 lampu (*fluorescent*), setiap lampu memiliki daya lampu 40 Watt. Yang terpasang secara tergantung bebas dan di beri lubang angin. Perolehan kalor pada lampu – lampu tersebut dapat di hitung dengan rumus :

$$Q = (\text{daya lampu, Watt}) (F_u) (F_b) (CLF)$$

Dimana :

F_u = Faktor penggunaan lampu atau fraksi penggunaan lampu yang terpasang.

F_b = Faktor balast untuk lampu – *lampu fluerescent* = 1.2

CLF = Faktor beban pendingin dari tabel 4-6.

Tabel 3-1. Faktor beban pendinginan dari penerangan

Lama jam setelah lampu dinyalakan	Pemasangan X*		Pemasangan Y*	
	<u>Lama jam penyalaan</u>		<u>Lama jam penyalaan</u>	
	10	16	10	16
0	0.08	0.19	0.01	0.05
1	0.62	0.72	0.76	0.79
2	0.66	0.75	0.81	0.83
3	0.69	0.77	0.84	0.87
4	0.73	0.80	0.88	0.89
5	0.75	0.82	0.90	0.91
6	0.78	0.84	0.92	0.93
7	0.80	0.85	0.93	0.94
8	0.82	0.87	0.95	0.95
9	0.84	0.88	0.96	0.96
10	0.85	0.89	0.97	0.97
11	0.32	0.90	0.22	0.98
12	0.29	0.91	0.18	0.98
13	0.26	0.92	0.14	0.98
14	0.23	0.93	0.12	0.99
15	0.21	0.94	0.09	0.99
16	0.19	0.94	0.08	0.99
17	0.17	0.40	0.06	0.24
18	0.15	0.36	0.05	0.20

*Penjelasan pemasangan X, lampu terbenani tanpa lubang angin . Pengatur (register) udara suplai dan udara balik berada di bawah langit - langit atau ruang langit - langit dan grill, Y , lampu yang diberi lubang angin atau tergantung bebas, Pengatur udara suplai berada dibawah atau didalam langit - langit dengan pengatur udara balik disekitar pemasangan dan melalui ruang langit - langit .

$$\text{Maka : } Q = 40\text{Watt} \cdot 9 \cdot 1.2 \cdot 0.98$$

$$= 423.36 \text{ Watt} \approx 0.4233\text{kW}$$

3.2.2. Penghuni

Jumlah orang yang di dalam ruangan tersebut juga sebagai sumber kalor dalam ruangan. jumlah orang dan kegiatan nya mempengaruhi jumlah kalor yang ada pada ruangan tersebut. beban pendinginan ini dapat di hitung dengan rumus :

Beban pendinginan sensibel penghuni (Watt),

$Q = \text{perolehan kalor per-orang} \times \text{jumlah orang} \times \text{CLF}$

$$= 150 \text{ Watt} \times 15 \times 0.84$$

$$= 1890 \text{ Watt}$$

$$= 1.890 \text{ kW}$$

Tabel 3-2 Perolehan kalor dari penghuni

Kegiatan	Perolehan Kalor , W	Perolehan kalor
Tidur	70	75
Duduk, tenang	100	60
Berdiri	150	50
Berjalan ,3 km/jam	305	35
→ <i>Pekerjaan kantor</i>	<u>150</u>	55
Mengajar	175	50
Warung/Toko pengecer	185	50
Industri	300-600	35

Tabel 3-3 Ruang per-orang²

Jenis ruang	Penghunian
Rumah tinggal	2-6 penghuni
Kantor	10 – 15 m ¹ per-orang
Toko/Warung	3 – 5 m ² per-orang
Sekolah	2.5 m ² per-orang
Ruang pertemuan	1.0 m ² per-orang

