



TUGAS AKHIR - TM 145502

**PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN
VAKSIN SEPTIVET PADA COLD STORAGE
DI PUSVETMA SURABAYA**

**ANUGRAH ADAM ACE PRANATA
NRP 2112 030 059**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Denny M. E. Soedjono, MT
19570331 198803 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TM 145502

**COOLING LOAD CALCULATION OF
VACCINES SEPTIVET PUSVETMA COLD
STORAGE IN SRABAYA**

**ANUGRAH ADAM ACE PRANTA
NRP 2112 030 059**

**Counsellor Lecture :
Ir. Denny M. E. Soedjono, MT
19570331 198803 1 001**

**DIPLOME 3 PROGRAM MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN VAKSIN SEPTIVET PADA COLD STORAGE DI PUSVETMA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar

Ahli Madya

pada

Bidang Studi Konversi Energi

Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

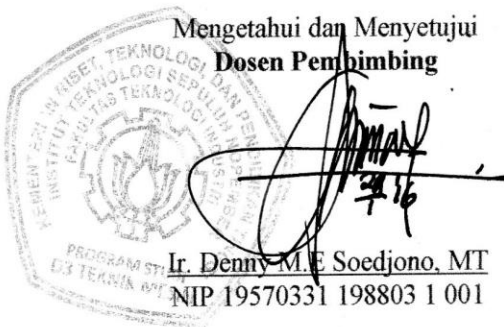
Oleh :

ANUGRAH ADAM ACE PRANATA

NRP 2112 030 059

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Denny M. E. Soedjono, MT
NIP 19570331 198803 1 001

SURABAYA, JANUARI 2016

PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN VAKSIN SEPTIVET PADA COLD STORAGE DI PUSVETMA SURABAYA

NamaMahasiswa : Anugrah Adam Ace Pranta
NRP : 2112 030 059
Jurusan : D3 TeknikMesin FTI-ITS
DosenPembimbing : Ir. Denny M.E Soedjono, MT.

Abstrak

Sistem refrigerasi saat ini banyak dimanfaatkan dalam refrigerasi industri dan pengkondisian udara. Salah satu pemanfaatannya adalah sebagai penyimpanan berbagai macam kebutuh farmasi termasuk vaksin. Penyimpanan vaksin sangat dijaga suhu optimalnya , karena vaksin terdiri dari berbagai macam mikro organisme yang mudah beraktifitas. Sehingga untuk mempertahankan kualitas vaksin tersebut dibutuhkan Cold Storage.

Dari hasil data di lapangan Pusat Veterania Farma Surabaya dapat dihitung dan memperoleh hasil perhitungan ya adalah waktu pendinginan dari temperatur masuk vaksin (6°C) menuju temperatur yang diinginkan (3°C) diperoleh selama 2,35 jam, dengan beban pendinginan sebesar 18338,8 BTU/hr dan laju aliran massa refrigeran 429,8021 lb/hr , dengan COP sistem sebesar 1,36

Kata Kunci : Cold Storage, Beban Pendinginan, Vaksin



COOLING LOAD CALCULATION OF VACCINES SEPTIVET PUSVETMA COLD STORAGE IN SURABAYA

Name of student univ. : Anugrah Adam Ace Pranta
NRP : 2112 030 059
Major : D3 TeknikMesin FTI-ITS
Counselor Lecture : Ir. Denny M.E Soedjono, MT.

Abstract

Refrigeration system is now widely used in industrial refrigeration and air conditioning. One utilization was as storage kinds of needs variety of pharmaceuticals including vaccines. Storage of the vaccine is kept optimum temperature, because the vaccine is composed of wide variety of micro-organisms that easy activity. So it to maintain the quality of the vaccine are needed Cold Storage.

From the results of field data Pusat Veterania Surabaya can be calculated and obtained calculation result so is the cooling time of the temperature of incoming vaccine (6°C) to the desired temperature (3°C) was obtained for 2,35 hours, with a cooling load of 18338,8 BTU / hr and the mass flow rate of refrigerant 429,8021 lb / hr, the system COP of 1.36

Keywords: *Cold Storage, Cooling Loads, Vaccine*



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul:

“PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN VAKSIN SEPTIVET PADA COLD STORAGE DI PUSVETMA SURABAYA”

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah mendapat bantuan dari berbagai pihak baik secara moril dan materi, sehingga dalam pembuatan laporan ini, saya dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Denny M.E Soedjono, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir sekaligus selaku Dosen Wali yang telah memberikan saran, masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Liza Rusdiyana, MT selaku Koordinator Tugas Akhir program studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator program studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
4. Orang tua, ibu Siti Nurokim, ayah Suwono dan adik Adinda Rizki Maruta yang senantiasa memberikan do`a restu, kasih sayang dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drh. Edy Budi Susila selaku Kepala Bidang Pelayanan Produksi yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk belajar dan menganalisis di Pusvetma Surabaya
6. Davit Priambodo sebagai partner serta teman teman laboratorium teknik pendingin dan pengkondisian udara yang telah membantu saya untuk mengerjakan TA.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2012 atas dukungan serta kebersamaannya selama kuliah di D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
8. Riska Risf`atun Niswah dan Cendiana Aprilia Haryono sahabat saya yang selalu mendukung

9. Teman teman Kementerian Hubungan Luar BEM ITS
2013/2014

10. Teman teman Teknokrat Muda ITS

11. Teman teman Panther Mania Chapter Jawa Timur

12. Seluruh Civitas Akademik D3 Teknik Mesin FTI ITS

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih begitu banyak kekurangannya, oleh karena itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Surabaya, 30 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Metode Penelitian.....	2
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	5
2.1.1 Siklus Kompresi Uap Ideal.....	6
2.1.2 Performance Siklus Kompresi Uap Ideal.....	7
2.1.2.1 Kapasitas Pendinginan.....	7
2.1.2.2 Daya Kompresor.....	7
2.1.2.3 Coefisien of Performance (COP).....	8
2.2 Waktu Pendinginan.....	8
2.2.1 Gurnie-Lurie Chart.....	8
2.3 Beban Pendinginan.....	11
2.3.1 Beban Produk.....	12
2.3.2 Beban Transmisi.....	12
2.3.3 Beban Elektrikal.....	15
2.3.4 Beban Orang.....	16
BAB III METODOLOGI	
3.1 Diagram Alir Tugas Akhir.....	17
3.2 Persiapan Awal.....	18
3.3 Peralatam Ukur Untuk Pengujian.....	18
3.4 Tahap Pengambilan Data.....	20
3.5 Tahap Pengolahan Data.....	21

3.6 Diagram Alir Pengolahan Data.....	22
---------------------------------------	----

BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Data-data Hasil Pengamatan.....	23
-------------------------------------	----

4.2 Perhitungan Waktu Pendinginan	25
---	----

4.3 Beban Panas Produk.....	27
-----------------------------	----

4.4 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas pada Dinding ,	27
--	----

4.4.1 Transmisi Panas Melalui Pintu	29
---	----

4.4.2 Transmisi Panas Melalui Dinding Kanan, Kiri dan Belakang.....	30
--	----

4.4.3 Transmisi Panas Melalui Atap	31
--	----

4.4.4 Transmisi Panas Melalui Lantai	31
--	----

4.4.5 Transmisi Panas Melalui Dinding Depan	32
---	----

4.4.6 Beban Pendinginan Akibat Transmisi Panas Melalu Konstruksi Cold Storage.....	32
---	----

4.5 Beban Elektrikal.....	33
---------------------------	----

4.5.1 Beban Panas dari Motor Listrik	33
--	----

4.5.2 Beban Panas dari Lampu Penerangan.....	33
--	----

4.5.3 Beban Panas Akibat Elemen Pemanas Evaporator ..	34
---	----

4.5.4 Beban Total Elektrikal.....	34
-----------------------------------	----

4.6 Beban Panas dari Orang	34
----------------------------------	----

4.7 Beban Total	35
-----------------------	----

4.8 Perhitungan Prestasi Siklus Refrigerasi Cold Storage	35
--	----

4.8.1 Perhitungan Laju Aliran Massa Refrigerant	35
---	----

4.8.2 Daya Kompresor	36
----------------------------	----

4.8.3 COP Sistem	36
------------------------	----

4.8.4 Hasil Pengolahan Data.....	36
----------------------------------	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	37
----------------------	----

5.2 Saran.....	37
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA.....	39
---------------------	----

LAMPIRAN

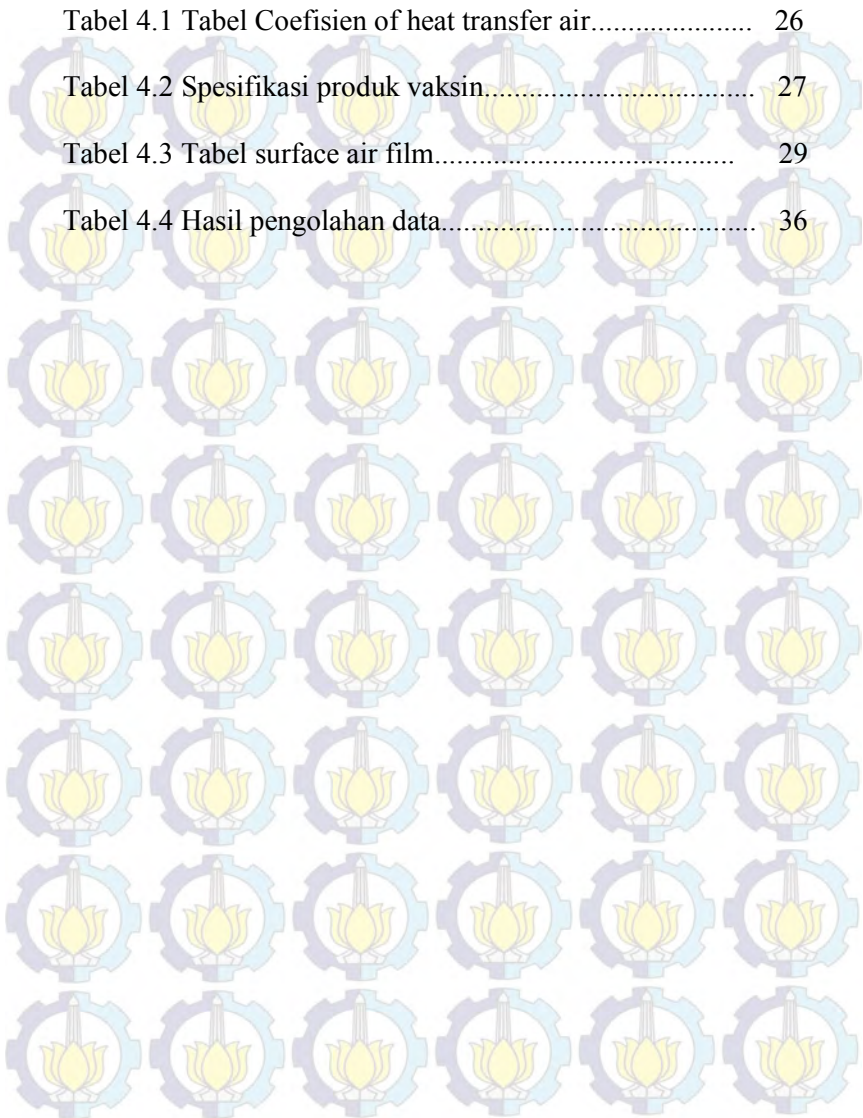
DAFTAR GAMBAR

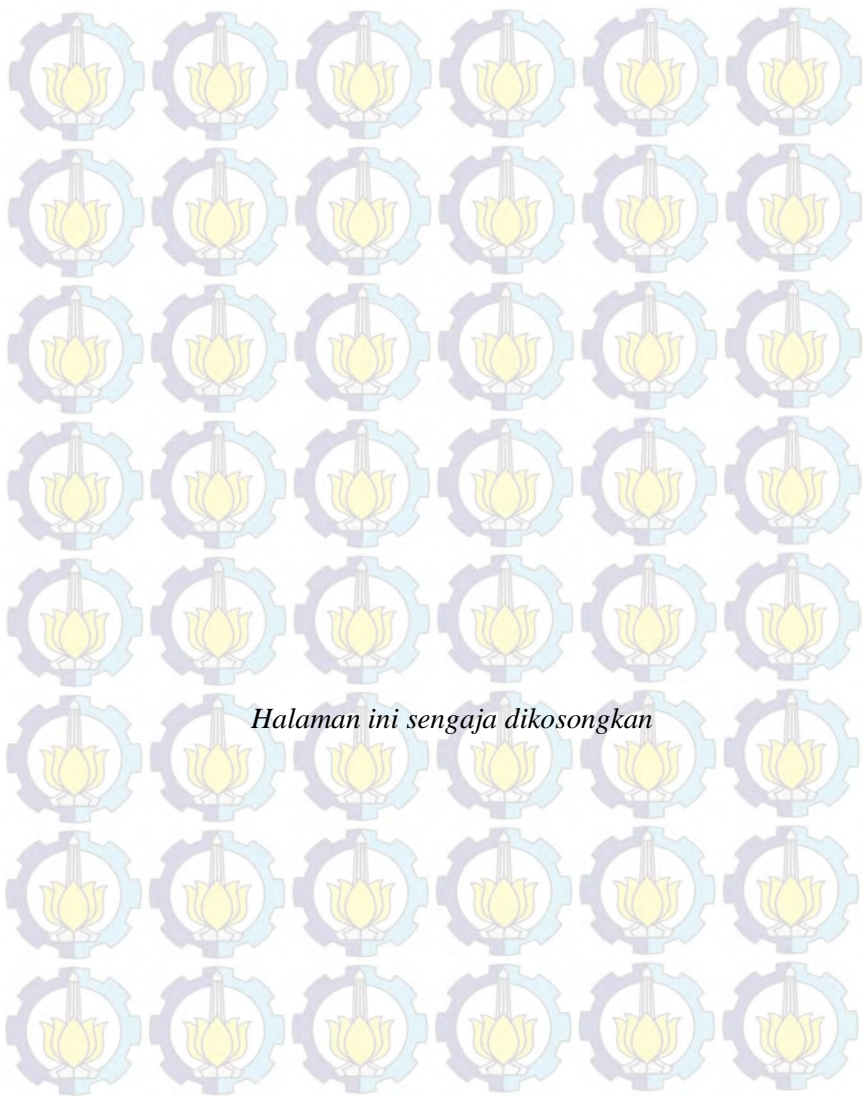
Gambar 2.1	Block diagram dan p-h siklus kompresi uap ...	6
Gambar 2.2	Gurnie-Lurie chart untuk infinite cylinder.....	9
Gambar 3.1	Flow chart Pengerjaan Tugas Akhir.....	15
Gambar 3.2	Thermometer Digital.....	16
Gambar 3.3	Timbangan Digital.....	17
Gambar 3.4	Pressure Manifold.....	17
Gambar 3.5	Meteran.....	18
Gambar 3.6	Diagram Alir Proses Pengolahan Data.....	20
Gambar 4.1	Dimensi Cold Storage 2D dan 3D.....	21
Gambar 4.2	Botol Vaksin.....	23



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Coefisien of heat transfer air.....	26
Tabel 4.2 Spesifikasi produk vaksin.....	27
Tabel 4.3 Tabel surface air film.....	29
Tabel 4.4 Hasil pengolahan data.....	36





Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem refrigerasi dewasa ini banyak dimanfaatkan dalam refrigerasi industri dan pengkondisian udara. Salah satu pemanfaatannya adalah sebagai penyimpanan berbagai macam kebutuhan farmasi termasuk vaksin. Penyimpanan vaksin sangat dijaga suhu optimalnya, karena vaksin terdiri dari berbagai macam mikro organisme yang mudah beraktivitas. Sehingga untuk mempertahankan kualitas vaksin tersebut dibutuhkan Cold Storage.

Dalam Penyimpanan farmasi khususnya vaksin, proses pendinginan atau menjaga suhu optimal akan sangat membantu mempertahankan fungsi dari vaksin tersebut agar tidak cepat rusak.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini, masalah yang akan dibahas adalah :

1. Besarnya beban pendinginan yang akan diatasi mesin pendingin
2. COP dari mesin pendingin di dalam Cold Storage

1.3 Tujuan

Dengan mengacu latar belakang dan permasalahan diatas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung koefisien perpindahan panas dinding Cold Storage
2. Menghitung lamanya waktu pendinginan
3. Menghitung Beban pendinginan total yang akan diatasi mesin pendingin
4. Menghitung COP pendingin terhadap beban pendinginan

1.4 Manfaat

Dalam penelitian ini, akan didapat beberapa manfaat yaitu memperoleh lamanya waktu pendinginan dengan optimum dan memperoleh COP dari sistem refrigerasi dalam Cold Storage

1.5 Batasan Masalah

Dalam pembahasan perencanaan ini, penulis memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan isi laporan tugas akhir, sebagai berikut :

1. Steady State flow refrigerant
2. Temperatur produk seragam
3. Pengaruh radiasi diabaikan
4. Tidak membahas sistem pengkondisian udara secara distribusi temperatur
5. Uniform flow
6. Tidak ada rugi-rugi di evaporator
7. Temperatur diluar Cold Storage konstan
8. Sifat material dinding konstan
9. Perpindahan panas konduksi adalah satu dimensi
10. Tidak membahas komponen-komponen mesin refrigerasi dan refrigeran dari sistem refrigerasi

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan dari penelitian di dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Studi Literatur

Untuk pengenalan dan pembelajaran dasar-dasar teori yang mengacu pada tema dari tugas akhir ini. Diperoleh dengan mencari referensi pada buku, makalah, jurnal, dan buku tugas akhir lainnya yang berhubungan dengan perpindahan panas dengan tujuan mendapatkan dasaran untuk memulai analisis dan perhitungan.

2. Penentuan Bahan

Dalam tahapan ini studi literatur juga dilakukan melalui internet, buku, dan lingkungan sekitar. Juga mengenali manfaat dan tujuan dalam penggunaan bahan tersebut, serta cara dan ketersediaannya. Karena konstruksi Cold Storage dan sistem

3. Analisis Data

Dari hasil pendataan di lokasi Cold Storage yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui variabel – variabel dari perhitungan berupa \dot{Q}_{produk} , \dot{Q}_{rak} , \dot{Q}_{total} konstruksi, $\dot{Q}_{\text{elektrikal}}$, \dot{Q}_{orang} , \dot{Q}_{total} , COP

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam tugas akhir ini agar alur pemikiran penulis dapat diikuti dan dipahami secara utuh maka disusunlah suatu kerangka penulisan yang bersifat umum, yaitu sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang permasalahan penyusunan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Berisi teori-teori yang menunjang pelaksanaan penelitian dan perhitungan yang digunakan sebagai dasar dalam analisis serta koreksi data yang telah diperoleh guna mencapai tujuan penelitian.

BAB III : METODOLOGI

Berisi tentang metode dan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses pengambilan data serta alat-alat yang dipergunakan dalam pelaksanaan pengamatan baik alat utama maupun alat-alat penunjang dan juga berisi tentang prosedur-prosedur pengamatan.

BAB IV : ANALISIS PERHITUNGAN

Berisi data-data hasil pengamatan yang telah didapatkan dari proses perhitungan sampai menemukan hal apa yang menjadi tujuan dalam pengamatan.

BAB V : KESIMPULAN

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini akan didapatkan suatu kesimpulan yang menyatakan pernyataan akhir dari uraian dan penjelasan sebelumnya dan berkaitan pada tujuan pengamatan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus kompresi uap adalah siklus yang banyak digunakan pada sistem refrigerasi. Uap merupakan fluida yang dikompresikan pada siklus ini. Karena refrigeran yang disirkulasikan sama serta secara kontinyu, maka siklus ini merupakan siklus tertutup.

Secara prinsip siklus ini dimaksudkan untuk mengkondisikan refrigeran sedemikian rupa sehingga terjadi penyerapan panas di daerah tekanan rendah (low pressure) oleh penguapan cairan refrigeran dan di daerah tekanan tinggi akan terjadi pengkondensasian uap menjadi cairan refrigeran di kondensor.

Ada 4 proses yang mendasari siklus ini, yaitu proses evaporasi, proses kompresi , proses kodensasi dan proses ekspansi.

- a. Proses evaporasi, terjadi di evaporator coil dimana refrigeran menguap menyerap panas di sekitar karena:
 1. Perbedaan temperatur, temperatur evaporator lebih rendah dibanding temperatur sekitarnya, sehingga terjadi laju panas.
 2. Penguapan refrigeran, untuk perubahan fase cair ke uap dari refrigeran dibutuhkan panas laten dan kebutuhan panas ini diserap dari panas sekitarnya yang didinginkan.
- b. Proses kompresi , uap dikompresikan dengan menggunakan kompresor dengan maksud menaikkan tekanan sampai pada tekanan jenuh untuk temperatur lebih tinggi dari temperatur atmosfer sekelilingnya
- c. Proses kondensasi, pengembunan refrigeran terjadi di kondensor, di sini terjadi pelepasan kalor yang dapat dari proses evaporasi dan kompresi pada tekanan kondensor (discharge pressure). Kondensasi karena pelepasan kalor terjadi disebabkan pendinginan oleh media pendingin

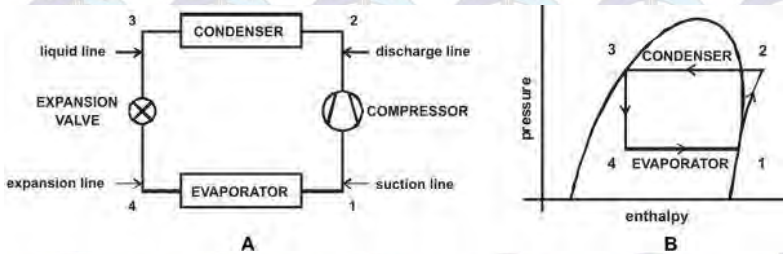
yang mempunyai temperatur di bawah temperatur refrigeran pada tekanan kondensor, sehingga temperatur refrigeran turun menjadi lebih rendah dibandingkan temperatur penguapannya . maka terjadilah kondensasi

- d. Proses ekspansi, dilakukan dengan menggunakan katup ekspansi, maka akan terjadi penurunan tekanan pada cairan refrigeran tekanan rendah di evaporator. Dengan adanya penurunan tekanan maka titik temperatur penguapan refrigeran juga turun.

2.1.1 Siklus Kompresi Uap Ideal

Kompresi utama dari siklus kompresi uap standar agar terjadi proses penguapan, kompresi, pengembunan dan ekspansi adalah :

- a. Evaporator
- b. Kompresor
- c. Kondensor
- d. Katup ekspansi



(referensi 1 hal 98)

Gambar 2.1 (A)Block diagram (B) p-h siklus kompresi uap standar

- 1-2 : Kompresi adiabatik dan reversible dari uap jenuh menuju kondensor
- 2-3 : Pelepasan kalor pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut dan kondensasi refrigeran
- 3-4 : Ekspansi irreversible pada entalpi konstan dari uap jenuh menuju tekanan evaporator
- 4-1 : Penyerapan panas pada tekanan konstan yang menyebabkan penguapan dengan kondisi uap jenuh

menuju kompresor

2.1.2 Performance Siklus Kompresi Uap Ideal

Melalui p-h diagram dapat diketahui besarnya beban kapasitas pendinginan, daya kompresor dan coefficient of performance (COP) sistem.

2.1.2.1 Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan merupakan besarnya efek pendinginan yang dihasilkan oleh evaporator tiap jamnya. Untuk dapat mengatasi beban pendinginan yang ada. Besarnya kapasitas pendinginan tersebut dapat dihitung dengan persamaan . Tapi karena karena tidak ada rugi-rugi di evaporator sehingga beban total ruangan sama dengan kapasitas refrigerasi

$$\dot{Q}_{ev} = \dot{Q}_{tot} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4)$$

(referensi 1 hal 87)

Dimana :

\dot{Q}_{ev} = Kapasitas pendinginan (Btu/h)

\dot{m} = laju aliran massa refrigeran (lb/h)

h_1 = entalpi refrigeran saat meninggalkan evaporator (Btu/lb)

h_4 = entalpi refrigeran saat memasuki evaporator (Btu/lb)

2.1.2.2 Daya Kompresor

Kerja kompresi tiap jam merupakan daya yang dibutuhkan oleh kompresor untuk mengkompresikan uap jenuh menuju tekanan kondensor

$$\dot{W}_c = \dot{m} (h_{2s} - h_1)$$

(referensi 1 hal 87)

Dimana :

\dot{W}_c = daya kompresor (Btu/h)

h_{2s} = entalpi refrigeran keluar dari kompresor (Btu/lb)

Sedangkan untuk mencari daya kompresor actual adalah

$$\dot{W}_{ca} = \frac{\dot{W}_c}{\eta_s}$$

Dimana:

η_s = efisiensi isentropis kompresor

2.1.2.3 Coefisien of performance (COP)

Coefisien of performance merupakan keefektifan suatu mesin pendingin dalam mengatasi beban pendinginan yang ada. COP dari sistem dapat dihitung dengan persamaan :

$$COP = \frac{\dot{Q}_{ev}}{\dot{W}_{ca}}$$

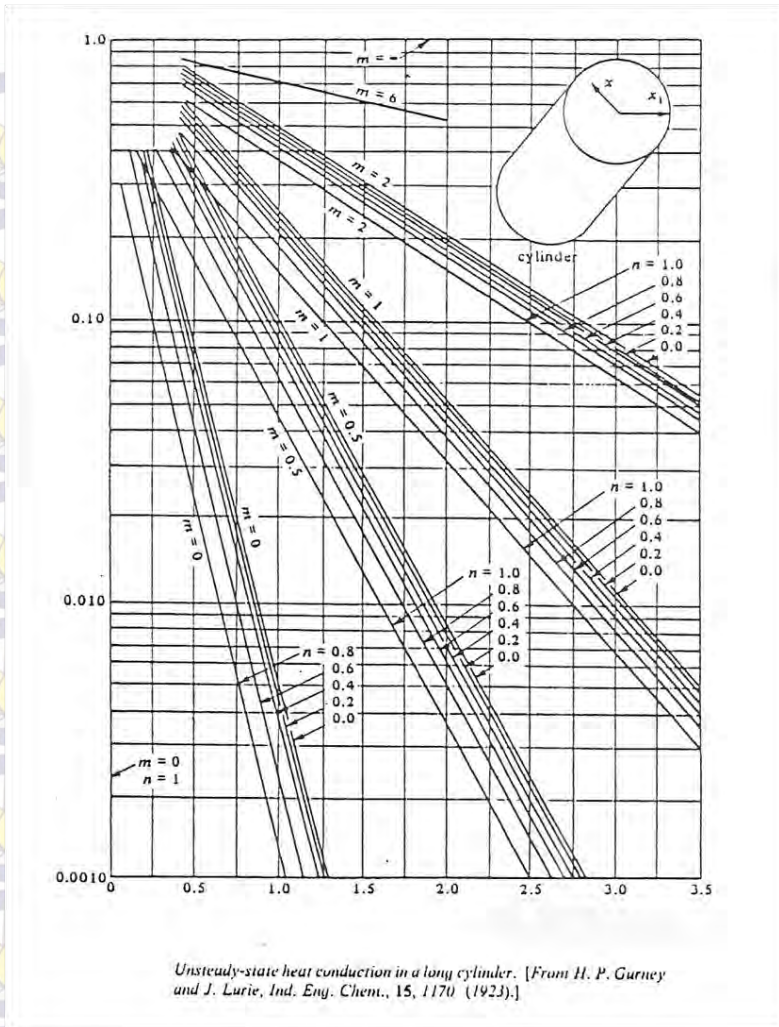
(referensi 1 hal 87)

2.2 Waktu Pendinginan

Untuk mendinginkan produk dari kondisi awal sampai kondisi akhir dengan dengan temperatir yang diinginkan, maka dibutuhkan waktu. Waktu dibutuhkan untuk itu adalah waktu pendinginan. Untuk menentukan waktu pendinginan tersebut digunakan metode grafik yaitu dengan memakai *Gurnie-Lurrie Chart*

2.2.1 Gurnie-Lurie Chart

Grafik ini digunakan untuk proses pemanasan maupun proses pendinginan produk yang berbentuk infinite slab, infinite cylinder dan bola. Asumsi yang diambil dalam memperhitungkan waktu adalah distribusi temperatur awal seragam dan tidak ada perubahan fase



Gambar 2.2 . Gurnie-Lurie chart untuk infinite cylinder
(referensi 5)

Disamping untuk mencari waktu pendinginan, grafik ini juga bisa dipakai untuk mengestimasi temperatur disembarang titik dan temperatur rata-rata dari produk yang homogen.

Grafik Gurnie-Lurie untuk infinite cylinder (gambar), dimana dalam perhitungan waktu pendinginan, produk diasumsikan berbentuk infinite cylinder dengan ujung-ujungnya diisolasi dan hanya satu permukaan yang mengalami perpindahan panas. Jika untuk menentukan waktu pembekuan dimana pada proses tersebut produk mengalami perubahan fase dari cair ke padat, maka penggunaan grafik ini tidak berlaku.

Dengan harga Y, n dan m , dari grafik Gurnie-Lurie akan didapat harga yang tepat untuk:

$$Y = \frac{T_c - T_2}{T_c - T_1}$$

$$X = \frac{\alpha t}{r^2}, \quad n = \frac{x}{r}, \quad m = \frac{k}{hr}, \quad \alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

(referensi 5)

Dimana :

T_c = temperatur media pendinginan, °F

T_1 = temperatur awal produk, °F

T_2 = temperatur akhir pusat produk, °F

x = Jarak dari pusat ke titik temperatur akhir, ft

r = jari jari botol, ft

h = koefisien perpindahan panas konveksi, Btu/h.ft².°F

k = Konduktivitas panas produk, Btu/h.ft.°F

t = waktu, jam

C_p = panas jenis produk, Btu/lb.°F

ρ = massa jenis produk, lb/ft³

2.3 Beban Pendinginan

Untuk suatu sistem refrigerasi harus direncanakan atau diperhitungkan energi panas yang harus diserap oleh sistem karena ingin menurunkan temperatur produk atau mengubah tingkat keadaan produk dari keadaan cair menjadi padat. Disamping itu juga menyerap energi panas yang disebabkan oleh lingkungan, konstruksi maupun peralatan dari sistem refrigerasi itu sendiri.

Beberapa macam sumber yang biasanya menjadi beban pendingin adalah:

1. Beban produk, yaitu aliran panas yang terjadi karena penurunan temperatur atau perubahan fase dari produk.
2. Beban transmisi, disebabkan karena aliran panas yang terjadi pada dinding, atap, pintu, dan lantai.
3. Beban orang, yaitu panas yang ditimbulkan oleh orang yang berada didalam ruangan pendingin karena memasuki atau mengambil produk.
4. Beban elektrik, yang ditimbulkan oleh peralatan elektrik dalam ruangan pendingin, seperti motor listrik, lampu penerangan ataupun peralatan yang lain.
5. Beban infiltrasi, yang disebabkan oleh pergantian udara ruangan dengan udara luar melalui pembukaan pintu, ventilasi maupun celah celah/

Adapun beban pendinginan yang ada dalam sistem Cold Storage adalah sebagai berikut:

1. Beban Produk
2. Beban transmisi, yang melewati dinding, lantai dan atap ruang Cold Storage
3. Beban elektrik, disebabkan adanya motor listrik penggerak fan, konveyor dan lampu penerangan.
4. Beban orang, karena ada pekerja yang memasukkan dan mengeluarkan produk.

Beban-beban tersebut akan menjadi beban pendinginan yang harus diatasi oleh sistem refrigerasi, sehingga beban tersebut merupakan beban pada evaporator.

2.3.1 Beban Produk

Beban pendinginan yang disebabkan oleh produk merupakan aliran panas yang terjadi karena adanya penyerapan panas oleh sistem, yaitu :

Panas lanjut, yaitu panas yang dilepaskan produk dari temperatur beku menjadi temperatur akhir produk yang diinginkan yaitu sama dengan temperatur kerja Cold Storage dan tidak terjadi perubahan fase. Besarnya beban tersebut dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q_p = m \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)$$

(referensi 3 hal 153)

Dimana:

Q_p = beban panas lanjut, Btu

T_1 = temperatur awal produk, °F

T_2 = temperatur akhir produk, °F

2.3.2 Beban Transmisi

Beban Transmisi merupakan beban yang disebabkan adanya laju perpindahan panas konduksi yang terjadi pada dinding, lantai maupun atap dari ruang Cold Storage. Karena perbedaan temperatur ruang Cold Storage dengan udara bebas cukup besar, juga untuk interval waktu tertentu hanya terjadi perbedaan temperatur yang tidak terlalu besar maka proses perpindahan panas konduksi yang terjadi bisa diasumsikan steady state.

Untuk menghitung laju perpindahan panas konduksi, baik melalui dinding, lantai maupun atap, dipakai persamaan berikut:

$$\dot{Q}_t = U.A.(T_o - T_i)$$

(referensi 6 hal 52)

Dimana:

- \dot{Q}_t = beban transmisi, Btu/h
- U = koefisien perpindahan panas total, Btu/h.ft².°F
- A = luas permukaan perpindahan panas, ft
- T_o = temperatur udara luar, °F
- T_i = temperatur udara dalam, °F

Harga koefisien perpindahan panas total tergantung pada kecepatan udara yang menyentuh permukaan, jenis bahan isolasi, kekasaran permukaan dan ketebalan bahan isolasi. Besarnya dapat dihitung dengan :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{R_{si}} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{R_{so}}$$

(referensi 3 hal 149)

Dimana :

- R_{si} = koefisien film permukaan dalam, Btu/h.ft².°F
- R_{so} = koefisien film permukaan luar, Btu/h.ft².°F
- x = ketebalan bahan, ft
- k = konduktifitas bahan, Btu/h.ft.°F

Panas merupakan suatu bentuk energi yang dapat berpindah dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Perpindahan panas tersebut terjadi dengan media perantara dan atau tanpa media perantara.

Proses perpindahan panas melalui tiga cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi . Namu saya tidak akan membahas tentang radiasi , karena asumsi perhitungan tanpa radiasi .

2.3.2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas akibat terjadi perbedaan temperatur didalam media diam. Menurut hukum Fourier untuk laju aliran konduksi panas dinding datar suatu dimensi ditunjukkan dengan persamaan

$$Q''_x = \frac{qx}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

Konstanta K disebut konduktifitas atau hantaran thermal benda itu, sedangkan tanda negatif diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Untuk kondisi steady state atau keadaan tunak dimana distribusi temperatur bersifat linier maka persamaan fourier dapat dinyatakan

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} = -\frac{kA}{L}(T_2 - T_1)$$

(referensi 2 hal 114)

Dimana: T_1 = Temperatur permukaan 1

T_2 = Temperatur permukaan 2

A = Luas penampang

L = Panjang benda

2.3.2.2 Perpindahan Panas konveksi

Perpindahan panas konveksi terdiri dari dua mekanisme, yaitu perpindahan energi sebagai akibat dari pergerakan molekuler acak dan ada juga energi yang dipindahkan oleh pergerakan secara mikroskopis dari suatu fluida. Laju perpindahan panas konveksi dapat ditentukan dengan persamaan

$$q'' = h(T_s - T_\infty)$$

(referensi 2 hal 114)

Dimana : q'' = Flux panas konveksi (W/m^2)

H = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2.K$)

T_s = Temperatur permukaan

T_∞ = Temperatur fluida

2.3.3 Beban Elektrikal

Peralatan elektrikal yang berada di ruangan Cold Storage dapat menimbulkan beban elektrikal, yaitu motor listrik dan lampu penerangan. Untuk beban yang ditimbulkan oleh motor listrik dapat dihitung besarnya dengan persamaan :

\dot{Q}_m = faktor x jumlah
(referensi 3 hal 155)

Dimana:

\dot{Q}_m = beban motor listrik ,BTU/hr

Sedangkan untuk lampu penerangan, beban yang ditimbulkan adalah:

$\dot{Q}_l = w \times 3,4 \frac{\text{btu}}{\text{hr}} \times \text{BF} \times \text{CLF} \times \text{jumlah}$
(referensi 6 hal 137)

Dimana :

\dot{Q}_l = beban lampu penerangan,BTU/hr

BF= ballast factor

CLF = cooling load factor for lightning

W= daya lampu ,watt

Sedangkan untuk Pemanas evaporator, beban yang ditimbulkan adalah :

$\dot{Q}_l = w \times 3,4 \frac{\text{watt}}{\text{hr}}$
(referensi 3 hal 155)

Dimana :

\dot{Q}_l = beban lampu penerangan,BTU/hr

W= daya lampu ,watt

2.3.4 Beban Orang

Untuk memasukan dan mengeluarkan produk dibutuhkan bebarapa pekerja yang berada di ruang cold storage. Dengan adanya orang di dalam cold storage akan menimbulkan beban panas yang berasal dari badan orang tersebut dimana temperatur orang lebih besar dari temperatur ruangan cold storage, sehingga beban yang terjadi besarnya adalah:

$$Q_{orang} = Q_{sensible} \times Q_{laten}$$

(referensi 6 hal 139)

Dimana:

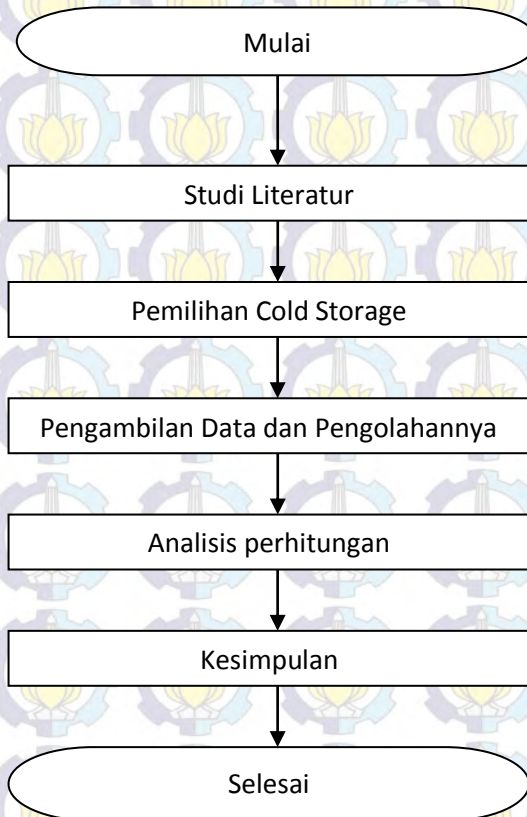
$$Q_{sensible} = q_s \times \text{jumlah orang} \times CLF$$

$$Q_{laten} = q_{laten} \times \text{jumlah orang}$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

Agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, ditempuh melalui beberapa tahapan di antaranya dapat berupa seperti flowchart di bawah ini :



Gambar 3.1FlowChart Pengerjaan Tugas Akhir

Berikut ini merupakan langkah – langkah dalam penyusunan tugas akhir, berikut ini urutan prosesnya :

3.2 Persiapan Awal

- a) Penentuan tema Tugas Akhir tentang Cold Storage
- b) Studi literatur terhadap proses Pendinginan Cold Storage
- c) Penjadwalan terhadap pengambilan data ke Pusat Veterania Farma Surabaya
- d) Tanya jawab tentang vaksin apa yang di gunakan
- e) Menyiapkan alat-alat penunjang pengujian untuk pengambilan data seperti anemometer, pressure manifold, thermometer , timbangan digital dan meteran

3.3 Peralatan Ukur Untuk Pengujian

Dalam pengambilan data – data saat pengamatan dibutuhkan beberapa peralatan ukur, diantaranya :

1. **Thermometer Digital**, alat yang digunakan untuk mengukur temperatur ruangan dalam cold sotrage .Thermometer yang digunakan dapat mengukur dari -50 hingga 600 °C dengan ketelitian 1 °C.



Gambar 3.2 Thermometer Digital

2. **Timbangan**, alat yang digunakan untuk mengetahui berat botol vaksin .Timbangan digital yang digunakan mengukur 0,0000 kg hingga 55,000 kg.



Gambar 3.3 Timbangan Digital

3. **Pressure Manifold** , alat alat yang digunakan untuk menegtahui tekanan refrigerant pada sistem refrigerasi cold storge . dengan menggunakan satuan psi .



Gambar 3.4 Pressure manifold

4. **Meteran** , alat yang digunakan untuk mengukur dimensi Cold Storage ,botol vaksin dan wadah rak vaksin. Dengan ketelitian 1mm.