Tabel 3-4 Faktor - faktor beban pendinginan kalor-sensibel dari per-orang

Lama jam setelah memasuki ruangan	Total jam di dalam ruangan							
	2	4	6	8	10	12	14	16
1	0.49	0.49	0.50	0.51	0.53	0.55	0.58	0.62
2	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.64	0.66	0.70
3	0.17	0.66	0.67	0.67	0.69	0.70	0.72	0.75
4	0.13	0.71	0.72	0.72	0.74	0.75	0.77	0.79
5	0.10	0.27	0.76	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82
6	0.08	0.21	0.79	0.80	0.80	0.81	0.83	0.85
7	0.07	0.16	0.34	0.82	0.83	0.84	0.85	0.87
8	0.06	0.14	0.26	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
9	0.05	0.11	0.21	0.38	0.87	0.88	0.89	0.90
10	0.04	0.10	0.18	0.30	0.89	0.89	0.90	0.91
11	0.04	0.08	0.15	0.25	0.42	0.91	0.91	0.92
12	0.03	0.07	0.13	0.21	0.34	0.92	0.92	0.93
13	0.03	0.06	0.11	0.18	0.28	0.45	0.93	0.94
14	0.02	0.06	0.10	0.15	0.23	0.36	0.94	0.95
15	0.02	0.05	0.08	0.13	0.20	0.30	0.47	0.95
16	0.02	0.04	0.07	0.12	0.17	0.25	0.38	0.96
17	0.02	0.04	0.06	0.10	0.15	0.21	0.31	0.49
18	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.19	0.26	0.39

3.2.3. Beban Kalor Yang di Akibatkan Oleh Radiasi Matahari.

Panas matahari melalui permukaan tembus cahaya. untuk permukaan tembus cahaya seperti jendela, energi matahari yang menembus permukaan tersebut (Q_{sg}) dengan satuan Watt. Energi matahari yang menembus suatu jendela dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{sg} = (SHGF_{MAKS}) (SC) A$$

Dimana :

SHGF = Solar Heat Gain Factor (faktor perolehan kalor matahari), pada bulan maret, 32° lintang utara

SC = Shading Coefficient (koefisien peneduh), plat (tebal)

A = Luas penampang = 3 m²

Maka: $Q_{sg} = 695 \text{ W/m} \times 0.64 \times 3 \text{ m}^2$

$$= 1334.4 \text{ W}$$

$$= 1.3344 \text{ kW}$$

Tabel 3-5 Faktor perolehan kalor matahari (SHGF) maksimum untuk kaca yang di kenai cahaya matahari , W/m

	U/Teduh	TL/BL	TB	Teng/BD	S	Hor
32°Lintang Utara						
Des	69	69	510	775	795	500
Jan, Nov	75	90	550	785	775	555
Feb, Okt	85	205	645	780	00	685
Mar, Sept	100	330	695	700	545	780
Apr, Agus	115	450	700	580	355	845
Mei, Juli	120	530	685	480	230	865
Juni	140	555	675	440	190	870
40° Lintang Utara						
Des	57	57	475	730	800	355
Jan, Nov	63	63	480	755	795	690
Feb, Okt	80	155	575	760	750	565
Mar, Sept	95	285	660,	730	640	690
Apr, Agus	110	435	690	630	475	790
Mei, Juh	120	515	690	545	350	830
Juni	150	540	680	510	300	840

Ket : U = Utara, TL= Timur Laut, BL = Barat Laut, BD = Barat Daya, S = Selatan, Hor = Horizontal, Teng = Tenggara .

Tabel 3-6 Koefisien Peneduhan (Shading Coefficients)

Jenis Kaca	Ketebalan (mm)	Koefisien Peneduhan				
		Tanya Peneduhan	Krei Pelindung		Tirai Gulung	
			Belong	Terang	Gelap	Terang
Kaca Tunggal :						
Lembaran Biasa	3	1,00	0,64	0,55	0,59	0,25
Pelat (Tebal)	6-12	0,95	0,64	0,55	0,59	0,25
Penyerap Panas	6	0,70	0,57	0,53	0,40	0,30
	10	0,50	0,54	0,52	0,40	0,28
Kaca Rangkap :						
Lembaran Biasa	3	0,90	0,57	0,51	0,60	0,25
Pelat (Tebal)	6	0,83	0,57	0,51	0,60	0,25
Reflektif	6	0,2-0,4	0,2-0,33			

Untuk panas yang melalui lantai ruang pendingin sama dengan panas yang melalui atap ruangan, maka :

$$Q_{total} = (0.4668) \times 2$$

$$= 0.9336 \text{ kW}$$

Berdasarkan hasil perhitungan beban pendingin maka di dapat total beban mesin penyegar udara.