Gambar 3.5 Meteran

3.4 Tahap Pengambilan Data

Dalam Pengambilan data, tidak cukup sehari untuk datang ke cold storage Pusat Veterania farma karena untuk masuk ke dalam cold storage harus ada izin secara lisan dan waktunya pada sekitar ruangan tersebut tidak sedang terjadi produksi vaksin. Kalau terjadi proses produksi vaksin, orang di luar ruangan tersebut tidak diizinkan masuk. Berikut data yang diambil ketika pengamatan di lokasi Cold Storage:

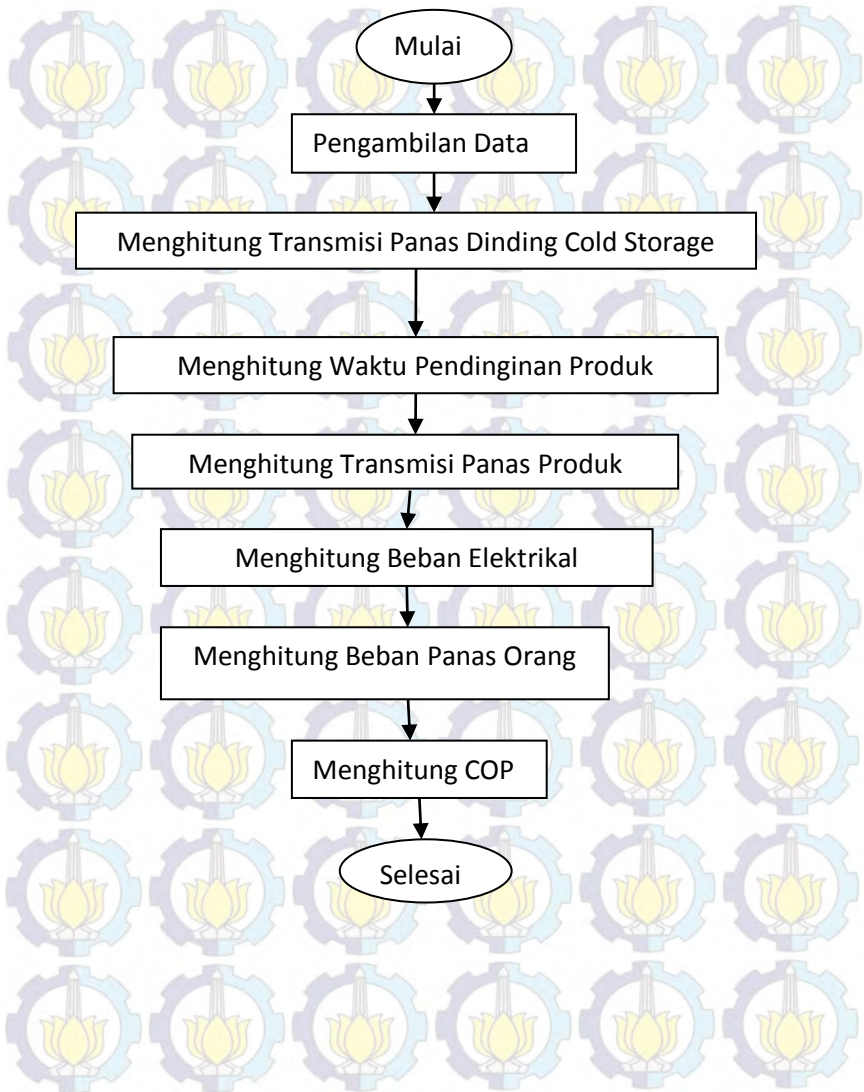
- Dimensi cold storage
- Tekanan refrigerant sistem refrigerasi
- Temperatur condensor
- Temperatur evaporator
- Temperatur dalam dan luar ruangan cold storage
- Temperatur setting panel control
- Jenis vaksin
- Dimensi botol vaksin

3.5 Tahap Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengamatan dan diperoleh data – data dari hasil pengamatan, kemudian dilakukan beberapa pengolahan data yang dimasukkan dalam suatu perhitungan di antaranya:

1. Menghitung panas yang masuk kedalam cold storage melalui dinding ($Q_{\text{konstruksi}}$).
2. Menghitung waktu beban pendinginan produk (t)
3. Menghitung panas yang masuk dalam produk (Q_{produk})
4. Menghitung entalphy dalam sistem refrigerasi (h)
5. Menghitung kerja kompresor (W).
6. Menghitung performa sistem refrigerasi (COP)

3.6 Diagram Alir Proses Pengolahan data



Gambar 3.6 Diagram Alir Proses Pengolahan data

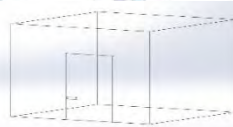
BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN

4.1 Data-Data Hasil Pengamatan

Beberapa data yang diperlukan untuk melakukan analisis adalah sebagai berikut:

- Temperatur dalam cold storage = 3°C
- Temperatur luar cold storage = $26,2^{\circ}\text{C}$
- Dimensi cold storage

Panjang = 3m	= 9,84251ft
Lebar = 3m	= 9,84251ft
Tinggi = 2,8m	= 9,1863ft



Gambar 4.1 Dimensi Cold Storage 2D dan 3D

1. Data konstruksi cold storage

✓ Bahan Isolasi

- Dinding belakang , kanan , kiri , depan dan atas
 1. Aluminium

Tebal (L_1)	0,2cm	= 0,00656ft
Konduktivitas termal (k_A)	= 118.446 BTU/hr.Ft $^{\circ}\text{F}$	
 2. Polyurethane

Tebal (L_2)	7,5cm	= 0,246ft
Konduktivitas termal (k_p)	= 0,0115 BTU/hr.Ft $^{\circ}\text{F}$	

- Pintu

1. Stainless Steel

Tebal (L_3) 0,4cm = 0,0131ft

Konduktivitas termal (k_{SS}) = 9,244 BTU/hr.Ft $^{\circ}$ F

2. Polyurethane

Tebal (L_4) 10cm = 0,32808ft

Konduktivitas termal (k_p) = 0,0115 BTU/hr.Ft $^{\circ}$ F

- Lantai

1. Lapisan Semen

Tebal (L_5) 5cm = 0,16404ft

Konduktivitas termal (k_s) = 0,999 BTU/hr.Ft $^{\circ}$ F

2. Polyurethane

Tebal (L_6) 10cm = 0,3280ft

Konduktivitas termal (k_p) = 0,0115 BTU/hr.Ft $^{\circ}$ F

3. Beton

Tebal (L_7) 40cm = 1.31231ft

Konduktivitas termal (k_B) = 1,04 BTU/hr.Ft $^{\circ}$ F

✓ Luas permukaan konstruksi cold storage

1. bagian depan (A_1) 6,4m = 68,889ft 2

2. pintu (A_2) 2m 2 = 21,52782ft 2

3. bagian kanan, kiri,
belakang (A_3) 8,4m 2 = 90,4168ft 2

4. bagian lantai (A_4) 9m 2 = 96,8751ft 2

5. bagian atas (A_5) 9m 2 = 96,8751ft 2

2. Data botol vaksin

1. Tinggi cilinder : 13,5cm

2. Diameter : 6cm



Gambar 4.2 Botol Vaksin

4.2 Perhitungan Waktu Pendinginan

Produk vaksin sebelum dimasukan ke ruang cold storage dengan temperatur 6°C, yang kemudian akan mengalami pendinginan menuju temperatur ruang cold storage yaitu 3°C.

Asumsi:

1. Temperatur awal produk masuk seragam
2. Bentuk produk sebagai infinite cylinder (botol)
3. Temperatur ruangan cold storage 3°C (37,4°F)

Sifat thermal vaksin berisi Emulsi air dalam minyak Ajuvan 50% (mineral oil) :

- $C_{p_{oli}} = 0,4 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{f}$
- $C_{p_{air}} = 1 \text{ Btu/lb}^{\circ}\text{f}$
- $K_{oli} = 0,086 \text{ Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}$

- $K_{\text{air}} = 0,335 \text{ Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}$
- $\rho_{\text{air}} = 62,3031 \text{ lb/ft}^3$
- $\rho_{\text{air}} = 49,942 \text{ lb/ft}^3$

Koefisien perpindahan panas konveksi dari **Tabel 4.1 coefisien of heat transfer air**, maka dapat nilai :

Flow type	(W/m ² K)
Forced convection; low speed flow of air over a surface	10
Forced convection; moderate speed flow of air over a surface	100
Forced convection; moderate speed cross- flow of air over a cylinder	200
Forced convection; moderate flow of water in a pipe	3000
Forced Convection; molten metals	2000 to 45000
Forced convection; boiling water in a pipe	50,000
Forced Convection - water and liquids	50 to 10000
Free Convection - gases and dry vapors	5 to 37
Free Convection - water and liquids	50 to 3000
Air	10 to 100
Free convection; vertical plate in air with 30°C temperature difference	5
Boiling Water	3.000 to 100.000
Water fowing in tubes	500 to 1200
Condensing Water Vapor	5.0 - 100.0
Water in free convection	100 to 1200
Oil in free convection	50 to 350
Gas flow on tubes and between tubes	10 to 350

(referensi 4)

Tabel 4.1 Tabel coefisien of heat transfer air

Dengan asumsi konveksi bebas dengan kecepatan udara dalam cold storage rendah diperoleh 100 W/m².k atau kalau di konversikan menjadi 17,611 BTU/h-ft².°F

Perhitungan waktu pendinginan menggunakan metode Gurnie-Lurie Chart, dengan data data sebagai berikut :

- a. $T_c = 3^{\circ}\text{C} = 37,4^{\circ}\text{F}$
- b. $T_1 = 6^{\circ}\text{C} = 42,8^{\circ}\text{F}$
- c. $T_2 = 3^{\circ}\text{C} = 37,4^{\circ}\text{F}$
- d. $r = 3\text{cm} = 0,098\text{ft}$
- e. $x = 0$

Temperatur ratio $Y = \frac{T_c - T_2}{T_c - T_1} = \frac{37,4 - 37,4}{37,4 - 42,8} = \frac{0}{-5,4} = 0$

Radius ratio $n = \frac{x}{r} = \frac{0}{0,098} = 0$

Resistance ratio(oli) $m = \frac{K_{oli}}{h.r} = \frac{0,086}{17,611 \cdot 0,098} \times \frac{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}}{\text{Btu/hr.ft}^2.\text{of} \times \text{ft}} = 0,14$

Dari grafik didapat $X_{oli} = 1,3$

Resistance ratio(air) $m = \frac{K_{air}}{h.r} = \frac{0,335}{17,611 \cdot 0,098} \times \frac{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}}{\text{Btu/hr.ft}^2.\text{of} \times \text{ft}} = 0,19$

Dari grafik didapat $X_{air} = 1,3$

$t_{oli} = \frac{X_{oli} \cdot \rho \cdot C_p \cdot r \cdot r}{k} = \frac{1,3 \cdot 49,42 \cdot 0,4 \cdot 0,098 \cdot 0,098}{0,093} \times \frac{\text{lb/ft}^3 \times \text{Btu/lb}^\circ\text{f} \times \text{ft} \times \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}}$
 $= 2,7 \text{ jam}$

$t_{air} = \frac{X_{air} \cdot \rho \cdot C_p \cdot r \cdot r}{k} = \frac{1,3 \cdot 62,3031 \cdot 1,0 \cdot 0,098 \cdot 0,098}{0,3871} \times \frac{\text{lb/ft}^3 \times \text{Btu/lb}^\circ\text{f} \times \text{ft} \times \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}}$
 $= 2 \text{ jam}$

jadi rata rata waktu pendinginan vaksin adalah $t = \frac{2,7+2}{2} = 2,35 \text{ jam}$

4.3 Beban Panas Produk

Tabel 4.2 Spesifikasi produk vaksin

Spesifikasi Produk	
Jenis Vaksin	Septivet
Komposisi	50% air dan 50% mineral oil
Temperatur Masuk	42,8 ⁰ F (6 ⁰ C)
Temperatur diinginkan	37,4 ⁰ F (3 ⁰ C)

Massa setiap botol	35g
Massa total dengan asumsi 1000botol	35kg (77,161 lb)
Spesifik heat air	1 Btu/lb ^o f
Spesifik heat mineral oil	0,4 Btu/lb ^o f

Beban panas dari Vaksin dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut , dengan diketahui jika komposisi dalam vaksin ada 2 bahan yang berbeda :

$$Q_{air} = \frac{m}{2} \times C_w \times (T_1 - T_2)$$

$$Q_{air} = \frac{77,161}{2} \times 1 \times (42,8 - 37,4) \times \text{gram} \times \text{Btu/lb}^{\text{o}}\text{f} \times \text{f}$$

$$Q_{air} = 208,3347 \text{ BTU}$$

$$Q_{oli} = \frac{m}{2} \times C_{oil} \times (T_1 - T_2)$$

$$Q_{oli} = \frac{77,161}{2} \times 0,4 \times (42,8 - 37,4) \times \text{gram} \times \text{Btu/lb}^{\text{o}}\text{f} \times \text{f}$$

$$Q_{oli} = 83,3338 \text{ BTU}$$

$$Q_{produk} = Q_{air} + Q_{oli}$$

$$= 208,3347 + 83,3338$$

$$= 291,6685 \text{ BTU}$$

Jadi beban produk persatuan waktu adalah:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{produk}} &= \frac{Q_p}{t} \\ &= \frac{291,6685}{2,35} \times \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} \\ &= 124,114 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Pada Dinding, Lantai Dan Atap

Untuk mencari koefisien film pada permukaan dinding luar maupun dalam dapat meninjau dari **tabel 4.3 surface air film**

SURFACE AIR FILMS

	Direction of Heat Flow	R-Value
STILL AIR (interior surfaces)		
Horizontal	Upward	0.61
Sloping-45 degree	Upward	0.62
Vertical	Horizontal	0.68
Sloping-45 degree	Downward	0.76
Horizontal	Downward	0.92
MOVING AIR (exterior surfaces)		
15 mph Wind (Winter)	Any	0.17
7.5 mph Wind (Summer)	Any	0.25

(referensi 6 hal 494)

4.4.1 Transmisi Panas Melalui Pintu

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{R_{so}} + 2 \frac{L_3}{K_{ss}} + \frac{L_4}{K_p} + \frac{1}{R_{si}}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{0,68} + 2 \frac{0,0131}{9,244} + \frac{0,32808}{0,0115} + \frac{1}{0,17} \times$$

$$\frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}} + \frac{2 \cdot \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}} + \frac{\text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}} + \frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}}$$

$$1/U = 35,881$$

$$U = 0,02786 \text{ Btu/hr.ft}^2\text{.}^\circ\text{f}$$

$$\dot{Q}_{\text{pintu}} = U \times A_2 \times \Delta T$$

$$= 0,02786 \times 21,5278 \times (79,16 - 37,4) \times$$

$$\text{BTU/hr.ft}^2\text{.}^\circ\text{f} \times \text{ft}^2 \times ^\circ\text{F}$$

$$= 25,0461 \text{ BTU/hr}$$

4.4.2 Transmisi Panas Melalui Dinding Kanan , Kiri dan Belakang

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{R_{so}} + 2 \frac{L_1}{Ka} + \frac{L_2}{Kp} + \frac{1}{R_{si}}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{0,68} + 2 \frac{0,00656}{118,446} + \frac{0,246}{0,0115} + \frac{1}{0,17} \times$$

$$\frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}} + \frac{2 \cdot \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}} + \frac{\text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}} + \frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^\circ\text{f}}$$

$$1/U = 28,7414$$

$$U = 0,0347 \text{ Btu/hr.ft}^2\text{.}^\circ\text{f}$$

$$\dot{Q}_{\text{dinding kanan,kiri dan belakang}} = U \times A_3 \times \Delta T$$

$$= 3 \times [0,0347 \times 90,4168 \times (79,16 - 37,4)]$$

$$\times \text{Btu/hr.ft}^2\text{.}^\circ\text{f} \times \text{ft}^2 \times ^\circ\text{f}$$

$$= 131,0204 \text{ BTU/hr}$$

4.4.3 Transmisi Panas Melalui Atap

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{R_{so}} + 2 \frac{L_1}{K_a} + \frac{L_2}{K_p} + \frac{1}{R_{si}}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{0,92} + 2 \frac{0,00656}{118,446} + \frac{0,246}{0,0115} + \frac{1}{0,17} \times$$

$$\frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}} + \frac{2 \cdot \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}} + \frac{\text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}} + \frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}}$$

$$1/U = 30,3964$$

$$U = 0,03289 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{}^{\circ}\text{f}$$

$$\dot{Q}_{\text{atap}} = U \times A_4 \times \Delta T$$

$$= 0,03289 \times 96,8751 \times (79,16 - 37,4)$$

$$\times \text{Btu/hr.ft}^2.\text{}^{\circ}\text{f} \times \text{ft}^2 \times \text{}^{\circ}\text{F}$$

$$= 133,0566 \text{ BTU/hr}$$

4.4.4 Transmisi Panas Melalui Lantai

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{R_{so}} + 2 \frac{L_5}{K_s} + \frac{L_4}{K_p} + \frac{L_7}{K_b} + \frac{1}{R_{si}}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{0} + 2 \frac{0,16404}{0,999} + \frac{0,3280}{0,0115} + \frac{1,3123}{1,04} + \frac{1}{0,17} \times$$

$$\frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}} + \frac{2 \cdot \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}} + \frac{\text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}} + \frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^{\circ}\text{f}}$$

$$1/U = 16,5291$$

$$U = 0,0604 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{}^{\circ}\text{f}$$

Untuk temperatur tanah dapat diasumsikan sebagai temperature rata-rata dan temperatur cold storage dan temperature maksimum ruang di luar cold storage yaitu:

$$T_o = T_t = \frac{TS+T_{cs}}{2} = \frac{79,16+37,4}{2} = 58,28 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{lantai}} &= U \times A_5 \times \Delta T \\ &= 0,0604 \times 96,8751 \times (58,28-37,4) \\ &\quad \times \text{Btu/hr.ft}^2.\text{ } ^\circ\text{F} \times \text{ft}^2 \times \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= 122,1742 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

4.4.5 Transmisi Panas Melalui Dinding Depan

$$\begin{aligned} \frac{1}{u} &= \frac{1}{R_{so}} + 2 \frac{L_1}{K_a} + \frac{L_2}{K_p} + \frac{1}{R_{si}} \\ \frac{1}{u} &= \frac{1}{0,68} + 2 \frac{0,00656}{118,446} + \frac{0,246}{0,0115} + \frac{1}{0,17} \times \\ &\quad \frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^2.\text{ } ^\circ\text{F}} + \frac{2 \cdot \text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^2.\text{ } ^\circ\text{F}} + \frac{\text{ft}}{\text{Btu/hr.ft.}^2.\text{ } ^\circ\text{F}} + \frac{1}{\text{Btu/hr.ft.}^2.\text{ } ^\circ\text{F}} \end{aligned}$$

$$1/U = 28,7443$$

$$U = 0,0347 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{\text{dinding depan}} &= U \times A_1 \times \Delta T \\ &= 0,0347 \times 68,889 \times (79,16-37,4) \\ &\quad \times \text{Btu/hr.ft}^2.\text{ } ^\circ\text{F} \times \text{ft}^2 \times \text{ } ^\circ\text{F} \\ &= 99,8251 \text{ BTU/hr} \end{aligned}$$

4.4.6 Beban Pendinginan Akibat Transmisi Panas Melalui Konstruksi Cold Storage

$$\dot{Q}_{\text{total konstruksi}} = \dot{Q}_{\text{pintu}} + \dot{Q}_{\text{dinding kanan, kiri, belakang}} + \dot{Q}_{\text{atap}}$$

$$\begin{aligned}
 & \dot{Q}_{\text{lantai}} + \dot{Q}_{\text{dinding depan}} \\
 & = 25,0461 + 131,0204 + 133,0566 + 122,1742 + \\
 & \quad 99,8251 \\
 & = 511,1224 \text{ BTU/hr}
 \end{aligned}$$

4.5 Beban Elektrikal

Beban elektrikal merupakan beban yang disebabkan oleh adanya peralatan listrik di dalam ruangan cold storage. Didalam cold storage terdapat motor fan, lampu penerangan dan elemen pemanas evaporator dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. 1 buah fan berdaya 1HP
2. 1 lampu berdaya 60watt
3. Elemen pemanas berdaya 3775watt

4.5.1 Beban Panas Dari Motor Listrik

Motor Listrik yang digunakan untuk memutar fan guna menghembuskan udara kedalam ruang cold storage sehingga beban yang di timbulkan:

$$Q_m = \text{faktor} \times \text{jumlah}$$

Untuk motor listrik yang mempunyai daya 0,17 HP mempunyai faktor 1160 BTU/hr, sehingga:

$$\dot{Q}_m = 1160 \times 1$$

$$\dot{Q}_m = 1160 \text{ BTU/hr}$$

4.5.2 Beban Panas Dari Lampu Penerangan

Lampu penerangan di dalam cold storage dinyalakan selama 24 jam penuh, sehingga :

$$Q_l = \text{Daya lampu} \times 3,4 \times BF \times CLF \times \text{jumlah}$$

$$\dot{Q}_l = 60 \times 3,4 \times 1,25 \times 1 \times 1$$

$$\dot{Q}_l = 255 \text{ BTU/hr}$$

4.5.3 Beban Panas Akibat Elemen Pemanas Evaporator

Elemen pemanas digunakan untuk melakukan defrost pada evaporator selama 3 jam dalam sehari dengan daya 3,775watt jadi beban panas yang ditimbulkan adalah:

$$\dot{Q}_p = \text{Daya pemanas} \times 3,4$$

$$\dot{Q}_p = 3775 \times 3,4$$

$$\dot{Q}_p = 12835 \text{ BTU/hr}$$

4.5.4 Beban Total Elektrikal

$$\dot{Q}_{\text{elektrikal}} = Q_m + Q_l + Q_p$$

$$\dot{Q}_{\text{elektrikal}} = 1160 + 255 + 12835$$

$$\dot{Q}_{\text{elektrikal}} = 14250 \text{ BTU/hr}$$

4.6 Beban Panas Dari Orang

Dalam sehari 2 orang pekerja didalam ruang cold storage selama 30menit sehari untuk memasukan dan mengeluarkan produk sehingga menimbulkan beban pendinginan dalam sehari sebesar :

$$Q_{\text{orang}} = Q_{\text{sensibel}} \times Q_{\text{laten}}$$

$$Q_{\text{sensibel}} = q_s \times \text{jumlah orang} \times CLF$$

$$\dot{Q}_{\text{sensibel}} = 580 \times 2 \times 0,04$$

$$\dot{Q}_{\text{sensibel}} = 46,4 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_{\text{laten}} = q_{\text{laten}} \times \text{jumlah orang}$$

$$\dot{Q}_{\text{laten}} = 870 \times 2 \times 1$$

$$\dot{Q}_{\text{laten}} = 1740 \text{ BTU/hr}$$

$$\dot{Q}_{\text{orang}} = \dot{Q}_{\text{sensibel}} + \dot{Q}_{\text{laten}}$$

$$= 46,4 + 1740$$

$$= 1786,4 \text{ BTU/hr}$$

4.7 Beban Total

Beban total adalah jumlah beban yang ditimbulkan oleh beban produk, beban panas transmisi pada konstruksi cold storage, beban elektrik dan beban orang, yang besarnya adalah :

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{produk} + \dot{Q}_{total\ konstruksi} + \dot{Q}_{elektrikal} + \dot{Q}_{orang}$$

$$\dot{Q}_{total} = 124,114 + 511,1224 + 14250 + 1786,4$$

$$\dot{Q}_{total} = 16671,6364 \text{ BTU/hr}$$

Dengan mengambil faktor koreksi sebesar 10% , maka $\dot{Q}_{total} = 18338,8 \text{ BTU/hr}$

4.8 Perhitungan Prestasi Siklus Refrigerasi Cold Storage

Pada saat pengukuran cold storage :

1. Temperatur Evaporator (T_e) : $-3 \text{ }^\circ\text{C}$
2. Temperatur kondensor (T_k) : $77 \text{ }^\circ\text{C}$
3. $H_3=h_4 = 149,52 \text{ KJ/Kg} = 64,278 \text{ btu/lb}$
4. $H_1 = 248,77 \text{ kJ/Kg} = 106,946 \text{ btu/lb}$
5. $H_2 = 310,74 \text{ KJ/Kg} = 133,587 \text{ btu/lb}$

4.8.1 Perhitungan Laju Aliran Massa Refrigeran

$$\dot{Q}_e = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4)$$

$$\dot{m} = \frac{18338,8}{(106,946 - 64,278)} \times \frac{\text{Btu/hr}}{\text{Btu/lb}}$$

$$\dot{m} = 429,8021 \text{ lb/hr}$$

4.8.2 Daya Kompresor

$$\dot{W}_c = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

$$\dot{W}_c = 429,8021 \cdot (133,587 - 106,946) \times \text{lb/hr} \times \text{btu/lb}$$

$$\dot{W}_c = 11450,36 \text{ BTU/hr}$$

Dengan mengambil efisiensi isentropis kompresor = 85%

$$\dot{W}_{ca} = 11450,36 / 0,85$$

$$\dot{W}_{ca} = 13471,012 \text{ BTU/hr}$$

4.8.3 COP sistem

COP dengan asumsi Q efek refrigerasi sama dengan Q total beban ruangan . maka COP dapat didekati sebagai berikut:

$$\text{COP} = \dot{Q}_{ev} / \dot{W}_{ca}$$

$$\text{COP} = 18338,8 / 13471,012 \times \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \frac{\text{hr}}{\text{BTU}}$$

$$\text{COP} = 1,36$$

4.8.4 Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.4 asil Pengolahan Data

Waktu Pendinginan	2,35 jam
Q Produk	124,114 BTU/hr
Q konstruksi	511,1224 BTU/hr
Q Elektrikal	14250 BTU/hr
Q Orang	1786,4 BTU/hr
Q Total	18338,8 BTU/hr
Work Compressor actual	13471,012 BTU/hr
COP	1,36

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

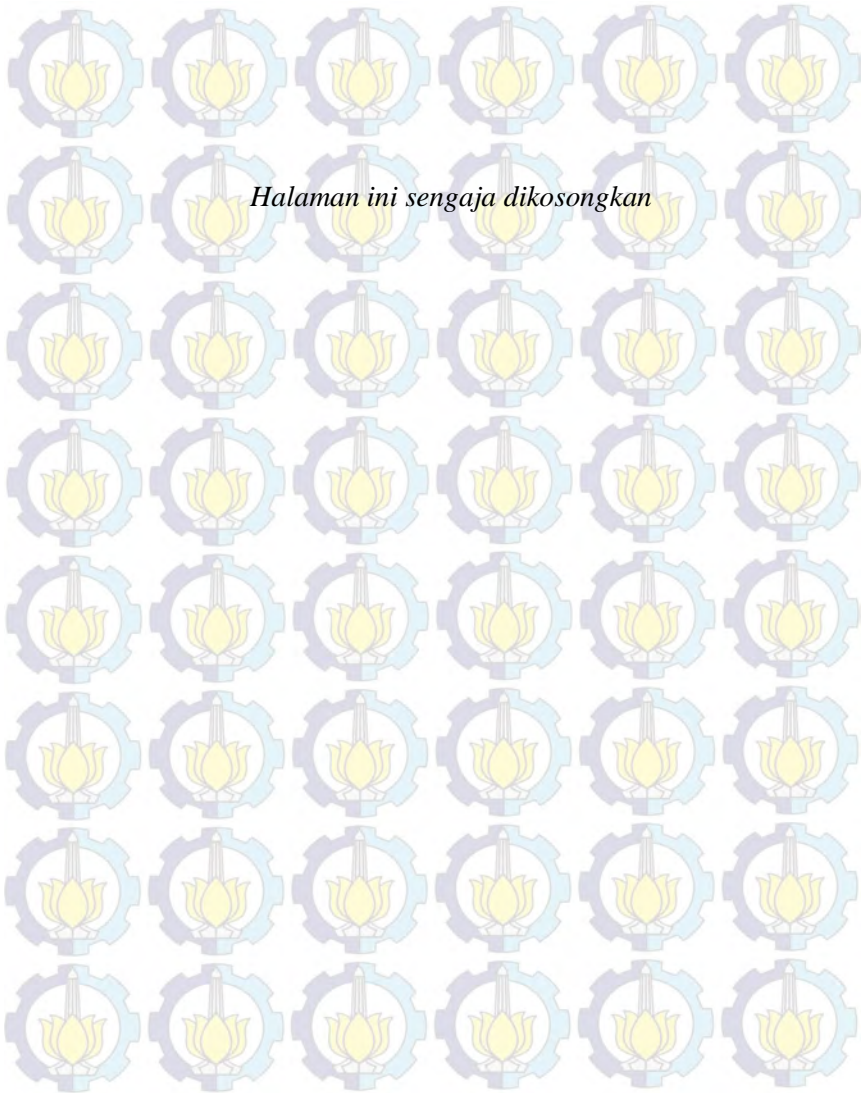
5.1 Kesimpulan

Dari penulisan tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan asumsi temperatur ruang cold storage konstan - 3°C, maka waktu pendinginan yang dibutuhkan untuk mendinginkan vaksin sesuai temperatur konstan cold storage adalah 2,35 Jam
2. Beban yang terjadi pada sistem yang merupakan jumlah beban-beban yang ada yaitu beban produk, beban konstruksi, beban elektrikal dan beban orang adalah sebesar 18338,8 BTU/hr
3. Untuk mengatasi beban pendinginan yang terjadi pada sistem digunakan sistem refrigerasi uap standar dengan refrigeran R22 , dengan laju aliran massa 429,8021 lb/hr, daya yang dibutuhkan kompresor sebesar 13471,012 BTU/hr (5,26 HP atau dibulatkan 6 HP) dan COP dari sistem adalah 1,36

5.2 Saran

1. Menambah kualitas isolasi untuk cold storage agar beban pendinginan yang akan diatasi mesin refrigerasi tidak terlalu tinggi dan COP meningkat.
2. Menambah daya kompresor untuk mengatasi beban pendinginan yang besar.



LAMPIRAN

Tabel Konversi Satuan

11/10/2015

Bahan Belajar: Besaran, Satuan, Dimensi, dan Konversi Satuan

Besaran tambahan	Satuan	Lambang satuan
Sudut datar	Radian	rad
Sudut ruang	Steradian	sr

Tabel Besaran Tambahan

Sistem	Panjang	Waktu	Massa	Gaya	Energi	Suhu
CGS	cm	s	g	dyne	Erg	°K, °C
FPS	ft	s	lbm	lbf	ft.lbf	°R, °F
USA	ft	s	lbm	lbf	Btu(Btu)	°R, °F

Konversi Satuan

Kelebihan sistem Satuan Internasional (SI) adalah kemudahan dalam pemakaiannya karena menggunakan sistem desimal (kelipatan 10) dan hanya ada satu satuan pokok untuk setiap besaran dengan penambahan awalan untuk satuan yang lebih besar atau lebih kecil. Misalnya, 1 centimeter = 0,01 meter atau 1 kilogram sama dengan 1000 gram. Selain mengkonversi satuan dalam sistem internasional, kita juga harus mengetahui konversi satuan dalam sistem yang berbeda, antara lain dari satuan Sistem Internasional ke Sistem British atau sebaliknya.

Massa, Berat (massa, berat)

pounds, kilograms, grams, ounces, grains, tons (long), tons (short), tons (metric), carat, grain, ounce mass, pound mass (lb_m), slug, tonne

- 1 kg = 1.000 gram = 2.2046 lb = 6.8521 · 10⁻² slug
- 1 lb = 16 oz = 0.4536 kg = 453.6 g = 7000 grains = 0.03108 slug
- 1 slug = 14.594 kg = 32.174 lb_m
- 1 grain = 0.000143 lb = 0.0648 g
- 1 g = 15.43 grains = 0.0353 oz = 0.002205 lb
- 1 qt = 0.9464 liters
- 1 metric ton (or tonne) = 1 tonne métrique = 1000 kg = 10⁶ g = 10⁹ mg = 0.907 short tons
- 1 short ton = 2000 lbs = 907.18474 kg
- 1 long ton = 2240 pounds = 1.016 0469088 kg
- 1 oz (ounce) = 28.35 g = 437.5 grains = 0.0625 lb = 0.0000279 long ton (UK) = 0.00003125 long ton (US) = 0.000558 long hundredweight (UK) = 0.000625 long hundredweight (US) = 0.004464 stone = 10 dram
- 1 troy pound = 12 troy ounces
- 1 scruple = 20 grains
- 1 dram = 3 scruples
- 1 apothecary ounce = 8 drams
- 1 apothecary pound = 12 apothecary ounces
- 1 pennyweight = 24 grains
- 1 Gal. H₂O = 8.33 Lbs. H₂O
- 1 cental (US) = 45 350 kilogram = 100 pound
- 1 carat (metric) = 3.0865 grain = 0.2 gram = 200 milligram
- 1 hectogram = 100 gram = 0.26769 pound (apoth or troy) = 0.2205 pound (avdp)

Length (Panjang)

feet, meters, centimeters, kilometers, miles, furlongs, yards, micrometers, inches, angstrom, cubit, fathom, foot, hand, league, light year, micron, mil, nautical mile, rod,

- 1 m (meter) = 3 2808 ft = 39.37 in = 1.0936 yd = 6.214 · 10⁻⁴ mile
- 1 km = 0.6214 mile = 3281 ft = 1094 yds
- 1 m (inch) = 25.4 mm = 2.54 cm = 0.0254 m = 0.08333 ft = 0.02778 yd = 1.578 · 10⁻⁵ mile
- 1 ft (foot) = 0.3048 m = 12 in = 0.3333 yd = 1.894 · 10⁻⁴ mile = 30.48 cm = 304.8 mm
- 1 mm = 10⁻³ m
- 1 cm = 10⁻² m = 0.3937 in = 0.0328 ft = 1 · 10⁸ Angstrom = 0.03281 foot = 0.0984 hand (horses) = 0.3937 inch = 1 · 10⁻⁵ kilometer = 0.0497 link (Gunter) = 0.0328 (Rarden) = 1000 micrometer = 1000 micron = 5.3996 · 10⁻⁶ mile (naut) = 6.2137 · 10⁻⁶ mile (US statute) = 10 millimeter = 1 · 10⁷ millimicron = 393.7 mil = 2.371 picas (printers) 28.4528 point (printers) = 0.00199 rod (US Survey) = 0.01094 yard
- 1 mm = 0.03937 in
- 1 Angstrom = 10⁻¹⁰ m = 1 · 10⁻⁸ cm = 3.937 · 10⁻⁹ inch = 1 · 10⁻⁴ micrometer = 0.0001 micron = 0.1 millimicron
- 1 mile = 1.6093 km = 1,609.3 m = 63,346 in = 5,280 ft = 1,760 yd
- 1 mil (Norway and Sweden) = 10 kilometres
- 1 mn (nautical mile, sea mile) = 1,852 metres = 1.151 mile = 6076.1 feet = 0.016667 degree of latitude
- 1 yd (yard) = 0.9144 m = 36 in = 3 ft = 5.682 · 10⁻⁴ mile
- 1 Furlong = 660 feet = 40 rods = 1/8 mile
- 1 rod = 5.5 yards
- 1 land league = 3 miles
- 1 Fathom = 6 feet = 1.828804 meters
- 1 astronomical unit = 1.496 · 10⁸ kilometer

- 1 cable (UK) = 0.00167 degree Latitude = 185.37 meter
- 1 cable length (US Survey) = 120 fathom (US Survey) = 720 foot (US Survey) = 219.456 meter
- 1 caliber = 0.01 inch = 0.254 mm
- 1 chain (Gunter or US Survey) = 2011.7 centimeter = 66.00013 foot = 66 foot (US Survey) = 0.1 Furlong (US Survey) = 792 inch (US Survey) = 100 link (Gunter) = 66.00013 link (Ramden) = 20.117 meter = 0.0125 mile (US statute) = 4 rod (US Survey) = 22 yard (US Survey)
- 1 light year = 63241.08 astronomical unit = 9.46073×10^{12} kilometer = 5.8786×10^{12} mile (US statute) = 0.306601 parsec

Temperature (suhu)

celsius, rankine, kelvin, centigrade, fahrenheit,

- $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1,8\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $1\text{ }^{\circ}\text{F} = 0.555\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan $32\text{ }^{\circ}\text{F}$, 273.16 K and 491.69 R
- $1\text{ }^{\circ}\text{R} = 5/9\text{ K}$
- $T(^{\circ}\text{F}) = [T(^{\circ}\text{C})](9/5) + 32$
- $T(^{\circ}\text{F}) = [T(\text{K}) - 273.15](9/5) + 32$
- $T(^{\circ}\text{C}) = 5/9[T(^{\circ}\text{F}) - 32]$

Time (waktu)

year, month, day, hour, minute, second, millisecond

- $1\text{ h} = 3600\text{ s} = 60\text{ min}$
- $1\text{ ms (millisecond)} = 10^{-3}\text{ s}$
- $1\text{ }\mu\text{s (microsecond)} = 10^{-6}\text{ s}$
- $1\text{ ns (nanosecond)} = 10^{-9}\text{ s}$
- $1\text{ day (mean solar)} = 1.0027379\text{ day (sidereal)} = 24\text{ hour (mean solar)} = 24.06571\text{ hour (sidereal)} = 0.00273797\text{ year (calendar)} = 0.002738\text{ year (sidereal)} = 0.002738\text{ year (tropical)}$

Velocity, Speed (kecepatan)

foot/second, inch/second, meter/second, kilometer/hour, knot, mile/hour, nautical mile per hour

- $1\text{ ft/s} = 0.3048\text{ m/s}$
- $1\text{ ft/min} = 5.08 \times 10^{-3}\text{ m/s} = 0.0183\text{ km/h} = 0.0114\text{ mph}$
- $1\text{ mph} = 0.44703\text{ m/s} = 1.609\text{ km/h} = 88\text{ ft/min} = 5280\text{ ft/hr} = 1.467\text{ Ft./sec.} = 0.8684\text{ knots}$
- $1\text{ m/s} = 3.6\text{ km/h} = 196.85\text{ ft/min} = 2.237\text{ mph}$
- $1\text{ km/h} = 0.2778\text{ m/s} = 54.68\text{ ft/min} = 0.6214\text{ mph} = 0.5396\text{ knot}$
- $1\text{ knot (nautical mile per hour)} = 0.514444444\text{ m/s} = 1.852\text{ kilometers per hour} = 1.1515\text{ miles per hour} = 1\text{ nautical mile per hour}$
- $1\text{ League} = 3.0\text{ Miles}$
- $1\text{ cm/sec} = 1.9685\text{ foot/min} = 0.0328\text{ foot/sec} = 0.036\text{ km/hr} = 0.0194\text{ knots (Int)} = 0.6\text{ meter/min} = 0.02237\text{ mile/hr} = 0.000373\text{ mile/min}$

Acceleration (percepatan)foot/second², meter/second², gal, galileo, inch/second²

- $1\text{ m/s}^2 = 3.28084\text{ ft/s}^2 = 100\text{ cm/s}^2 = 39.37\text{ inch per second squared (inch/s}^2)$
- $1\text{ ft/s}^2 = 0.3048\text{ m/s}^2 = 30.48\text{ cm/s}^2$
- $1\text{ g} = 9.80665\text{ m/s}^2 = 32.17405\text{ ft/s}^2$

EnergyBritish Thermal Unit (Btu), calorie, joule, kilojoule, electron volt, erg, foot lb_f, foot poundal, kilocalorie, kilowatt hour, watt hour,

- $1\text{ J (Joule)} = 0.1020\text{ kpm} = 2.778 \times 10^{-7}\text{ kWh} = 2.389 \times 10^{-4}\text{ kcal} = 0.7376\text{ ft lb}_f = 1\text{ (kg m}^2/\text{s}^2) = 1\text{ watt second} = 1\text{ Nm} = 1\text{ ft lb} = 9.478 \times 10^{-4}\text{ Btu}$
- $1\text{ kpm} = 9.80665\text{ J} = 2.724 \times 10^{-6}\text{ kWh} = 2.342 \times 10^{-3}\text{ kcal} = 7.233\text{ ft lb}_f = 9.295 \times 10^{-3}\text{ Btu}$
- $1\text{ kWh} = 3.6 \times 10^6\text{ J} = 3.671 \times 10^5\text{ kpm} = 859.9\text{ kcal} = 2.656 \times 10^6\text{ ft lb}_f = 3.412 \times 10^3\text{ Btu}$
- $1\text{ kJ} = 1\text{ kNm} = 1\text{ kW s} = 10^3\text{ J} = 0.947813\text{ Btu} = 737.6\text{ ft lb}_f = 0.23884\text{ kcal}$
- $1\text{ Btu (British thermal unit)} = 1,055.06\text{ J} = 107.6\text{ kpm} = 2.92875 \times 10^{-4}\text{ kWh} = 251.996\text{ calorie} = 0.252\text{ kcal} = 777.649\text{ ft lb}_f = 1.0544 \times 10^{10}\text{ erg} = 0.293\text{ watt hour} = 0.999331\text{ Btu (Int Steam Tab)} = 0.998560\text{ Btu (mean)} = 25020.1\text{ foot-poundal} = 107.514\text{ kg force meter} = 1.0751 \times 10^7\text{ gram-force cm} = 0.000393\text{ hp-hour} = 10.456\text{ liter atm} = 1054.35\text{ wattsecond}$
- $1\text{ cal} = 4.186\text{ J}$

- 1 kcal = 4186,8 J = 426,9 kp m = 1.163×10⁻³ kWh = 3.088 ft lb_f = 3.9683 Btu = 1.000 cal
- 1 ft lb_f (foot pound force) = 1.3558 J = 0.1383 kp m = 3.766×10⁻⁷ kWh = 3.238×10⁻⁴ kcal = 1.285×10⁻³ Btu
- 1 hp h (horse power hour) = 2.6846×10⁶ J = 0.7457 kWh
- 1 erg = 1 (g cm²)/s² = 10⁻⁷ J
- 1 eV = 1.602×10⁻¹⁹ J
- 1 Q = 10¹⁸ Btu = 1.055×10²¹ J
- 1 Quad = 10¹⁵ Btu
- 1 Therm = 100,000 Btu
- 1 kg m = 7.233 ft lb = 0.00929 Btu = 9.806 Joule

Energy per unit mass (energi per satuan massa)

- 1 kJ/kg = 1 J/g = 0.4299 Btu/lb_m = 0.23884 kcal/kg

Force (gaya)

dyne, kilogram force (kgf), kilopound force, kip, lbf (pound force), ounce force (avoirdupois), poundal, newton

- 1 N (Newton) = 0.1020 kp = 7.233 pdl = 7.233/32.174 lb_f = 0.2248 lb_f = 1 (kg m)/s² = 10⁵ dyne = 1/9.80665 kg_f
- 1 lb_f (Pound force) = 4.44822 N = 0.4536 kp = 32.17 pdl = 4.448×10⁵ dyn
- 1 dyn = 1 (g cm)/s²
- 1 kg has a weight of 1 kp
- 1 kp (Kilopound) = 9.80665 N = 2.205 lb_f = 70.93 pdl
- 1 pdl (Poundal) = 0.13826 N = 0.01409 kp = 0.03108 lb_f

Power (daya)

horsepower, kilowatt, watt, btu/second, calorie/second, foot lb_f/second, kilocalorie/second

- 1 W = 1 kg m²/s³ = 1 Nm/s = 1 J/s
- 1 kW = 1,000 Watts = 3,412 Btu/h = 737.6/550 British hp = 1.341 British hp = 10³/9.80665 kg_fm/s = 777.6 ft lb_f/s = 10³/(9.80665 75) metric hp
- 1 hp (English horse power) = 745.7 W = 0.746 kW = 550 ft lb_f/s = 2,545 Btu/h = 33,000 ft lb_f/m = 1.0139 metric horse power = 1.0 KVA
- 1 horsepower (mech) = 2542.47 Btu (mean)/hr = 42.375 Btu (mean)/min = 0.7062 Btu (mean)/sec = 6.416×10⁵ calorie/hr (thermo) = 6.412×10⁵ calorie (IST)/hr = 6.4069×10⁵ calorie(mean)/hr = 10694 Calorie/min (thermo) = 10686 Calorie (IST)/min = 10678 Calorie (mean)/min = 10.686 Calorie, kg/min (IST) = 7.457×10⁹ erg/sec = 1980000 foot pound-force/hr = 33000 foot pound-force/min = 550 foot pound-force/sec = 0.076 horsepower (boiler) = 0.9996 horsepower (electric) = 1.0139 horsepower (metric) = 745.7 joule/sec = 0.7457 kilowatt = 0.7456 kilowatt (Int) = 0.212 ton of refrigeration = 745.7 watt
- 1 horsepower (boiler) = 33445.6 Btu (mean)/hr = 140671.6 Calorie/min (thermo) = 140469.4 Calorie (mean)/min = 140742.3 Calorie (20°C)/min = 9.8095×10¹⁰ erg/sec = 434107 foot-pound-force/min = 13.1548 horsepower (mech) = 13.1495 horsepower (electric) = 13.3372 horsepower (metric) = 13.1487 horsepower (water) = 9809.5 joule/sec = 9.8095 kilowatt
- 1 horsepower (electric) = 2547.16 Btu/hr (thermo) = 2545.46 Btu (IST)/hr = 2543.49 Btu (mean)/hr = 178.298 Calorie/sec (thermo) = 641.87 Calorie, kg/hr (thermo) = 7.46×10⁹ erg/sec = 33013 foot pound-force/min = 550.2 foot pound-force/sec = 1.0004 horsepower (mech) = 0.07605 horsepower (boiler) = 1.01428 horsepower (metric) = 0.99994 horsepower (water) = 746 joule/sec = 0.746 kilowatt = 746 watt
- 1 horsepower (metric) = 2511.3 Btu/hr (thermo) = 2509.6 Btu (IST)/hr = 2507.7 Btu (mean)/hr = 6.328×10⁵ Calorie/hr (thermo) = 6.324×10⁵ Calorie (IST)/hr = 6.319×10⁵ Calorie (mean)/hr = 7.35×10⁹ ergs/sec = 32548.6 foot pound-force/min = 542.476 foot pound-force/sec = 0.9863 horsepower (mech) = 0.07498 horsepower (boiler) = 0.9859 horsepower (electric) = 0.98587 horsepower (water) = 75 kg-force meter/sec (kg m/s) = 0.7355 kilowatt = 735.499 W = 75 kg m/s
- 1 horsepower (water) = 33015 foot pound-force/min = 1.00046 horsepower (mech) = 0.07605 horsepower (boiler) = 1.00006 horsepower (electric) = 1.01434 horsepower (metric) = 0.746043 kilowatt
- 1 refrigeration Ton = 12,000 Btu/h cooling = 3.516 kW = 3,025.9 k Calories/h
- 1 cooling tower Ton = 15,000 Btu/h = 3,782 k Calories/h
- 1 ft lb_f/s = 1.3558 W
- 1 Btu/s = 1055.1 W
- 1 Btu/h = 1 Btu/h = 0.293 W = 0.001 MBH
- 1 cheval vapeur (French) = 0.98632 horsepower