$$Q_{Total} \rightarrow \text{Panas dari ruangan} = 0.1735 \text{ kW}$$

$$\text{Panas melalui atap ruangan dan Imitai ruangan} = 0.9336 \text{ kW}$$

$$\text{Panas dari dalam ruangan} = 2.3133 \text{ kW}$$

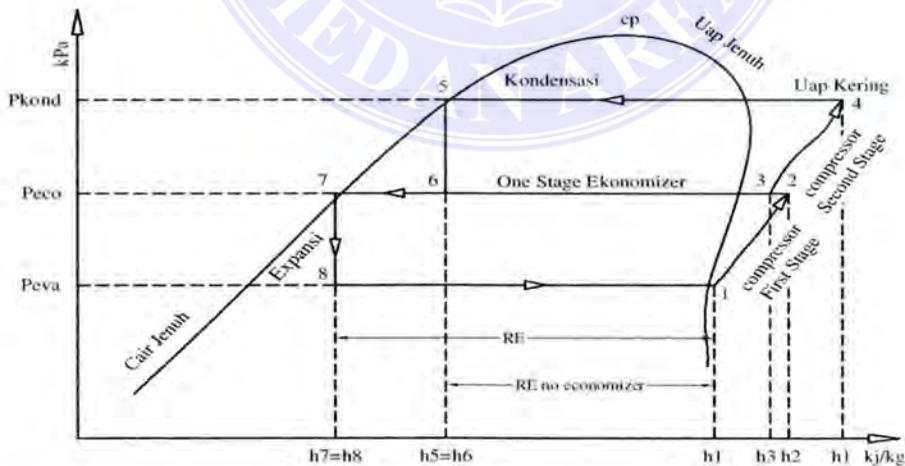
$$\text{Panas radiasi matahari dari benda tembus cahaya} = \underline{1.3344 \text{ kW}}$$

$$4.754 \text{ kW}$$

3.3. Analisa Termodinamika

Pada bab sebelumnya telah ditetapkan bahwa sistem refrigerasi ini menggunakan refrigeran R123, Proses perpindahan panas selalu di iringi dengan perubahan fasa refrigerannya yang bersirkulasi, dalam hal ini perubahan fasa refrigeran cair menjadi uap, yang berarti terjadinya penyerapan panas dari lingkungan dan terjadilah perubahan fasa uap menjadi cair. Maka panas yang telah diserap oleh refrigerant akan di buang ke lingkungan sekitarnya, proses ini akan berlangsung secara terus menerus selama sistem bekerja.

Untuk mendapatkan sifat termodinamika dari refrigerant R123 pada saat terjadi perubahan fasa perlu dilakukan penggambaran siklus pada, P-H diagram dengan kondisi tertentu. Pada bab ini juga akan dibahas mengenai analisa termodinamika terhadap siklus dan diagram refrigeran R123 yang menggunakan diagram Mollier (P – H) R123



Gambar 3.3. P-h diagram Water chiller dengan 2 tingkat kompresor

Keterangan gambar

- 8-1 Proses evaporasi, refrigeran cair - gas campur masuk ke evaporator. Evaporator masuk untuk proses penyerapan panas oleh refrigeran (cair—uap). panas yang di serap, dari obyek yang di dinginkan (beban pendingin). Pada, evaporator refrigerant mengalami perubahan fasa . Proses Isobar.
- 1-2 Refrigeran mengalir dari evaporator ke kompresor tingkat pertama. impeler tingkat pertama untuk mempercepat uap. Untuk meningkatkan temperatur dan tekanan pada titik keadaan 3. Proses kompresi Isentropis.
- 3-4 Refrigeran dalam keadaan uap, kering pada, kompresor tingkat satu dan bercampur dengan refrigeran uap pendingin yang berasal dari ekonomizer tingkat pertama. Campuran enthalpi rendah sewaktu campuran memasuki tingkat kedua. Tekanan dan temperatur refrigerant di tingkatkan lagi. Proses kompresi Isentopis. Tekanan ekonomizer berada di antara, P_{ev} dan P_{kond} . Pemakaian ekonomizer dapat meningkatkan efisiensi mesin $\pm 4.5\%$ hemat energi, daripada tidak menggunakan ekonomizer.
- 4-5 Refrigeran uap memasuki kondensor di mana, beban sistem pendingin dan panas yang di mampatkan dan melepaskan ke rangkaian air kondensor yang akan mengkondensasikan refrigeran uap menjadi fasa cair pada, keadaan titik ke 5. Proses Isobar.

- 5-6 Refrigeran cair meninggalkan kondensor lalu aliran masuk ke orifice pertama, dan masuk ekonomizer pada tekanan di bawah tekanan kondensor, tetapi di atas tekanan evaporator.
- 7-8 Proses dimana, refrigeran dari ekonomizer keluar melalui orifice sistem ke 2 menuju ke evaporator pada, fasa, cair. orifice menurunkan, tekanan dan temperatur refrigeran.