Pressure (tekanan)

atmosphere, centimeters of mercury, foot of water, bar, barye, centimeter of water, dyne/centimeter², inch of mercury, inch of water, kgf/centimeter², kgf/meter², lbf/foot², lbf/inch² (psi), millibar, millimeter of mercury, pascal, torr, newton/meter²

- Standard Atmospheric Pressure 1 atm = 101.325 kN/m² = 1.01325 bar = 101.325 kPa = 14.7 psia = 0 psig = 29.92 in Hg = 760 torr = 33.95 Ft.H₂O = 407.2 In.W.G (Water Gauge) = 2116.8 Lbs./Sq.Ft.
- 1 N/m² = 1 Pa = 1.4504 × 10⁻⁴ lb/in² = 1 × 10⁻⁵ bar = 4.03 × 10⁻³ in water = 0.336 × 10⁻³ ft water = 0.1024 mm water = 0.295 × 10⁻³ in mercury = 7.55 × 10⁻³ mm mercury = 0.1024 kg/m² = 0.993 × 10⁻⁵ atm
- 1 Pa = 10⁻⁶ N/mm² = 10⁻⁵ bar = 0.1020 kp/m² = 1.02 × 10⁻⁴ m H₂O = 9.869 × 10⁻⁶ atm = 1.45 × 10⁻⁴ psi (lb/in²)
- 1 N/mm² = 10⁶ Pa = 10 bar = 1.020 × 10⁵ kp/m² = 102.0 m H₂O = 9.869 atm = 145.0 psi (lb/in²)
- 1 mmHg = 1 torr = 0.01934 lb/in²
- 1 atm = 101,325 Pa (N/m²) = 1.013 × 10² kN/m² = 1.033 × 10⁴ kp/m² = 1.033 kp/cm² = 1.013 bar = 14.696 psi (lb/in²) = 407.1 in H₂O at 62 °F (16.7 °C) = 33.9 ft H₂O at 62 °F (16.7 °C) = 10.33 m H₂O at 62 °F (16.7 °C) = 29.92 in mercury at 62 °F (16.7 °C) = 760 mm mercury at 62 °F (16.7 °C) = 760 torr
- 1 bar = 1 × 10⁵ Pa (N/m²) = 0.1 N/mm² = 10,197 kp/m² = 10.20 m H₂O = 0.98692 atm = 14.5038 psi (lb/in²) = 1 × 10⁶ dyne/sq cm = 750 mmHg = 1 × 10⁶ barye (French) = 75.0062 cm Hg (0°C) = 33.4883 ft H₂O (60°F) = 1019.72 gram-force/sq cm = 29.530 in Hg (32°F) = 1.01972 kg-force/sq cm = 1000 millibar = 2088.54 pound-force/sq foot
- 1 kp/m² = 9.81 Pa (N/m²) = 9.807 × 10⁻⁶ N/mm² = 10⁻³ m H₂O = 1 mm H₂O = 0.9681 × 10⁻⁴ atm = 1.422 × 10⁻³ psi (lb/in²) = 0.0394 in H₂O = 0.0736 mm mercury
- 1 psi (lb/in²) = 144 psf (lb/ft²) = 6,894.8 Pa (N/m²) = 6.895 × 10⁻³ N/mm² = 6.895 × 10⁻² bar = 27.71 in H₂O at 62°F (16.7°C) = 703.1 mm H₂O at 62°F (16.7°C) = 2.0416 in mercury at 62°F (16.7°C) = 51.8 mm mercury at 62°F (16.7°C) = 703.6 kg/m² = 0.06895 atm = 2.307 Ft. H₂O = 16 ounces
- 1 psf (lb/ft²) = 47.88 N/m² (Pa) = 0.006944 lb_f/in² (psi)
- 1 dyn/cm² = 145 (04 × 10⁻⁷) lb_f/in²
- 1 in mercury (Hg) = 3,376.8 N/m² = 0.49 lb/in² = 12.8 in water
- 1 Ounce = 1.73 In.W.C.
- 1 Ft.H₂O = 0.4335 psi = 62.43 Lbs./Sq.Ft.
- 1 in water = 248.8 N/m² = 0.0361 lb/in² = 25.4 kg/m² = 0.0739 in mercury
- 1 m H₂O = 9806.7 Pa = 9.807 × 10⁻³ N/mm² = 0.0987 bar = 1,000 kp/m² = 0.09678 atm = 1.422 psi (lb/in²)
- 1 mm water = 9.81 Pa (N/m²) = 1 kg/m² = 0.0736 mm mercury = 0.9677 × 10⁻⁴ atm
- 1 mm mercury = 0.0193 lb/in² = 133 N/m² = 12.8 mm water
- 1 barye (French) = 1.0 dyne/sq cm = 0.10 newton/sq meter = 0.10 Pascal

Area (luas)

acre, are, barn, sq.ft., sq.in., foot², hectare, inch², mile², section, meter², township, yard², hectares

- 1 m² = 1550 in² = 10.764 ft² = 1.1968 yd² = 3.861 × 10⁻⁷ mile²
- 1 ft² = 0,0929 m² = 144 in² = 0,1111 yd² = 3.587 × 10⁻⁸ mile²
- 1 in² = 6.452 cm² = 6.452 × 10⁻⁴ m² = 6.944 × 10⁻³ ft² = 7.716 × 10⁻⁴ yd² = 2.491 × 10⁻¹⁰ mile²
- 1 yd² = 0.8361 m² = 1.296 in² = 9 ft² = 0.3228 × 10⁻⁶ mile²
- 1 mile² = 2.590 × 10⁶ m² = 0.4015 × 10¹⁰ in² = 2.788 × 10⁷ ft² = 3.098 × 10⁶ yd² = 640 Acres
- 1 acre = 1/640 square mile = 0.404686 ha (Hectares) = 4,046.86 m² = 43,560.174 Sq.Ft. (Int) = 43,560 Sq.Ft. (US Survey) = 4840 Sq.Yds. = 40.46873 are
- 1 km² = 10² ha² = 10⁶ m² = 10¹⁰ cm² = 10¹² mm²
- 1 ha (Hectare) = 10⁴ m² = 10⁸ cm² = 10¹⁰ mm² = 2.471 Acres
- 1 cm² = 10⁻⁴ m² = 0.155 in²
- 1 mm² = 1.55 × 10⁻³ in²
- 1 township = 36 square mile = 23040 acre = 36 section = 9.323957 10⁷ m² = 9324 hectare = 93.24

square kilometer

- 1 section = 1 square mile = $2.59 \times 10^6 \text{ m}^2 = 2.59 \text{ square kilometer} = 259 \text{ hectare} = 3.0976 \times 10^8 \text{ square yards} = 640 \text{ acre}$
- 1 are = $0.024711 \text{ acre (ft)} = 1 \text{ sq dekameter} = 1076.39 \text{ sq foot} = 100 \text{ sq meter} = 3.86102 \times 10^5 \text{ sq mile} = 119.599 \text{ sq yard}$
- 1 barn = $1 \times 10^{-28} \text{ sq cm}$
- 1 centiare = $0.01 \text{ are} = 10.764 \text{ sq foot} = 1550 \text{ sq inch} = 1 \text{ sq meter} = 1.19599 \text{ sq yard}$
- 1 circular mil = $1 \times 10^{-6} \text{ circular inch} = 5.06707 \times 10^{-6} \text{ sq cm} = 7.85398 \times 10^{-7} \text{ sq inch} = 0.000507 \text{ sq mm} = 0.7854 \text{ sq mill}$
- 1 hectare = $2.471 \text{ acre} = 0.100 \text{ are} = 1 \times 10^8 \text{ sq cm} = 107639.1 \text{ sq foot} = 10000 \text{ sq meter} = 0.00386 \text{ sq mile} = 395.367 \text{ sq rod}$

Angle (sudut)

- 1 circle = $360 \text{ degrees} = 400 \text{ grades} = 21600 \text{ minutes} = 6.28318 \text{ radians} = 12 \text{ signs}$
- 1 circumference = $360 \text{ degrees} = 6.28318 \text{ radians}$
- 1 radian = $0.15915 \text{ circumference} = 57.29578 \text{ degree} = 3437.747 \text{ minute} = 0.63662 \text{ quadrant} = 0.15915 \text{ revolution} = 206265 \text{ second}$

Capacitance (kapasitansi)

- 1 abfarad = $1 \times 10^9 \text{ farad} = 1 \times 10^{12} \text{ microfarad} = 8.98755 \times 10^{20} \text{ statfarad}$
- 1 farad = $1 \times 10^{-9} \text{ abfarad} = 1.00049 \text{ farads (ft)} = 1 \times 10^9 \text{ microfarad} = 8.98755 \times 10^{11} \text{ statfarad}$

Conductance (konduktansi)

- 1 abmho = $1000 \text{ megamho} = 1 \times 10^9 \text{ mho} = 8.98755 \times 10^{20} \text{ statmho}$

Current (arus)

- 1 abampere = $10 \text{ ampere} = 1.03638 \times 10^4 \text{ (araday/sec(chem))} = 2.99792 \times 10^{10} \text{ statampere} = 1 \text{ biot}$
- 1 ampere = $0.1 \text{ abampere} = 1.00015 \text{ ampere (bt)} = 1 \text{ coulomb/sec} = 1.03638 \times 10^5 \text{ (araday/sec(chem))} \times 10^6 \text{ microampere} = 1000 \text{ milliampere} = 2.99792 \times 10^9 \text{ statampere}$
- 1 ampere (ft) = 0.99985 ampere
- 1 biot = 10 ampere

Density (kepadatan)

kg/cubic meter, gram/cubic meter, lb_m/cubic inch, lb_m/cubic foot, slug/cubic foot, kilogram/cubic meter, lbm/gallon (US liq)

- $1,000 \text{ kg/m}^3 = 62.43 \text{ Lbs./Cu.Ft} = 8.33 \text{ Lbs./Gal.} = 0.1337 \text{ Cu.Ft./Gal.}$
- $1 \text{ lb/ft}^3 = 16.018 \text{ kg/m}^3 = 0.016 \text{ g/cm}^3 = 0.00926 \text{ oz/in}^3 = 2.57 \text{ oz/gal (Imperial)} = 2.139 \text{ oz/gal (U.S.)} = 0.0005787 \text{ lb/m}^3 = 27 \text{ lb/yd}^3 = 0.161 \text{ lb/gal (Imperial)} = 0.134 \text{ lb/gal (U.S.)} = 0.0121 \text{ ton/yd}^3$
- $1 \text{ slug/ft}^3 = 515.379 \text{ kg/m}^3$
- $1 \text{ kg/l} = 62.43 \text{ lb/ft}^3$
- $1 \text{ kg/m}^3 = 0.001 \text{ g/cm}^3 = 0.0005780 \text{ oz/in}^3 = 0.16036 \text{ oz/gal (Imperial)} = 0.1335 \text{ oz/gal (U.S.)} = 0.0624 \text{ lb/m}^3 = 0.000036127 \text{ lb/in}^3 = 1.6856 \text{ lb/yd}^3 = 0.010022 \text{ lb/gal (Imperial)} = 0.008345 \text{ lb/gal (U.S.)} = 0.0007525 \text{ ton/yd}^3$

Heat flow rate (panas laju aliran)

- 1 Btu/sec = $1,055.1 \text{ W}$
- 1 kW (kJ/s) = $102.0 \text{ kpm/s} = 859.9 \text{ kcal/h} = 3,413 \text{ Btu/h} = 1,360 \text{ hk} = 1,341 \text{ hp} = 738 \text{ ft lb/s} = 1,000 \text{ J/s} = 3.6 \times 10^3 \text{ J/h}$
- $1 \text{ kpm/s} = 9.8067 \times 10^3 \text{ kW} = 8.432 \text{ kcal/h} = 32.47 \text{ Btu/h} = 0.01333 \text{ hk} = 0.01316 \text{ hp} = 7.237 \text{ ft lb/s}$
- $1 \text{ kcal/h} = 1.162 \times 10^{-3} \text{ kW} = 0.1186 \text{ kpm/s} = 3.969 \text{ Btu/h} = 1.582 \times 10^{-3} \text{ hk} = 1.560 \times 10^{-3} \text{ hp} = 0.8583 \text{ ft lb/s}$
- $1 \text{ Btu/h} = 2.931 \times 10^{-4} \text{ kW} = 0.0299 \text{ kpm/s} = 0.252 \text{ kcal/h} = 3.986 \times 10^{-4} \text{ hk} = 3.929 \times 10^{-4} \text{ hp} = 0.2163 \text{ ft lb/s}$
- $1 \text{ kcal/h} = 1.16 \times 10^{-3} \text{ kW}$
- 1 hk (metric horse power) = $0.735499 \text{ kW} = 75.00 \text{ kpm/s} = 632.5 \text{ kcal/h} = 2,510 \text{ Btu/h} = 0.9863 \text{ hp} = 542.8 \text{ ft lb/s}$
- 1 hp = $0.74570 \text{ kW} = 76.04 \text{ kpm/s} = 641.2 \text{ kcal/h} = 2,545 \text{ Btu/h} = 1.014 \text{ hk} = 550.3 \text{ ft lb/s}$
- 1 ft lb/s = $1.35501 \text{ kW} = 0.1382 \text{ kpm/s} = 1.165 \text{ kcal/h} = 4.625 \text{ Btu/h} = 1.843 \times 10^{-3} \text{ hk} = 1.817 \times 10^{-3} \text{ hp}$

Heat flux (panas fluks)

- $1 \text{ Btu/ft}^2 = 2.713 \text{ kcal/m}^2 = 2.043 \times 10^4 \text{ J/m}^2\text{K}$

- $1 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h} = 3.1525 \text{ W/m}^2$
- $1 \text{ Btu/ft}^2 \text{ }^\circ\text{F} = 4.88 \text{ kcal/m}^2\text{K} = 2.043 \times 10^4 \text{ J/m}^2\text{K}$
- $1 \text{ kcal/m}^2 = 0.369 \text{ Btu/ft}^2$
- $1 \text{ kcal/m}^2\text{K} = 0.205 \text{ Btu/ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$

Heat generation per unit volume (panas per satuan volume)

- $1 \text{ Btu/ft}^3 = 8.9 \text{ kcal/m}^3 = 3.73 \times 10^4 \text{ J/m}^3$
- $1 \text{ Btu/ft}^3 \text{ h} = 10.343 \text{ W/m}^3$
- $1 \text{ kcal/m}^3 = 0.112 \text{ Btu/ft}^3$

Heat generation per unit mass (panas per satuan massa)

- $1 \text{ Btu/lb} = 0.556 \text{ kcal/kg} = 2.326 \text{ J/kg}$
- $1 \text{ kcal/kg} = 1.800 \text{ Btu/lb}$

Heat transfer coefficient (koefisien perpindahan panas)

- $1 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F} = 5.678 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 4.882 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- $1 \text{ W/m}^2\text{K} = 0.85984 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C} = 0.1761 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}$
- $1 \text{ kcal/h m}^2 \text{ }^\circ\text{C} = 1.163 \text{ W/m}^2\text{K} = 0.205 \text{ Btu/ft}^2 \text{ h } ^\circ\text{F}$

Hydraulic Gradients (gradien hidrolis)

- $1 \text{ ftH}_2\text{O}/100 \text{ ft} = 0.44 \text{ psi}/100 \text{ ft} = 9.8 \text{ kPa}/100 \text{ m} = 1000 \text{ mmH}_2\text{O}/100 \text{ m}$
- $1 \text{ psi}/100 \text{ ft} = 2.3 \text{ ftH}_2\text{O}/100 \text{ ft} = 2288 \text{ mmH}_2\text{O}/100 \text{ ft} = 22.46 \text{ kPa}/100 \text{ m}$

Inductance (induktansi)

- $1 \text{ abhenry} = 1 \times 10^{-9} \text{ henry}$
- $1 \text{ henry} = 1 \times 10^9 \text{ abhenry} = 0.9995 \text{ henry (int)} = 1000 \text{ millihenry} = 1.113 \times 10^{-12} \text{ stathenry}$

Luminous Emittance (luminansi)

- $1 \text{ lumen/sq ft} = 1 \text{ foot candle} = 1 \times 10^4 \text{ lux} = 1 \text{ phot}$
- $1 \text{ lux} = 0.0929 \text{ foot candle} = 1 \text{ lumen/sq meter} = 0.0001 \text{ phot}$

Luminous Flux

- $1 \text{ candle power} = 12.566 \text{ lumen}$
- $1 \text{ lumen} = 1 \text{ candela steradian} = 0.07958 \text{ candle power (spherical)} = 0.0015 \text{ watt}$

Luminous Intensity

- $1 \text{ candela} = 1.091 \text{ becker candle (Germ)} = 1 \text{ lumen/steradian}$

Magnetic Flux Density

- $1 \text{ gamma flux} = 1 \times 10^{-5} \text{ gauss} = 1 \times 10^{-6} \text{ gram} = 1 \text{ microgram} = 1 \times 10^{-9} \text{ tesla}$
- $1 \text{ gauss} = 0.9997 \text{ gauss (Int)} = 1 \times 10^5 \text{ gamma} = 1 \text{ gilbert/cm} = 1 \text{ maxwell/sq cm} = 1 \text{ line/sq cm} = 6.4516 \text{ line/sq inch} = 1 \times 10^{-4} \text{ tesla} = 1 \times 10^{-8} \text{ weber/sq cm} = 6.452 \times 10^{-8} \text{ weber/sq inch} = 1 \times 10^{-4} \text{ weber/sq meter}$

Magnitude of a Physical Quantity (getaran/kebiasangan)

- $1 \text{ bel} = 10 \text{ decibel}$
- $1 \text{ decibel} = 0.1 \text{ bel}$

Mass flow rate (laju aliran massa)

- $1 \text{ lb/h} = 1.26 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $1 \text{ lb/s} = 0.4536 \text{ kg/s}$
- $1 \text{ lb/min} = 7.56 \times 10^{-3} \text{ kg/s} = 27.216 \text{ kg/s}$
- $1 \text{ kg/s} = 3,600 \text{ kg/h} = 132.28 \text{ lb/min}$
- $1 \text{ kg/h} = 2.778 \times 10^{-4} \text{ kg/s} = 3.67 \times 10^{-2} \text{ lb/min}$

Moment of Inertia (momen inersia)

- $1 \text{ kg m}^2 = 10000 \text{ kg cm}^2 = 54675 \text{ ounce in}^2 = 3417.2 \text{ lb in}^2 = 23.73 \text{ lb ft}^2$

Power per unit area (daya per satuan luas)

- $1 \text{ W/m}^2 = 0.3170 \text{ Btu/(h ft}^2) = 0.85984 \text{ kcal/(h m}^2)$

Radioactivity (kecepatan radiasi)

- $1 \text{ becquerel} = 2.7027 \times 10^{-11} \text{ curie} = 1 \text{ disintegration/sec}$

Resistance, Electrical (perlawanan listrik)

- $1 \text{ abohm} = 1 \times 10^{-15} \text{ megohm} = 0.001 \text{ microhm} = 1 \times 10^{-9} \text{ ohm}$

Rotation (rotasi)

- $1 \text{ r/min (rpm)} = 0.01667 \text{ r/s} = 0.105 \text{ rad/s}$
- $1 \text{ r/s} = 60 \text{ r/min} = 6.28 \text{ rad/s}$
- $1 \text{ rad/s} = 9.55 \text{ r/min (rpm)} = 0.159 \text{ r/s (rps)}$

Specific energy, enthalpy, entropy

- $1 \text{ Btu/lb}_m = 2,326.1 \text{ J/kg} = 0.55556 \text{ kcal/kg} = 778.2 \text{ ft lb}_f / \text{lb}_m = 3.9 \cdot 10^{-4} \text{ hp hr} / \text{lb}_m = 5.4 \text{ lb}_f \text{ in}^2 / \text{lb}_m \text{ ft}^3 = 0.237 \text{ kp m} / \text{g} = 5.56 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/g} = 2.326 \text{ kJ/kg}$
- $1 \text{ J/kg} = 4.299 \cdot 10^{-4} \text{ Btu/lb}_m = 2.388 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/kg}$
- $1 \text{ kcal/kg} = 1.80 \text{ Btu/lb}_m = 4,187 \text{ J/kg}$

Specific heat capacity (kapasitas panas spesifik)

- $1 \text{ J/(kg K)} = 2.389 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/(kg } ^\circ\text{C)} = 2.389 \cdot 10^{-4} \text{ Btu/(lb}_m \text{ } ^\circ\text{F)}$
- $1 \text{ kJ/(kg K)} = 0.2389 \text{ kcal/(kg } ^\circ\text{C)} = 0.2389 \text{ Btu/(lb}_m \text{ } ^\circ\text{F)}$
- $1 \text{ Btu/(lb}_m \text{ } ^\circ\text{F)} = 4,186.8 \text{ J/(kg K)} = 1 \text{ kcal/(kg } ^\circ\text{C)}$
- $1 \text{ kcal/(kg } ^\circ\text{C)} = 4,186.8 \text{ J/(kg K)} = 1 \text{ Btu/(lb}_m \text{ } ^\circ\text{F)}$

Specific Volume (volume per satuan massa)

- $1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.02 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 27680 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 119.8 \text{ US gal}/\text{lb}_m = 1000 \text{ liter}/\text{kg}$
- $1 \text{ liter}/\text{kg} = 0.016 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 27.7 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 0.12 \text{ US gal}/\text{lb}_m = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$
- $1 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 1728 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 7.48 \text{ US gal}/\text{lb}_m = 62.43 \text{ liter}/\text{kg} = 0.062 \text{ m}^3/\text{kg}$
- $1 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 0.00058 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 0.0043 \text{ US gal}/\text{lb}_m = 0.036 \text{ liter}/\text{kg} = 0.000036 \text{ m}^3/\text{kg}$
- $1 \text{ US gal}/\text{lb}_m = 0.134 \text{ ft}^3/\text{lb}_m = 231 \text{ in}^3/\text{lb}_m = 8.35 \text{ liter}/\text{kg} = 0.0083 \text{ m}^3/\text{kg}$

Thermal Conductivity (konduktivitas termal)

- $1 \text{ W/(m K)} = 0.85984 \text{ kcal/(h m } ^\circ\text{C)} = 0.5779 \text{ Btu/(ft h } ^\circ\text{F)}$
- $1 \text{ Btu/(ft h } ^\circ\text{F)} = 1.731 \text{ W/(m K)} = 1.488 \text{ kcal/(h m } ^\circ\text{C)}$
- $1 \text{ kcal/(h m } ^\circ\text{C)} = 1.163 \text{ W/(m K)} = 0.6720 \text{ Btu/(ft h } ^\circ\text{F)}$

Thermal Diffusivity (difusivitas termal)

- $1 \text{ ft}^2/\text{s} = 0.0929 \text{ m}^2/\text{s}$
- $1 \text{ ft}^2/\text{h} = 2.581 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Thermal resistance (resistansi)

- $1 \text{ (h } ^\circ\text{F)/Btu} = 1.8958 \text{ K/W}$

Torque, Moment (torsi, moment)

foot-pound torque, newton-meter

- $1 \text{ ft lb} = 1.356 \text{ Nm}$

Viscosity Dynamic (viskositas dinamis)

- $1 \text{ lb}_f/(\text{ft s}) = 1.4879 \text{ Pa s} = 14.88 \text{ P} = 1.488 \text{ cP} = 0.1517 \text{ kp s/m}^2$
- $1 \text{ cP (Centipoise)} = 10^{-3} \text{ Pa s} = 0.01 \text{ Poise} = 1.020 \cdot 10^{-4} \text{ kp s/m}^2 = 6.721 \cdot 10^{-4} \text{ lb}_f/(\text{ft s}) = 0.00100 \text{ (N s)/m}^2 = 0.01 \text{ gram/(cm sec)} = 2.4191 \text{ lb}/(\text{ft hr})$
- $1 \text{ kg}/(\text{m s}) = 1 \text{ (N s)/m}^2 = 0.6720 \text{ lb}_m/(\text{ft s}) = 10 \text{ Poise}$
- $1 \text{ P (Poise)} = 0.1 \text{ Pa s} = 100 \text{ cP} = 1.020 \cdot 10^{-2} \text{ kp s/m}^2 = 6.721 \cdot 10^{-2} \text{ lb}/(\text{ft s}) = 0.1 \text{ kg/ms}$
- $1 \text{ Pa s (N s/m}^2) = 10 \text{ P (Poise)} = 10^3 \text{ cP} = 0.1020 \text{ kp s/m}^2 = 0.6721 \text{ lb}/(\text{ft s})$
- $1 \text{ kp s/m}^2 = 9.80665 \text{ Pa s} = 98.07 \text{ P} = 9,807 \text{ cP} = 6.591 \text{ lb}/(\text{ft s})$
- $1 \text{ reyns} = 1 \text{ lb}_f \text{ s/in}^2 = 6894.76 \text{ Pa s}$

Viscosity Kinematic (viskositas kinematik)

- $1 \text{ ft}^2/\text{s} = 0.0929 \text{ m}^2/\text{s}$
- $1 \text{ ft}^2/\text{h} = 2.581 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
- $1 \text{ St (Stokes)} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} = 100 \text{ cSt} = 1.076 \cdot 10^{-3} \text{ ft}^2/\text{s}$
- $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St} = 10^6 \text{ cSt} = 10.764 \text{ ft}^2/\text{s} = 38750 \text{ ft}^2/\text{h}$
- $1 \text{ cSt (Centistoke)} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 0.01 \text{ Stokes} = 1.076 \cdot 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{s} = 1 \text{ square mm/sec}$

Volume

barrel, gallon, cubic centimeter (cm^3), cubic feet (ft^3), cubic inch (in^3), cubic meter (meter^3), cubic yard (yard^3), quarts, liters, acre foot, board foot, bushel, cord, cup, dram, fluid ounce, peck, pint, quart, tablespoon, teaspoon,

- $1 \text{ ft}^3 = 0.02832 \text{ m}^3 = 28.32 \text{ dm}^3 = 0.03704 \text{ yd}^3 = 6.229 \text{ Imp. gal (UK)} = 7.481 \text{ gal (US)} = 1,728 \text{ cu inch} = 2.296 \times 10^5 \text{ acre foot} = 12 \text{ board foot (timber)} = 0.7786 \text{ bushel (UK)} = 0.8036 \text{ bushel (US, dry)} = 0.00781 \text{ cord (firewood)} = 0.0625 \text{ cord foot (timber)} = 28316.8 \text{ cu centimeter} = 6.42851 \text{ gallon (US, dry)} = 7.48052 \text{ gallon (US, liq)} = 28.3168 \text{ liter} = 996.614 \text{ ounce (UK, liq)} = 957.506 \text{ ounce (US, liq)} = 51.4281 \text{ pint (US, dry)} = 59.84442 \text{ pint (US, liq)} = 25.714 \text{ quart (US, dry)} = 29.922 \text{ quart (US, liq)}$
- $1 \text{ in}^3 = 1.6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 1.639 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 16.39 \text{ cm}^3 = 16390 \text{ mm}^3 = 0.000579 \text{ ft}^3$
- $1 \text{ Gallon (US)} = 3.785 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 3.785 \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 231 \text{ in}^3 = 0.13368 \text{ ft}^3 = 4.951 \times 10^{-5} \text{ yd}^3 = 0.8327 \text{ Imp. gal (UK)} = 4 \text{ Quarts} = 8 \text{ Pints}$
- $1 \text{ Imp. gallon (UK)} = 4.546 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 4.546 \text{ dm}^3 = 0.1605 \text{ ft}^3 = 5.946 \times 10^{-3} \text{ yd}^3 = 1.201 \text{ gal (US)}$
- $1 \text{ dm}^3 \text{ (Liter)} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.03532 \text{ ft}^3 = 1.308 \times 10^{-3} \text{ yd}^3 = 0.220 \text{ Imp gal (UK)} = 0.2642 \text{ Gallons (US)} = 1.057 \text{ Quarts} = 2.113 \text{ Pints}$
- $1 \text{ yd}^3 = 0.7646 \text{ m}^3 = 764.6 \text{ dm}^3 = 27 \text{ ft}^3 = 168.2 \text{ Imp. gal (UK)} = 202.0 \text{ gal (US)} = 46,656 \text{ Cu.In.} = 1616 \text{ Pints} = 807.9 \text{ Quarts} = 764.6 \text{ Liters}$
- $1 \text{ pint (pt)} = 0.568 \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 16 \text{ fl. oz. (fluid ounce)} = 28.88 \text{ in}^3$
- $1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3 = 10^{12} \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 10^{15} \text{ cm}^3 = 10^{18} \text{ mm}^3$
- $1 \text{ cm}^3 = 0.061 \text{ in}^3 = 0.00042 \text{ board foot} = 2.7496 \times 10^{-5} \text{ bushel (UK)} = 2.8378 \times 10^{-5} \text{ bushel (US, dry)} = 3.5315 \times 10^{-6} \text{ cu foot} = 0.06102 \text{ cu inch} = 1 \times 10^{-6} \text{ cu meter} = 1.308 \times 10^{-6} \text{ cu yard} = 0.28156 \text{ drachm (UK, liq)} = 0.27051 \text{ dram (US, liq)} = 0.000227 \text{ gallon (UK)} = 0.00027 \text{ gallon (US, dry)} = 0.000264 \text{ gallon (US, liq)} = 0.0074 \text{ gill (UK)} = 0.00845 \text{ gill (US)} = 0.001 \text{ liter} = 0.035195 \text{ ounce (UK, liq)} = 0.032814 \text{ ounce (US, liq)} = 0.00182 \text{ pint (US, dry)} = 0.00211 \text{ pint (US, liq)} = 0.00088 \text{ quart (UK)} = 0.00091 \text{ quart (US, dry)} = 0.00106 \text{ quart (US, liq)}$
- $1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ dm}^3 \text{ (liter)} = 35.31 \text{ ft}^3 = 1.3093 \text{ yd}^3 = 220.0 \text{ Imp. gal (UK)} = 264.2 \text{ gal (US)} = 61,023 \text{ Cu.In.} = 35.31 \text{ Cu.Ft} = 0.1 \text{ decaistere}$
- $1 \text{ Hogstead} = 63 \text{ gallon} = 8.42184 \text{ Cu.Ft}$
- $1 \text{ barrel (UK)} = 1.5 \text{ bag (UK)} = 1.41541 \text{ barrel (US, dry)} = 1.37251 \text{ barrel (US, liq)} = 4.5 \text{ bushel (UK)} = 4.04426 \text{ bushel (US, dry)} = 5.77957 \text{ cu ft} = 0.16366 \text{ cu meter} = 36 \text{ gallon (UK)} = 163.6592 \text{ liter}$
- $1 \text{ barrel beer} = 31.5 \text{ gallons beer}$
- $1 \text{ barrel (US, oil)} = 1.33 \text{ barrel (US, liq)} = 5.61458 \text{ cu foot} = 42 \text{ gallons (US, liq)} = 158.9873 \text{ liter}$
- $1 \text{ barrel (US, dry)} = 0.969696 \text{ barrel (US, liq)} = 3.28122 \text{ bushel (US, dry)} = 4.0833 \text{ cu ft} = 7056 \text{ cu inch} = 0.11563 \text{ cu meter} = 104.999 \text{ quart (US, dry)}$
- $1 \text{ barrel (US, liq)} = 1.03125 \text{ barrel (US, dry)} = 0.75 \text{ barrel (US, oil)} = 4.2109 \text{ cu foot} = 7776.5 \text{ cu inch} = 0.11924 \text{ cu meter} = 26.22924 \text{ gallon (UK)} = 31.5 \text{ gallon (US, liq)} = 119.24 \text{ liter} =$
- $1 \text{ bushel} = 1.2445 \text{ Cu.Ft} = 32 \text{ Quarts (Dry)} = 64 \text{ Pints (dry)} = 4 \text{ Pecks}$
- $1 \text{ bushel (UK)} = 0.3333 \text{ bag (UK)} = 1.03206 \text{ bushel (US)} = 36368.7 \text{ cu cm} = 1.28435 \text{ cu foot} = 2219 \text{ cu inch} = 8 \text{ gallon (UK)} = 36.3687 \text{ liter}$
- $1 \text{ bushel (US, dry)} = 0.30476 \text{ barrel (US, dry)} = 0.96894 \text{ bushel (UK)} = 35239.07 \text{ cu cm} = 1.24446 \text{ cu foot} = 2150.42 \text{ cu inch} = 0.03524 \text{ cu meter} = 0.04609 \text{ cu yard} = 8 \text{ gallon (US, dry)} = 9.30918 \text{ gallon (US, liq)} = 25.21007 \text{ liter} = 101.57 \text{ ounce (US, liq)} = 4 \text{ peck (US)} = 64 \text{ pint (US, dry)} = 32 \text{ quart (US, dry)} = 37.23671 \text{ quart (US, liq)}$
- $1 \text{ quart (qt)} = 2 \text{ pints} = 57.75 \text{ in}^3 = 1/8 \text{ dry quarts}$
- $1 \text{ fluid ounce (fl. oz.)} = 2 \text{ tablespoons} = 1.805 \text{ in}^3 = 29.574 \text{ milliliters}$
- $1 \text{ cord (firewood)} = 128 \text{ cu foot} = 8 \text{ cord foot (timber)} = 3.6246 \text{ cu meter}$
- $1 \text{ cord foot (timber)} = 0.125 \text{ cord (firewood)} = 16 \text{ cu foot}$
- $1 \text{ peck} = 8 \text{ dry quarts}$
- $1 \text{ cup} = 8 \text{ fl.oz. (fluid ounce)}$
- $1 \text{ cup (metric)} = 200 \text{ milliliter}$
- $1 \text{ cup, tea} = 0.25 \text{ pint} = 142.06 \text{ milliliter}$
- $1 \text{ board foot} = \text{piece of lumber 1 foot wide x 1 foot long x 1 inch thick} = 2359.74 \text{ cu cm} = 0.083333 \text{ cu foot} = 144 \text{ cu inch}$
- $1 \text{ acre foot} = 43560 \text{ cu foot} = 1233.482 \text{ cu meter} = 1613.33 \text{ cu yard} = 3.259 \times 10^5 \text{ gallon (US liquid)}$
- $1 \text{ acre inch} = 3630 \text{ cu foot} = 102.7901531 \text{ cu meter} = 134.44 \text{ cu yard} = 27154.286 \text{ gallon (US)}$
- $1 \text{ bucket (UK)} = 18184.35 \text{ cu cm} = 4 \text{ gallon (UK)}$
- $1 \text{ butt (UK, liq)} = 16.2549 \text{ bushel (US)} = 20.2285 \text{ cu foot} = 0.57281 \text{ cu meter} = 151.3197 \text{ gallon (US)}$
- $1 \text{ chaldron (UK, liq)} = 36 \text{ bushel (UK)}$

- 1 dram (US, liq) = 3.6967 cu cm = 0.225586 cu inch = 1.04084 drachm (UK, liq) = 0.03125 gill (US) = 3.69669 millimeter = 60 minim (US) = 0.125 ounce (US, liq) = 0.0078125 pint (US, liq)
- 1 fifth (US, liq) = 17.067 jigger (US, liq) = 0.75708 liter = 25.6 ounce (US, liq) = 1.6 pint (US, liq) = 25.6 pony (US, liq) = 0.8 quart (US, liq) = 25.6 shot (US, liq)
- 1 firkin (UK) = 1.125 bushel (UK) = 40914.8 cu cm = 1.44489 cu foot = 1.20095 firkin (US) = 9 gallon (UK) = 40.91481 liter = 72 pint (UK)
- 1 hectoliter = 2.7496 bushel (UK) = 2.8378 bushel (US, dry) = 1×10^5 cu cm = 3.5315 cu foot = 26.417 gallon (US, liq) = 100 liter = 3381.4 ounce (US, liq) = 11.351 peck (US)

Volume Flow (volume arus)

- $1 \text{ dm}^3/\text{s}$ (kg/s water) = 13.20 Imp. gal (UK)/min
- $1 \text{ m}^3/\text{s} = 3,600 \text{ m}^3/\text{h} = 1,000 \text{ dm}^3(\text{liter})/\text{s} = 35.32 \text{ ft}^3/\text{s} = 2,118.9 \text{ ft}^3/\text{min} = 13,200 \text{ Imp. gal (UK)}/\text{min} = 15,852 \text{ gal (US)}/\text{min}$
- $1 \text{ m}^3/\text{h} = 2.7778 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0.2778 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s} = 9.810 \times 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s} = 0.5886 \text{ ft}^3/\text{min (cfm)} = 3.667 \text{ Imp. gal (UK)}/\text{min} = 4.403 \text{ gal (US)}/\text{min}$
- $1 \text{ m}^3/\text{h} = 10^3 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{h} = 16.67 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{min} = 0.27878 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s}$
- $1 \text{ ft}^3/\text{min} = 1.7 \text{ m}^3/\text{h} = 0.47 \text{ l/s} = 62.43 \text{ Lbs. H}_2\text{O}/\text{Min.}$
- $1 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s} = 10^3 \text{ m}^3/\text{s} = 3.6 \text{ m}^3/\text{h} = 0.03532 \text{ ft}^3/\text{s} = 2.1189 \text{ ft}^3/\text{min (cfm)} = 13.200 \text{ Imp. gal (UK)}/\text{min} = 15.852 \text{ gal (US)}/\text{min} = 792 \text{ Imp. gal (UK)}/\text{h}$
- $1 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s} = 60 \text{ litre}/\text{min} = 3,600 \text{ litre}/\text{h}$
- $1 \text{ ft}^3/\text{s} = 0.0283168 \text{ m}^3/\text{s} = 101.9 \text{ m}^3/\text{h} = 28.32 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s} = 60 \text{ ft}^3/\text{min} = 373.7 \text{ Imp. gal (UK)}/\text{min} = 448.9 \text{ gal (US)}/\text{min}$
- $1 \text{ Imp. gal (UK)}/\text{min} = 7.57682 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 0.273 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0758 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s} = 2.675 \times 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s} = 0.1605 \text{ ft}^3/\text{min} = 1,201 \text{ gal (US)}/\text{min}$
- $1 \text{ gal (US)}/\text{min} = 6.30888 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 0.227 \text{ m}^3/\text{h} = 0.06309 \text{ dm}^3(\text{litre})/\text{s} = 2.228 \times 10^{-3} \text{ ft}^3/\text{s} = 0.1337 \text{ ft}^3/\text{min} = 0.8327 \text{ Imperial gal (UK)}/\text{min}$

Electric Charge (pengisian listrik)

- 1 abcoulomb = 0.00278 ampere-hour = 10 coulomb = 6.24151×10^{19} electronic charge = 1.03632×10^4 faraday (chem) = 2.99792×10^{10} statcoulomb
- 1 ampere hour = 360 abcoulomb = 3600 coulomb = 0.03731 faraday (chem)
- 1 coulomb = 0.1 abcoulomb = 0.000278 ampere hour = 1 ampere second = 1.00015002 coulomb (mt) = 1.0363×10^5 faraday (chem) = 1.0360×10^5 faraday (phys) = 2.9979×10^9 statcoulomb

Voltage Difference (perbedaan tegangan)

- 1 abvolt = 0.01 microvolt = 1×10^{-5} millivolt = 1×10^{-8} volt

Frequency (frekuensi)

- 1 hertz = 1 cycle/sec = 1 siklus/det

Information Storage (penyimpanan informasi)

- 1 bit = 0.125 byte (computers)
- 1 byte = 8 bit

- 1 dram (US, liq) = 3.6967 cu cm = 0.225586 cu inch = 1.04084 drachm (UK, liq) = 0.03125 gill (US) = 3.69669 millimeter = 60 minim (US) = 0.125 ounce (US, liq) = 0.0078125 pint (US, liq)
- 1 fifth (US, liq) = 17.067 jigger (US, liq) = 0.75708 liter = 25.6 ounce (US, liq) = 1.6 pint (US, liq) = 25.6 pony (US, liq) = 0.8 quart (US, liq) = 25.6 shot (US, liq)
- 1 firkin (UK) = 1.125 bushel (UK) = 40914.8 cu cm = 1.44489 cu foot = 1.20095 firkin (US) = 9 gallon (UK) = 40.91481 liter = 72 pint (UK)
- 1 hectoliter = 2.7496 bushel (UK) = 2.8378 bushel (US, dry) = 1×10^5 cu cm = 3.5315 cu foot = 26.417 gallon (US, liq) = 100 liter = 3381.4 ounce (US, liq) = 11.351 peck (US)

Volume Flow (volume arus)

- 1 dm^3/s (kg/s water) = 13.20 Imp. gal (UK)/min
- 1 m^3/s = 3,600 m^3/h = 1,000 dm^3 (liter)/s = 35.32 ft^3/s = 2,118.9 ft^3/min = 13,200 Imp.gal (UK)/min = 15,852 gal (US)/min
- 1 m^3/h = 2.7778×10^{-4} m^3/s = 0.2778 dm^3 (liter)/s = 9.810×10^{-2} ft^3/s = 0.5886 ft^3/min (cfm) = 3.667 Imp.gal (UK)/min = 4.403 gal (US)/min
- 1 m^3/h = 10^3 dm^3 (liter)/h = 16.67 dm^3 (liter)/min = 0.27878 dm^3 (liter)/s
- 1 ft^3/min = 1.7 m^3/h = 0.47 l/s = 62.43 Lbs.H₂O/Min.
- 1 dm^3 (liter)/s = 10^3 m^3/s = 3.6 m^3/h = 0.03532 ft^3/s = 2.1189 ft^3/min (cfm) = 13.200 Imp.gal (UK)/min = 15.852 gal (US)/min = 792 Imp.gal (UK)/h
- 1 dm^3 (liter)/s = 60 liter/min = 3,600 liter/h
- 1 ft^3/s = 0.0283168 m^3/s = 101.9 m^3/h = 28.32 dm^3 (liter)/s = 60 ft^3/min = 373.7 Imp.gal (UK)/min = 448.9 gal (US)/min
- 1 Imp.gal (UK)/min = 7.57682×10^{-5} m^3/s = 0.273 m^3/h = 0.0758 dm^3 (liter)/s = 2.675×10^{-3} ft^3/s = 0.1605 ft^3/min = 1.201 gal (US)/min
- 1 gal (US)/min = 6.30888×10^{-5} m^3/s = 0.227 m^3/h = 0.06309 dm^3 (liter)/s = 2.228×10^{-3} ft^3/s = 0.1337 ft^3/min = 0.8327 Imperial gal (UK)/min