Dari tabel diagram Mollier, R123 di peroleh :

$$P_{\text{evaporator}} = 63,3254 \text{ kPa.}$$

$$P_{\text{kondensor}} = 143,4110 \text{ kPa}$$

Dari gambar siklus diagram P—h di tunjukkan adanya tekanan pertengahan (intermediate Pressure), P_i dapat di cari dengan rumus :

$$P_i = \sqrt{P_s \cdot P_d} \dots\dots\dots (16-1)$$

Dimana :

P_i = Tekanan pertengahan (intermediate pressure), kPa

P_s = Tekanan isap kompressor tingkat rendah, kPa

P_d = Tekanan buang kompressor tingkat tinggi, kPa

Maka : $P_i = \sqrt{P_s \cdot P_d}$

$$= \sqrt{63,3254 \text{ kPa} \times 143,4110 \text{ kPa}}$$

$$= 95,2972 \text{ kPa.} \quad (\text{tekanan ekonomizer}).$$

$$h_1 = h_g = 382,808 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h \text{ pada } 95,2972 \text{ kPa setelah proses isentropik} = 418,554 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_g \text{ pada } 65,2972 \text{ kPa} = 399,737 \text{ kJ/kg .}$$

$$h_4 = h \text{ pada } 143,4110 \text{ kPa setelah kompresi isentropik} = 410,704 \text{ kJ/kg}$$

$$h_5 = h_f \text{ pada } 37,77^\circ\text{C} = 236,807 \text{ kJ/kg}, h_6 = h_5 = 236,807 \text{ kJ/kg},$$

$$V = h_f \text{ pada } 95,2972 \text{ kPa} = 228,7099 \text{ kJ/kg}, h_7 = h_8 = 228,7099 \text{ kJ/kg},$$

$$W_2 = \frac{4.7545412 \text{ kW}}{382.802 - 228.7099} = 0.03085 \text{ kg/detik}$$

$$w_1 = w_2 = w_7 = w_8 = 0,03085 \text{ kg/detik} .$$

keseimbangan kalor dan massa di sekitar ekonomizer .

$$w_2 h_2 + w_6 h_6 = w_7 h_7 + w_3 h_3$$

$$w_6 = w_3 \text{ \& } w_7 = w_2$$

$$0,03085 \text{ kg/s} (418,554 \text{ kJ/kg}) +$$

$$w_3 (236,807 \text{ kJ/kg}) = 0,03085 \text{ kg/det} (228,7099 \text{ kJ/kg}) + w_3 (399,737 \text{ kJ/kg})$$

$$w_3 = 0.035955 \text{ kg/detik}.$$

$$\text{Daya tingkat rendah } 0,0308577 \text{ kg/det} (418.554 - 382.802) \text{ kJ/kg} = 1.1032 \text{ kW}$$

$$\text{Daya tingkat tinggi} = 0.035955 \text{ kg/det} (410.704 - 399.737) \text{ kJ/kg} = 0.25569 \text{ kW}$$

$$\text{Daya total} = 1.1032 \text{ kW} + 0.25569 \text{ kW} = 1.3589 \text{ kW}.$$

Pada proses ekspansi (7 – 8) akan terjadi kerugian (losses) katup ekspansi sehingga proses kompresi menjadi (4 – 5) losses pada katup ekspansi sekitar 5 % sehingga :

$$h_8' = h_8 + 0.05 (410.704 \text{ kJ/kg} - 236.807 \text{ kJ/kg}) .$$

$$= 228.7099 \text{ kJ/kg} + 0.05 (410.704 \text{ kJ/kg} - 236.807 \text{ kJ/kg})$$

$$= 237. 4047 \text{ kJ/kg}$$

Refrigeran efek (RE)

$$RE = h_1 - h_8'$$

$$= 382.802 \text{ kJ/kg} - 237.4047 \text{ kJ/kg}$$

$$= 145.3972 \text{ kJ/kg}$$

Refrigeran yang di butuhkan (m)

$$m = \frac{Q_t}{RE}, \text{ dimana : } Q_t = \text{Kapasitas beban pendingin } 4.7549412 \text{ kW}$$

$$= \frac{4.7549412}{145.3972 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 0.032703 \text{ kg/det}$$

Coefficient of performance (COP) :

$$COP = \frac{h_1 - h_8'}{h_4 - h_1}$$

$$= \frac{382.802 \text{ kJ/kg} - 237.4047 \text{ kJ/kg}}{410.704 \text{ kJ/kg} - 382.802 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 5.210$$