Electric Charge (pengisian listrik)

- 1 abcoulomb = 0.00278 ampere-hour = 10 coulomb = 6.24151×10^{19} electronic charge = 1.03632×10^4 faraday (chem) = 2.99792×10^{10} statcoulomb
- 1 ampere hour = 360 abcoulomb = 3600 coulomb = 0.03731 faraday (chem)
- 1 coulomb = 0.1 abcoulomb = 0.000278 ampere hour = 1 ampere second = 1,000,5002 coulomb (int) = 1.0363×10^9 faraday (chem) = 1.0360×10^9 faraday (phys) = 2.9979×10^9 statcoulomb

Voltage Difference (perbedaan tegangan)

- abvolt = 0.01 microvolt = 1×10^{-5} millivolt = 1×10^{-8} volt

Frequency (frekuensi)

- 1 hertz = 1 cycle/sec = 1 siklus/det

Information Storage (penyimpanan informasi)

- 1 bit = 0.125 byte (computers)
- 1 byte = 8 bit

Tabel Specific heat for some commonly used liquids and fluids

The specific heat for some commonly used liquids and fluids:

Product	Specific Heat - c_p	
	(kJ/kg K)	(Btu/lb. °F)
Acetic acid	2.043	0.49
Acetone	2.15	0.51
Alcohol, ethyl 32°F (ethanol)	2.3	0.548
Alcohol, ethyl 104°F (ethanol)	2.72	0.65
Alcohol, methyl. 40 - 50°F	2.47	0.59
Alcohol, methyl. 60 - 70°F	2.51	0.6
Alcohol, propyl	2.37	0.57
Ammonia, 32°F	4.6	1.1
Ammonia, 104°F	4.86	1.16
Ammonia, 176°F	5.4	1.29
Ammonia, 212°F	6.2	1.48
Ammonia, 238°F	6.74	1.61
Aniline	2.18	0.514
Benzene, 60°F	1.8	0.43
Benzene, 150°F	1.92	0.46
Benzine	2.1	
Benzol	1.8	0.43
Bismuth, 800°F	0.15	0.0345
Bismuth, 1000°F	0.155	0.0369
Bismuth, 1400°F	0.165	0.0393
Bromine	0.47	0.11
n-Butane, 32°F	2.3	0.55
Calcium Chloride	3.06	0.73
Carbon Disulfide	0.992	0.237
Carbon Tetrachloride	0.866	0.207
Castor Oil	1.8	0.43
Chloroform	1.05	0.251
Citron Oil	1.84	0.44
Decane	2.21	0.528
Diphenylamine	1.93	0.46
Dodecane	2.21	0.528

Dowtherm	1.55	0.37
Ether	2.21	0.528
Ethyl ether	2.22	0.529
Ethylene glycol	2.36	0.56
Freon R-12 saturated -40°F	0.88	0.211
Freon R-12 saturated 0°F	0.91	0.217
Freon R-12 saturated 120°F	1.02	0.244
Fuel Oil min.	1.67	0.4
Fuel Oil max.	2.09	0.5
Gasoline	2.22	0.53
Glycerine	2.43	0.576
Heptane	2.24	0.535
Hexane	2.26	0.54
Hydrochloric acid	3.14	
Iodine	2.15	0.51
Kerosene	2.01	0.48
Linseed Oil	1.84	0.44
Light Oil, 60°F	1.8	0.43
Light Oil, 300°F	2.3	0.54
Mercury	0.14	0.03
Methyl alcohol	2.51	
Milk	3.93	0.94
Naphthalene	1.72	0.41
Nitric acid	1.72	
Nitro benzole	1.52	0.362
Octane	2.15	0.51
Oil, Castor	1.97	0.47
Oil, Olive	1.97	0.47
Oil, mineral	1.67	0.4
Oil, turpentine	1.8	
Oil, vegetable	1.67	0.4
Olive oil	1.97	0.47
Paraffin	2.13	0.51
Perchlor ethylene	0.905	
Petroleum	2.13	0.51
Petroleum ether	1.76	
Phenol	1.43	0.34
Potassium hydrate	3.68	0.88
Propane, 32°F	2.4	0.576
Propylene	2.85	0.68
Propylene Glycol	2.5	0.60
Sesame oil	1.63	0.39
Sodium, 200°F	1.38	0.33
Sodium, 1000°F	1.26	0.3
Sodium hydrate	3.93	0.94
Soya bean oil	1.97	0.47
Sulfuric acid concentrated	1.38	
Sulfuric acid	1.34	
Toluene	1.72	0.41
Trichlor ethylene	1.30	
Tuluol	1.51	0.36
Turpentine	1.72	0.411
Water, fresh	4.19	1
Water, sea 36°F	3.93	0.938
Xylene	1.72	0.41

Tabel specific heat of some common used solids

Specific heat of some common used solids:

Product	Specific Heat - c_p -	
	(Btu/lb _m °F) (kcal/kg °C)	(kJ/kg K)
Agate		0.80
Aluminum bronze		0.436
Aluminum, 0°C	0.21	0.87
Antimony	0.05	0.21
Apatite	0.2	0.84
Arsenic		0.348
Artificial wool		1.357
Asbestos cement board	0.2	0.84
Asbestos mill board	0.2	0.84
Ashes	0.2	0.84
Asphalt	0.22	0.92
Augite	0.19	0.8
Bakelite, wood filler	0.33	1.38
Bakelite, asbestos filler	0.38	1.59
Barite	0.11	0.46
Barium	0.07	0.29
Basalt rock	0.2	0.84
Beeswax	0.82	3.4
Beryl	0.2	0.84
Beryllium		1.02
Bismuth	0.03	0.13
Boile scale		0.80
Bone	0.11	0.44
Borax	0.24	1
Boron	0.31	1.3
Brass	0.09	0.38
Brick, common	0.22	0.9
Brick, hard	0.24	1
Bronze, phosphor	0.09	
Cadmium	0.06	0.25
Calcite 32 - 100F	0.19	0.8

Calcite 32 - 212F	0.2	0.84
Calcium	0.15	0.63
Calcium carbonat	0.18	
Calcium sulfate	0.27	
Carbon, Diamond	0.12	0.52
Carbon, Graphite	0.17	0.71
Carborundum	0.16	0.67
Cassiterite	0.09	0.38
Cement dry	0.37	1.55
Cement powder	0.2	0.84
Cellulose	0.37	
Celluloid	0.36	
Charcoal	0.24	1
Chalk	0.22	0.9
Chalcopyrite	0.13	0.54
Charcoal, wood	0.24	1
Chromium	0.12	0.5
Clay	0.22	0.92
Coal, anthracite	0.3	1.26
Coal, bituminous	0.33	1.38
Cobalt	0.11	0.46
Coke	0.2	0.85
Concrete, stone	0.18	0.75
Concrete, light	0.23	0.96
Constantan		0.41
Copper	0.09	0.39
Cork, Corkboard	0.45	1.9
Corundum	0.1	0.42
Cotton	0.32	
Diamond	0.15	0.63
Dolomite rock	0.22	0.92
Duralium		0.92
Earth, dry	0.3	1.26
Electron		1.00
Emery		0.96
Fats	0.46	
Fiberboard, light	0.6	2.5
Fiber hardboard	0.5	2.1
Fire brick	0.25	1.05
Fluorite	0.22	0.92
Fluorspar	0.21	0.88
Galena	0.05	0.21
Garnet	0.18	0.75
Glass	0.2	0.84
Glass, crystal	0.12	0.5
Glass, plate	0.12	0.5
Glass, Pyrex	0.18	0.75
Glass, window	0.2	0.84
Glass-wool	0.16	0.67
Gold	0.03	0.13
Granite	0.19	0.79
Graphite	0.17	0.71
Gypsum	0.26	1.09
Hairfelt	0.5	2.1
Hermatite	0.16	0.67
Hornblende	0.2	0.84
Hyperthene	0.19	0.8

Ice -112°F	0.35	1.47
Ice -40°F	0.43	1.8
Ice -4°F	0.47	1.97
Ice 32°F (0°C)	0.49	2.09
India rubber min	0.27	1.13
India rubber max	0.98	4.1
Ingot iron		0.49
Iodine		0.218
Iridium	0.03	0.13
Iron, 20°C	0.11	0.46
Labradorite	0.19	0.8
Lava	0.2	0.84
Limestone	0.217	0.908
Litharge	0.21	
Lead	0.03	0.13
Leather, dry	0.36	1.5
Lithium	0.86	3.58
Magnetite	0.16	0.67
Malachite	0.18	0.75
Manganese	0.11	0.46
Magnesia (85%)	0.2	0.84
Magnesium		1.05
Marble, mica	0.21	0.88
Mercury	0.03	0.14
Mica	0.12	0.5
Mineral wool blanket	0.2	0.84
Molybdenum		0.272
Nickel		0.461
Octalocose	0.21	0.88
Orthoclase	0.19	0.8
Osmium		0.130
Oxide of chrome		0.75
Paper	0.33	1.336
Paraffin wax	0.7	2.9
Pcut	0.45	1.88
Phosphorbronze		0.36
Phosphorus		0.80
Pig iron, white		0.54
Pinchbeck		0.38
Pit coal		1.02
Plaster, light	0.24	1
Plaster, sand	0.22	0.9
Plastics, foam	0.3	1.3
Plastics, solid	0.4	1.67
Platinum, 0°C	0.032	0.13
Porcelain	0.26	1.07
Potassium	0.13	0.54
Pyrex glass	0.2	0.84
Pyrolusite	0.16	0.67
Pyroxylin plastics	0.36	1.51
Quartz mineral 55 - 212°F*	0.19	0.8
Quartz mineral 32°F (0°C)	0.17	0.71
Red lead		0.092
Red metal		0.381
Rhenium		0.14
Rhodium		0.24

Rock salt	0.22	0.92
Rosin		1.30
Rubber	0.48	2.01
Rubidium		0.33
Salt	0.21	0.88
Sand, dry	0.19	0.80
Sandstone	0.22	0.92
Sawdust	0.21	0.9
Selenium		0.33
Serpentine	0.26	1.09
Silica aerogel	0.2	0.84
Silicon		0.75
Silicon, carbide		0.67
Silk	0.33	1.38
Silver, 20°C	0.056	0.23
Slate		0.76
Sodium	0.3	1.26
Soil, dry	0.19	0.80
Soil, wet	0.35	1.48
Steatite		0.83
Steel		0.49
Stone	0.2	0.84
Stoneware	0.19	0.8
sulphur, sulfur	0.17	0.71
Tantalum		0.138
Tar	0.35	1.47
Tellurium	0.05	0.21
Thorium		0.14
Tile hollow	0.15	0.63
Timber, see wood		
Tin		0.24
Titanium		0.47
Topaz	0.21	0.88
Tungsten	0.03	0.134
Uranium		0.117
Vanadium	0.12	0.5
Vermiculite	0.2	0.84
Vulcanite	0.33	1.38
Wax		3.43
Welding iron		0.515
White metal		0.147
Wood, balsa	0.7	2.9
Wood, oak	0.48	2
Wood, white pine	0.6	2.5
Wool, loose	0.3	1.26
Wool, felt	0.33	1.38
Zinc		0.38

• $1 \text{ Btu/lb}_m^{\circ}\text{F} = 4186.8 \text{ J/kg K} = 1 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$

• $T (^{\circ}\text{C}) = 5/9[T (^{\circ}\text{F}) - 32]$

• $T (^{\circ}\text{F}) = [T (^{\circ}\text{C})](9/5) + 32$

Heating Energy

The energy required to heat a product can be calculated as

$$q = c_p m dt \quad (1)$$

where

$q = \text{heat required (kJ)}$

Tabel thermal conductivity for common material and products

Thermal conductivity for common materials and products:

Material/Substance	Thermal Conductivity		
	- k - W/(m K)		
	Temperature - °C		
	25	125	225
Acetals	0.23		
Acetone	0.16		
Acetylene (gas)	0.018		
Acrylic	0.2		
Air, atmosphere (gas)	0.024		
Air, elevation 10000 m	0.020		
Alcohol	0.17		
Aluminum	205	215	250
Aluminum Brass	121		
Aluminum Oxide	30		
Ammonia (gas)	0.022		
Antimony	18,5		
Apple (85.6% moisture)	0.39		
Argon (gas)	0.016		
Asbestos-cement board	0.744		
Asbestos-cement sheets	0.166		
Asbestos-cement	2.07		
Asbestos, loosely packed	0.15		
Asbestos mill board	0.14		
Asphalt	0.75		
Balsa wood	0.048		
Bitumen	0.17		
Bitumen/felt layers	0.5		
Beef, lean (78.9 % moisture)	0.43 - 0.48		
Benzene	0.16		
Beryllium	218		

Bitumen	0.17		
Blast furnace gas (gas)	0.02		
Brass	109		
Breeze block	0.10 - 0.20		
Brick dense	1.31		
Brick, insulating	0.15		
Brickwork, common (Building Brick)	0.6 - 1.0		
Brickwork, dense	1.6		
Bromine (gas)	0.004		
Bronze	110		
Butter (15% moisture content)	0.20		
Cadmium	92		
Calcium silicate	0.05		
Carbon	1.7		
Carbon dioxide (gas)	0.0146		
Carbon monoxide	0.0232		
Cellulose, cotton, wood pulp and regenerated	0.23		
Cellulose acetate, molded, sheet	0.17 - 0.33		
Cellulose nitrate, celluloid	0.12 - 0.21		
Cement, portland	0.29		
Cement, mortar	1.73		
Chalk	0.09		
Charcoal	0.2		
Chlorinated poly-ether	0.13		
Chlorine (gas)	0.0081		
Chrome Nickel Steel (18% Cr, 8% Ni)	16.3		
Chromium	94		
Clay, dry to moist	0.15 - 1.8		
Clay, saturated	0.6 - 2.5		
Coal	0.2		
Cobalt	69		
Cod (83% moisture content)	0.54		
Concrete, lightweight	0.1 - 0.3		
Concrete, medium	0.4 - 0.7		
Concrete, dense	1.0 - 1.8		
Concrete, stone	1.7		
Constantan	22		
Copper	401	400	398
Corian (ceramic filled)	1.06		
Cork board	0.043		
Cork, re-granulated	0.044		
Cork	0.07		
Cotton	0.04		
Cotton wool	0.029		
Carbon Steel	54	51	47
Cotton Wool insulation	0.029		
Diamond	1000		
Diatomaceous earth (Sil-o-cel)	0.06		
Diatomite	0.12		
Earth, dry	1.5		
Engine Oil	0.15		
Ethane (gas)	0.018		
Ether	0.14		
Ethylene (gas)	0.017		
Epoxy	0.35		
Ethylene glycol	0.25		
Feathers	0.034		

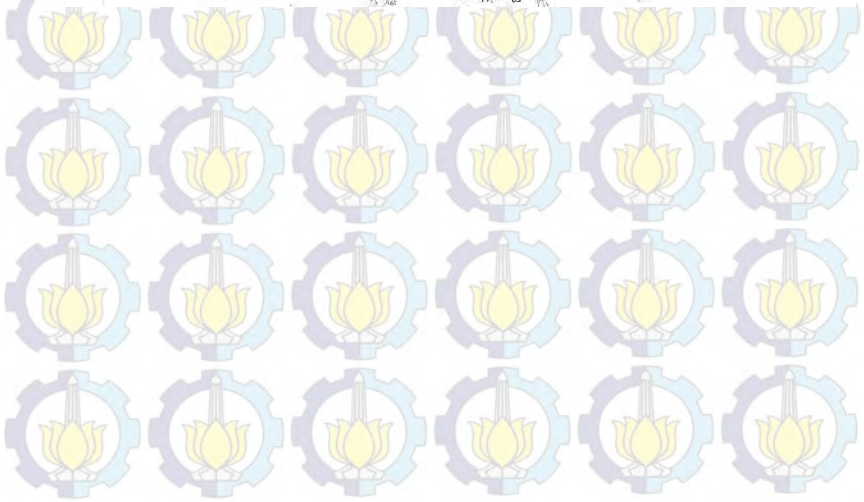
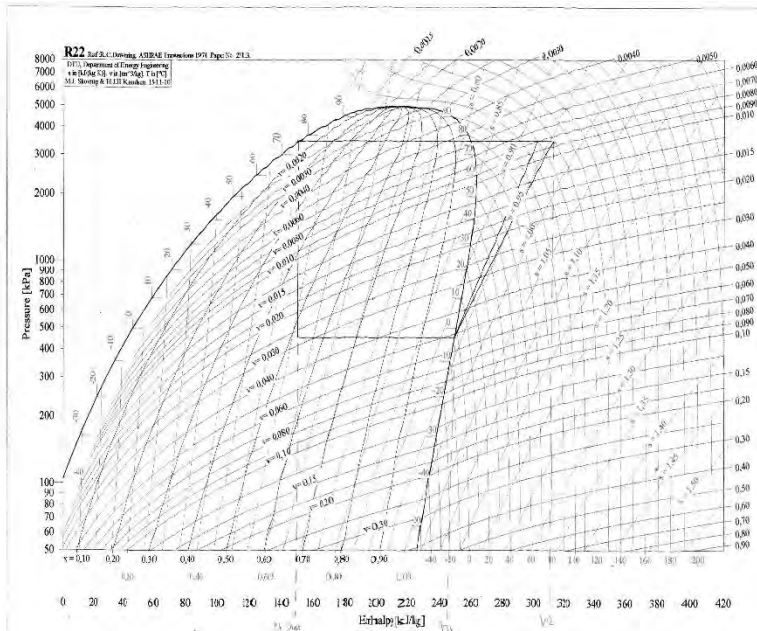
Felt insulation	0.04		
Fiberglass	0.04		
Fiber insulating board	0.048		
Fiber hardboard	0.2		
Fire-clay brick 500°C	1.4		
Fluorine (gas)	0.0254		
Foam glass	0.045		
Freon R-12 (gas)	0.007		
Freon R-12 (liquid)	0.09		
Gasoline	0.15		
Glass	1.05		
Glass, Pearls, dry	0.18		
Glass, Pearls, saturated	0.76		
Glass, window	0.96		
Glass, wool insulation	0.04		
Glycerol	0.28		
Gold	310	312	310
Granite	1.7 - 4.0		
Gravel	0.7		
Ground or soil, very moist area	1.4		
Ground or soil, moist area	1.0		
Ground or soil, dry area	0.5		
Ground or soil, very dry area	0.33		
Gypsum board	0.17		
Hairfelt	0.05		
Hardboard high density	0.15		
Hardwoods (oak, maple..)	0.16		
Helium (gas)	0.142		
Honey (12.6% moisture content)	0.5		
Hydrochloric acid (gas)	0.013		
Hydrogen (gas)	0.168		
Hydrogen sulfide (gas)	0.013		
Ice (0°C, 32°F)	2.18		
Insulation materials	0.035 - 0.16		
Iridium	147		
Iron	80	68	60
Iron, wrought	59		
Iron, cast	55		
Kapok insulation	0.034		
Kerosene	0.15		
Krypton (gas)	0.0088		
Lead Pb	35		
Leather, dry	0.14		
Limestone	1.26 - 1.33		
Magnesia insulation (85%)	0.07		
Magnesite	4.15		
Magnesium	156		
Marble	2.08 - 2.94		
Mercury, liquid	8.3		
Methane (gas)	0.030		
Methanol	0.21		
Mica	0.71		
Milk	0.53		
Mineral wool insulation materials, wool blankets ..	0.04		
Molybdenum	138		
Monel	26		

Neon (gas)	0.046		
Neoprene	0.05		
Nickel	91		
Nitric oxide (gas)	0.0238		
Nitrogen (gas)	0.024		
Nitrous oxide (gas)	0.0151		
Nylon 6, Nylon 6/6	0.25		
Oil, machine lubricating SAE 50	0.15		
Olive oil	0.17		
Oxygen (gas)	0.024		
Paper	0.05		
Paraffin Wax	0.25		
Perlite, atmospheric pressure	0.031		
Perlite, vacuum	0.00137		
Phenolic cast resins	0.15		
Phenol-formaldehyde moulding compounds	0.13 - 0.25		
Plaster light	0.2		
Plaster, metal lath	0.47		
Plaster, sand	0.71		
Plaster, wood lath	0.28		
Plasticine	0.65 - 0.8		
Plastics, foamed (insulation materials)	0.03		
Platinum	70	71	72
Plutonium	6.7		
Plywood	0.13		
Polycarbonate	0.19		
Polyester	0.05		
Polyethylene low density, PEL	0.33		
Polyethylene high density, PEH	0.42 - 0.51		
Polyisoprene natural rubber	0.13		
Polyisoprene hard rubber	0.16		
Polymethylmethacrylate	0.17 - 0.25		
Polypropylene, PP	0.1 - 0.22		
Polystyrene, expanded styrofoam	0.03		
Polystyrol	0.043		
Polyurethane foam	0.03		
Porcelain	1.5		
Potato, raw flesh	0.55		
Propane (gas)	0.015		
Polytetrafluoroethylene, Teflon, PTFE	0.25		
Polyvinylchloride, PVC	0.19		
Pyrex glass	1.005		
Quartz mineral	3		
Radon (gas)	0.0033		
Rock, solid	2 - 7		
Rock, porous volcanic (Tuff)	0.5 - 2.5		
Rock Wool insulation	0.045		
Rubber, cellular	0.045		
Rubber, natural	0.13		
Salmon (73% moisture content)	0.50		
Sand, dry	0.15 - 0.25		
Sand, moist	0.25 - 2		
Sand, saturated	2 - 4		
Sandstone	1.7		
Sawdust	0.08		
Sheep wool	0.039		
Silica aerogel	0.02		