Panas yang di buang kondensor (Qkond)

$$Q_{kond} = (h_4 - h_5)$$

$$= 0.032703 \text{ kg / det} \times (410.074 \text{ kJ/kg} - 236.807 \text{ kJ / kg})$$

$$= 5.6663 \text{ kW}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan yang telah diuraikan maka penulis mengambil kesimpulan dan saran :

A. Ruangan yang dikondisikan.

- Ukuran ruangan yang dikondisikan : 10m x 10 m x 4m.
- Bahan pendingin : 4.754 kW.
- Temperatur pendinginan : 20 °C

B. Kondensor

- Jenis Kondensor : Water Cooled Condenser
- Type : Shell and Tube
- Temperatur Kondensasi : 37,77 °C.
- Jumlah pipa : 149
- Panjang pipa : 6.7789 m
- Temperatur air pendingin : 27 °C
- Luas penampang : 40.3 m²
- Diameter dalam pipa : 0,0117 m
- Diameter luar pipa : 0,0127 m
- Bahan pipa : Tembaga
- Jenis refrigerant : HCFC – R-123.

C. Menara Pendingin (Cooling Tower).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

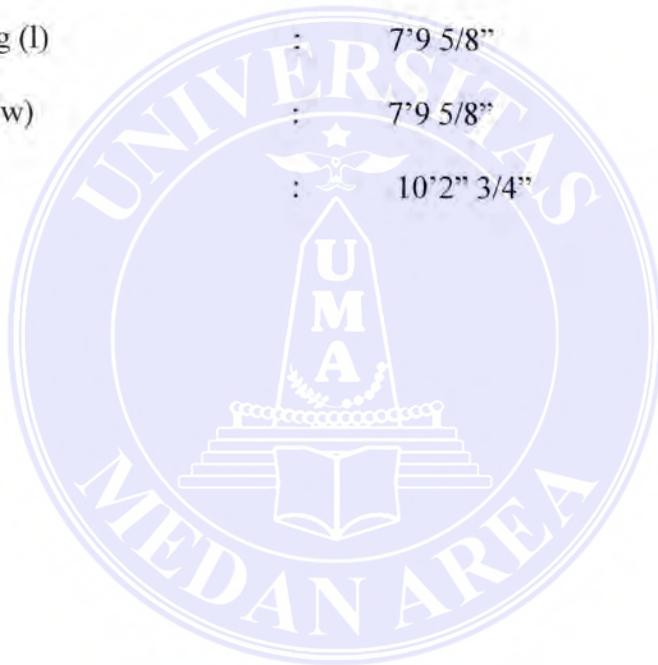
Document Accepted 7/12/23

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

- Jenis aliran menara pendingin: Counter flow
- Temperatur air masuk : 33 °C
- Temperatur air keluar : 27 °C
- Bahan pipa : Commercial steel or Wrought iron
- Daya pompa : 9.237
- Daya motor : 10.867 kW
- Diameter pipa : 0.95 m
- Panjang (l) : 7'9 5/8"
- Lebar (w) : 7'9 5/8"
- Tinggi : 10'2" 3/4"



DAFTAR PUSTAKA

1. Carrier Air Conditioning “Hand book of Air Conditioning System Design”, Mc Graw hill Book Company, 4^h Edition .
2. Dossat, Roy “ Principle of Refrigeration”, Jhon Willy and Sond New York Second Edition, Versi SI .
3. Huza Saito dan Wiranto A. Munandar , “Penyegar Udara” PT. Pradiya Paramitha , Jakarta , Edisi ke - tiga, 1995.
4. J.P . Holman , “Perpindahan Kalor” Terjemahan I. Jasify, E, Erlangga, Edisi keenam. 1994.
5. Norman C . Harris, “ Modern Air Conditioning Practice “, Mc Graw Hill Book Company, P Edition, New York , 1980.
6. Reynolds , William C , “ Engineering Thermodynamics “ 2nd Edition , Terjemahan Filino Harahap, Mc Graw Hill, Inc , New York .
7. R.S. Khurmi dan J.K. Grupta “Thermodynamics “ Mc Graw Book Hill Company, 2nd Edition .
8. W.F. Stoeker dan J. W. Jones, “ Refrigerasi dan Pengkondisian Udara” Terjemahan Supratman Hara , Edisi kedua , Erlangga , 1992
9. Ir. Tunggul M. Sitompul, SE., M.Sc. “Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)”