Silicone cast resin	0.15 - 0.32		
Silicone oil	0.1		
Silver	429		
Slag wool	0.042		
Slate	2.01		
Snow (temp < 0°C)	0.05 - 0.25		
Sodium	135 (solid)	86 (liquid)	
Softwoods (fir, pine ..)	0.12		
Soil, clay	1.1		
Soil, with organic matter	0.15 - 2		
Soil, saturated	0.6 - 4		
Steam, saturated	0.0184		
Steam, low pressure	0.0188		
Steel, Carbon 1%	43		
Stainless Steel	16	17	19
Straw slab insulation, compressed	0.09		
Styrofoam	0.033		
Sulfur dioxide (gas)	0.0086		
Sugars	0.087 - 0.22		
Teflon	0.25		
Timber	0.14		
Tin Sn	67		
Titanium	22		
Tungsten	174		
Uranium	27.6		
Urethane foam	0.021		
Vacuum	0		
Vermiculite granules	0.065		
Vinyl ester	0.25		
Water	0.58		
Water, vapor (steam)		0.016	
Wheat flour	0.45		
Wood across the grain, white pine	0.12		
Wood across the grain, balsa	0.055		
Wood across the grain, yellow pine, timber	0.147		
Wood, oak	0.17		
Wool, felt	0.07		
Wood wool, slab	0.1 - 0.15		
Xenon (gas)	0.0051		
Zinc Zn	116		

Tabel siklus R-22 diagram P-H



Tabel Thermophysical Properties of R-22

Table A-7 Properties of Saturated Refrigerant 22 (Liquid-Vapor): Temperature Table

Pressure Constant: 1 bar = 0.1 MPa = 10⁵ Pa

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg·K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
-60	0.3749	0.6833	0.5370	-21.57	203.67	-21.55	245.35	223.81	-0.0664	1.0547	-60
-50	0.6451	0.6966	0.3239	-10.89	207.70	-10.85	239.44	228.60	-0.0434	1.0256	-50
-45	0.8290	0.7037	0.2564	-5.50	209.70	-5.44	236.39	230.95	-0.0235	1.0126	-45
-40	1.0522	0.7109	0.2052	-0.07	211.68	0.00	233.27	233.27	0.0000	1.0005	-40
-36	1.2627	0.7169	0.1730	4.29	213.25	4.38	231.71	235.09	0.0186	0.9914	-36
-32	1.5049	0.7231	0.1468	8.68	214.80	8.79	228.10	236.89	0.0369	0.9824	-32
-30	1.6389	0.7262	0.1355	10.88	215.58	11.00	226.77	237.78	0.0490	0.9767	-30
-28	1.7814	0.7294	0.1282	13.09	216.34	13.22	225.43	238.66	0.0551	0.9746	-28
-26	1.9345	0.7327	0.1194	15.31	217.11	15.45	224.08	239.53	0.0641	0.9707	-26
-22	2.2098	0.7393	0.0997	19.76	218.62	19.92	221.32	241.24	0.0819	0.9631	-22
-20	2.4534	0.7427	0.0926	21.99	219.37	22.17	219.91	242.00	0.0908	0.9595	-20
-18	2.6482	0.7462	0.0861	24.23	220.11	24.43	218.49	242.92	0.0996	0.9559	-18
-16	2.8547	0.7497	0.0802	26.48	220.85	26.69	217.05	243.74	0.1084	0.9525	-16
-14	3.0733	0.7533	0.0748	28.73	221.58	28.97	215.59	244.56	0.1171	0.9490	-14
-12	3.3044	0.7569	0.0698	31.00	222.30	31.25	214.11	245.36	0.1258	0.9457	-12
-10	3.5485	0.7606	0.0652	33.27	223.02	33.54	212.62	246.15	0.1345	0.9424	-10
-8	3.8062	0.7644	0.0610	35.54	223.73	35.83	211.10	246.93	0.1431	0.9392	-8
-6	4.0777	0.7683	0.0571	37.81	224.43	38.14	209.56	247.70	0.1517	0.9361	-6
-4	4.3638	0.7722	0.0535	40.12	225.13	40.46	208.00	248.45	0.1602	0.9330	-4
-2	4.6647	0.7762	0.0501	42.47	225.82	42.78	206.41	249.20	0.1688	0.9300	-2
0	4.9811	0.7803	0.0470	44.73	226.50	45.12	204.81	249.92	0.1773	0.9271	0
2	5.3133	0.7844	0.0442	47.04	227.17	47.46	203.18	250.64	0.1857	0.9241	2
4	5.6619	0.7887	0.0415	49.37	227.83	49.82	201.52	251.34	0.1941	0.9213	4
6	6.0275	0.7930	0.0391	51.71	228.48	52.18	199.84	252.03	0.2025	0.9184	6
8	6.4105	0.7974	0.0368	54.05	229.13	54.56	198.14	252.70	0.2109	0.9157	8
10	6.8113	0.8020	0.0346	56.40	229.76	56.95	196.40	253.35	0.2193	0.9129	10
12	7.2307	0.8066	0.0326	58.77	230.38	59.35	194.64	253.99	0.2276	0.9102	12
16	8.1268	0.8162	0.0291	63.53	231.59	64.19	191.02	255.21	0.2442	0.9048	16
20	9.1030	0.8263	0.0259	68.33	232.76	69.09	187.28	256.37	0.2607	0.8996	20
24	10.164	0.8369	0.0232	73.19	233.87	74.04	183.40	257.44	0.2772	0.8944	24
28	11.313	0.8480	0.0208	78.09	234.92	79.05	179.37	258.43	0.2936	0.8893	28
32	12.556	0.8599	0.0186	83.06	235.91	84.14	175.18	259.32	0.3101	0.8842	32
36	13.897	0.8724	0.0168	88.08	236.83	89.29	170.82	260.11	0.3265	0.8790	36
40	15.341	0.8858	0.0151	93.18	237.66	94.53	166.25	260.79	0.3429	0.8738	40
45	17.298	0.9039	0.0132	99.65	238.59	101.21	160.24	261.46	0.3635	0.8672	45
50	19.433	0.9238	0.0116	106.26	239.34	108.06	153.84	261.90	0.3842	0.8603	50
60	24.281	0.9365	0.0089	120.00	240.24	122.35	139.61	261.96	0.4264	0.8455	60

Source: Tables A-7 through A-9 are calculated based on equations from A. Kamei and S. W. Benson, "A Fundamental Equation for Chlorodifluoromethane (R-22)," *Fluid Phase Equilibria*, Vol. 80, No. 11, 1992, pp. 71-80.

Table A-1 Properties of Saturated Refrigerant 22 (Liquid-Vapor): Pressure Table

Pressure Conversion: 1 bar = 0.1 MPa = 10 ² kPa		Properties of Saturated Refrigerant 22 (Liquid-Vapor): Pressure Table									
Press. bar	Temp. °C	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg·K		Press. bar
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Sat. Vapor s_g	
0.40	-58.86	0.6847	0.5058	-20.36	204.13	-20.34	244.69	224.36	-0.0907	1.0512	0.40
0.50	-54.83	0.6901	0.4107	-16.07	205.76	-16.03	242.33	226.30	-0.0709	1.0391	0.50
0.60	-51.40	0.6947	0.3466	-12.39	207.14	-12.35	240.28	227.93	-0.0542	1.0294	0.60
0.70	-48.40	0.6989	0.3002	-9.17	208.34	-9.12	238.47	229.25	-0.0397	1.0213	0.70
0.80	-45.73	0.7026	0.2650	-6.28	209.41	-6.23	236.84	230.61	-0.0270	1.0144	0.80
0.90	-43.30	0.7061	0.2374	-3.66	210.37	-3.60	235.34	231.74	-0.0155	1.0084	0.90
1.00	-41.09	0.7093	0.2157	-1.26	211.25	-1.19	233.95	232.77	-0.0051	1.0031	1.00
1.25	-36.23	0.7166	0.1746	4.04	213.16	4.13	230.86	234.99	0.0175	0.9919	1.25
1.50	-32.08	0.7230	0.1472	8.60	214.77	8.70	228.15	236.86	0.0366	0.9830	1.50
1.75	-28.44	0.7287	0.1274	12.61	216.18	12.74	225.73	238.47	0.0511	0.9755	1.75
2.00	-25.18	0.7340	0.1123	16.22	217.42	16.37	223.52	239.88	0.0678	0.9691	2.00
2.25	-22.22	0.7389	0.1005	19.51	218.53	19.67	221.47	241.15	0.0809	0.9636	2.25
2.50	-19.51	0.7436	0.0910	22.54	219.55	22.72	219.57	242.29	0.0910	0.9586	2.50
2.75	-17.00	0.7479	0.0831	25.36	220.48	25.56	217.73	243.33	0.1040	0.9542	2.75
3.00	-14.66	0.7521	0.0765	27.99	221.34	28.22	216.07	244.29	0.1143	0.9502	3.00
3.25	-12.46	0.7561	0.0709	30.47	222.13	30.72	214.46	245.18	0.1238	0.9465	3.25
3.50	-10.39	0.7599	0.0661	32.82	222.88	33.09	212.91	246.00	0.1328	0.9431	3.50
3.75	-8.43	0.7636	0.0618	35.06	223.58	35.34	211.42	246.77	0.1413	0.9399	3.75
4.00	-6.56	0.7672	0.0581	37.18	224.24	37.49	209.99	247.48	0.1495	0.9370	4.00
4.25	-4.78	0.7706	0.0548	39.22	224.86	39.55	208.61	248.16	0.1569	0.9342	4.25
4.50	-3.08	0.7740	0.0519	41.17	225.45	41.52	207.27	248.80	0.1642	0.9316	4.50
4.75	-1.45	0.7773	0.0492	43.05	226.00	43.42	205.98	249.40	0.1711	0.9292	4.75
5.00	0.12	0.7805	0.0469	44.86	226.54	45.25	204.71	249.97	0.1777	0.9269	5.00
5.25	1.63	0.7836	0.0447	46.61	227.04	47.02	203.48	250.51	0.1841	0.9247	5.25
5.50	3.08	0.7867	0.0427	48.30	227.53	48.74	202.28	251.02	0.1903	0.9226	5.50
5.75	4.49	0.7897	0.0409	49.94	227.99	50.40	201.11	251.51	0.1962	0.9206	5.75
6.00	5.85	0.7927	0.0392	51.53	228.44	52.01	199.97	251.98	0.2019	0.9186	6.00
7.00	10.91	0.8041	0.0337	57.48	230.04	58.04	195.60	253.64	0.2231	0.9117	7.00
8.00	15.45	0.8149	0.0295	62.88	231.41	63.53	191.52	255.05	0.2419	0.9056	8.00
9.00	19.59	0.8252	0.0262	67.84	232.64	68.59	187.67	256.25	0.2591	0.9001	9.00
10.00	23.40	0.8352	0.0236	72.46	233.71	73.30	183.99	257.28	0.2748	0.8952	10.00
12.00	30.23	0.8546	0.0195	80.87	235.48	81.90	177.04	258.94	0.3029	0.8864	12.00
14.00	36.29	0.8734	0.0166	88.45	236.89	89.68	170.49	260.16	0.3277	0.8786	14.00
16.00	41.73	0.8919	0.0144	95.41	238.00	96.83	164.21	261.04	0.3500	0.8715	16.00
18.00	46.69	0.9104	0.0127	101.87	238.86	103.51	158.13	261.64	0.3705	0.8649	18.00
20.00	51.26	0.9291	0.0112	107.95	239.51	109.81	152.17	261.98	0.3895	0.8586	20.00
24.00	59.46	0.9677	0.0091	119.24	240.22	121.56	140.43	261.99	0.4241	0.8461	24.00

Table A-9 Properties of Superheated Refrigerant 22 Vapor

T °C	v m ³ /kg	w kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m ³ /kg	w kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
$p = 0.4 \text{ bar} = 0.04 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -58.86^\circ\text{C}$)				$p = 0.6 \text{ bar} = 0.06 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -51.40^\circ\text{C}$)				* Pressure Conversion: 1 bar = 0.1 MPa = 10^5 Pa
Sat.	0.50559	204.13	224.36	1.0512	0.34656	207.14	227.93	
+55	0.51532	205.92	226.57	1.0612				
-50	0.52787	208.26	229.88	1.0740	0.34895	207.80	228.74	1.0330
-45	0.54037	210.63	232.24	1.0868	0.35747	210.20	231.65	1.0459
-40	0.55284	213.02	235.15	1.0995	0.36594	212.62	234.58	1.0586
-35	0.56526	215.41	238.05	1.1117	0.37437	215.06	237.52	1.0711
-30	0.57766	217.88	240.96	1.1239	0.38277	217.53	240.49	1.0835
-25	0.59002	220.35	243.85	1.1360	0.39114	220.02	243.49	1.0956
+20	0.60236	222.85	246.95	1.1479	0.39948	222.54	246.51	1.1077
-15	0.61468	225.38	249.97	1.1597	0.40779	225.08	249.55	1.1196
-10	0.62697	227.93	253.01	1.1714	0.41608	227.65	252.62	1.1314
-5	0.63925	230.52	256.09	1.1830	0.42436	230.25	255.71	1.1430
0	0.65151	233.13	259.19	1.1944	0.43261	232.88	258.83	1.1545
$p = 0.8 \text{ bar} = 0.08 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -45.73^\circ\text{C}$)				$p = 1.0 \text{ bar} = 0.10 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -41.89^\circ\text{C}$)				
Sat.	0.26503	209.41	230.61	1.0144	0.23518	211.25	232.77	1.0051
-45	0.28597	209.76	231.04	1.0163				
-40	0.27245	212.21	234.01	1.0292	0.21633	211.79	233.42	1.0059
-35	0.23890	214.68	236.99	1.0418	0.22158	214.29	236.44	1.0187
-30	0.28530	217.17	239.99	1.0543	0.22679	216.80	239.48	1.0313
-25	0.29167	219.68	243.02	1.0666	0.23197	219.34	242.54	1.0438
-20	0.29801	222.23	246.06	1.0788	0.23712	221.90	245.61	1.0560
-15	0.30433	224.78	249.13	1.0908	0.24226	224.48	248.70	1.0681
-10	0.31062	227.37	252.22	1.1026	0.24734	227.08	251.82	1.0801
-5	0.31690	229.98	255.34	1.1143	0.25241	229.71	254.95	1.0919
0	0.32315	232.62	258.47	1.1259	0.25747	232.36	258.11	1.1035
5	0.32939	235.29	261.64	1.1374	0.26251	235.04	261.29	1.1151
10	0.33561	237.98	264.83	1.1488	0.26753	237.74	264.50	1.1265
$p = 1.5 \text{ bar} = 0.15 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -32.08^\circ\text{C}$)				$p = 2.0 \text{ bar} = 0.20 \text{ MPa}$ ($T_{\text{sat}} = -25.18^\circ\text{C}$)				
Sat.	0.14721	214.77	236.86	0.9830	0.11232	217.42	239.88	0.9691
-30	0.14872	215.85	238.16	0.9863				
-25	0.15232	218.45	241.30	1.0011	0.11282	217.51	240.00	0.9696
-20	0.15588	221.07	244.45	1.0157	0.11520	220.19	243.23	0.9825
-15	0.15941	223.70	247.61	1.0290	0.11795	222.88	246.47	0.9952
-10	0.16292	226.35	250.78	1.0422	0.12067	225.58	249.72	1.0076
-5	0.16640	229.02	253.98	1.0550	0.12336	228.30	252.97	1.0199
0	0.16987	231.70	257.18	1.0623	0.12603	231.05	256.23	1.0310
5	0.17333	234.42	260.41	1.0738	0.12868	233.78	259.51	1.0418
10	0.17674	237.15	263.66	1.0854	0.13132	236.54	262.81	1.0555
15	0.18015	239.91	266.95	1.0968	0.13393	239.33	266.12	1.0671
20	0.18355	242.69	270.22	1.1081	0.13653	242.14	269.44	1.0786
25	0.18693	245.49	273.53	1.1193	0.13912	244.97	272.79	1.0899

Tabel Heat Gain From Typical Electric Motors

TABLE 6.16 HEAT GAIN FROM TYPICAL ELECTRIC MOTORS

Motor Name-plate or Rated Horsepower	Motor Type	Nominal rpm	Full Load Motor Efficiency in Percent	Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream		
				A	B	C
				Motor in, Driven Equipment in Btu/h	Motor out, Driven Equipment in Btu/h	Motor in, Driven Equipment out Btu/h
0.05	Shaded Pole	1500	35	360	130	240
0.08	Shaded Pole	1500	35	580	200	380
0.125	Shaded Pole	1500	35	900	320	590
0.16	Shaded Pole	1500	35	1160	400	760
0.25	Split Phase	1750	54	1180	640	540
0.33	Split Phase	1750	56	1500	840	660
0.50	Split Phase	1750	60	2120	1270	850
0.75	3-Phase	1750	72	2650	1900	740
1	3-Phase	1750	75	3390	2550	850
1	3-Phase	1750	77	4960	3820	1140
2	3-Phase	1750	79	6440	5090	1350
3	3-Phase	1750	81	9430	7640	1790
5	3-Phase	1750	82	15,500	12,700	2790
7.5	3-Phase	1750	84	22,700	19,100	3640
10	3-Phase	1750	85	29,900	24,500	4490
15	3-Phase	1750	86	44,400	38,200	6210
20	3-Phase	1750	87	58,500	50,900	7610
25	3-Phase	1750	88	72,300	63,600	8680
30	3-Phase	1750	89	85,700	76,300	9440
40	3-Phase	1750	89	114,000	102,000	12,600
50	3-Phase	1750	89	143,000	127,000	15,700
60	3-Phase	1750	89	172,000	153,000	18,900
75	3-Phase	1750	90	212,000	191,000	21,200
100	3-Phase	1750	90	283,000	255,000	28,300
125	3-Phase	1750	90	353,000	318,000	35,300
150	3-Phase	1750	91	420,000	382,000	37,800
200	3-Phase	1750	91	569,000	509,000	50,300
250	3-Phase	1750	91	699,000	636,000	62,900

Reprinted with permission from the 1993 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Table Rates of Heat Gain From Occupants of conditioned spaces

TABLE 6.13 RATES OF HEAT GAIN FROM OCCUPANTS OF CONDITIONED SPACES

Degree of Activity		Total Heat Adults		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h
		Adult Male	Adjusted M/F ^a		
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater, night	Theater—night	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking; standing	Drug store, bank	550	500	250	250
Sedentary work	Restaurant ^b	490	550	275	275
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625
Bowling ^c	Bowling alley	1500	1450	580	870
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

Notes

1. Tabulated values are based on 75°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry-bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and the latent heat values increased accordingly.

^a Adjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.

^b Adjusted total heat gain for *Sedentary work, Restaurant*, includes 60 Btu/h for food per individual (30 Btu/h sensible and 30 Btu/h latent.)

^c Figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (400 Btu/h) or standing or walking slowly (550 Btu/h).

Reprinted with permission from the 1997 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

Tabel Cooling Factor for People

TABLE 6.14 SENSIBLE HEAT COOLING LOAD FACTORS FOR PEOPLE

Total hours in space	Hours After Each Entry Into Space																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

CLP = 1.0 for systems shut down at night and for high occupant densities such as in theaters and auditoriums.

Reprinted with permission from the 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals.

DAFTAR PUSTAKA

Arora C P. 1984. “**Refrigeration and Air Conditioning 2nd Edition.** Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, Inc.”

Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., dan Dewitt D.P. 2011. “**Fundamentals of Heat and Mass Transfer Seventh Edition.** John Wiley & sons, inc.”

Dossat Ray J . 1961. “**Principles of Refrigeration.** John Willey & Sons, Inc.”

Edge, Engineers. 2016. Convective Heat Transfer Coefficients Table Chart. [Online] 2016. [Dikutip: 19 Januari 2016.] http://www.engineersedge.com/heat_transfer/convective_heat_transfer_coefficients__13378.htm.

Michigan, University. 2016. Gurney-Lurie Chart. [Online] 2016. [Dikutip: 01 Januari 2016.] http://www.umich.edu/~elements/5e/web_mod/potato/gl.htm

Pita Edward G .2002. “**Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach 4th Edition.** Prentice Hall, Inc.”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tulungagung, 02 Nopember 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Janti, SDN Janti II, SMPN 1 Waru dan SMA Kemala Bhayangkari 1 Surabaya. Setelah lulus dari SMA tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis mengikuti ujian masuk program Diploma ITS dan diterima sebagai mahasiswa di Program Studi D3 Teknik Mesin Reguler. Di Program Studi D3

Teknik Mesin, penulis mengambil bidang keahlian Konversi Energi dan mengambil tugas akhir dibidang yang sama. Penulis banyak mengikuti beberapa pelatihan misalnya PKTI 2012 HMDM FTI-ITS, LKMM Pra-TD FTI-ITS, LKMM TD 2013 HMDM FTI-ITS. Selama kuliah , penulis pernah menjadi staff di Kementerian Hubungan Luar BEM-ITS 2013-2014 dan Kepala Departemen Hubungan Luar HMDM FTI-ITS 2014-2015 dan penulis juga pernah mengikuti beberapa event antara lain : ketua koordinator sponsorship PIFOT 2013 dan sie konsumsi YES SUMMIT 2013-2014. Dalam kerja praktek diterima di PT PEMBANGKITAN JAWA - BALI Gresik.

Email : acepranta@gmail.com