

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN SISTEM REFRIGERASI UNTUK
PABRIK ES BALOK

Laporan Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Tingkat
Kesarjanaan Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

PANDI GUNAWAN

01302 – 039

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA

2009

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

DENGAN JUDUL :

**PERENCANAAN SISTEM REFRIGERASI UNTUK PABRIK
ES BALOK.**

OLEH :

NAMA : PANDI GUNAWAN

NIM : 01302 - 039

LAPORAN TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI :

Jakarta,

2009

PEMBIMBING

Ir. Yuriadi K, M. Sc

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

DENGAN JUDUL :

**PERENCANAAN SISTEM REFRIGERASI UNTUK PABRIK
ES BALOK.**

OLEH :

NAMA : PANDI GUNAWAN

NIM : 01302 – 039

LAPORAN TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI :

Jakarta,

2009

KOORDINATOR TUGAS AKHIR

Dr. Abdul Hamid, M.Eng

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan Inayah dan Hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan judul: *“Perencanaan Sistem Refrigerasi Untuk Pabrik es Balok”*

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat sebagai sarjana Teknik Mesin pada Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekurangan.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak sekali mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini izinkanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung penulisan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Yuriadi K, M. Sc, selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan sangat baik dan penuh kesabaran serta telah banyak memberikan waktu dan ilmu pengetahuannya kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Abdul Hamid, M. Eng, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
3. Seluruh Dosen Teknik Mesin yang telah banyak memberikan sumbangan ilmu pengetahuan.
4. Nenek, Ayah, Ibu serta Kakak dan Adikku tercinta yang tiada henti-hentinya memberikan doanya dan selalu memberikan dukungan moril maupun materil sehingga Tugas Akhir ini terselesaikan.
5. Seluruh rekan-rekan sekalian, baik yang secara langsung ataupun secara tidak langsung telah pula ikut membantu hingga selesainya tugas ini.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan yang telah ditulis ini dapat bermanfaat bagi penyusun sendiri dan bagi rekan-rekan pembaca pada umumnya.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amien.....

Jakarta, 2009

Pandi Gunawan

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan.....	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Abstrak.....	vi
Daftar isi.....	vii
Daftar notasi.....	ix
Daftar gambar.....	xi
Daftar tabel.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latang Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Metode Penulisan.....	1
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Teori Dasar Mesin Pendingin.....	3
2.2 Komponen Mesin Pendingin.....	5
2.2.1 Kompresor.....	5
2.2.1.1 Penggolongan Berdasarkan Metode Kompresi.....	5
2.2.1.2 Penggolongan Menurut Konstruksinya..	9
2.2.2 Kondensor.....	11
2.2.3 Katup ekspansi.....	15
2.2.3.1 Katup Ekspansi Manual.....	15
2.2.3.2 Katup Ekspansi Otomatis.....	16
2.2.3.3 Katup Ekspansi termostatik.....	16
2.2.3.4 Pipa Kapiler.....	17
2.2.3.5 Katup Pelampung Tekanan rendah.....	18
2.2.3.6 Katup Pelampung Tekanan Tinggi.....	18
2.2.4 Evaporator.....	18
2.2.4.1 Penggolongan Berdasarkan Keadaan Refrigeran.....	18
2.2.4.2 Menurut Konstruksinya.....	19
2.3 Sistem Pembuatan Es.....	21
BAB III PERENCANAAN PABRIK ES	
3.1 Pembuatan Es dengan Sistem Tabung Es.....	23
3.2 Data Perencanaan.....	23
3.3 Perencanaan dimensi.....	27
3.4 Perhitungan Cetakan Es.....	27
3.5 Dimensi Freezing Tank.....	28

BAB IV	PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN	
4.1	Dasar Perhitungan.....	31
4.2	Beban Pendingin pada Tangki Pembeku.....	31
4.2.1	Panas dari Tanah Melalui Dasar Tangki.....	31
4.2.2	Panas dari Udara Ruangan Melalui Sisi Tangki Kiri dan Kanan.....	47
4.2.3	Panas dari Udara Ruangan Melalui Sisi Tangki Depan dan Belakang.....	54
4.2.4	Panas dari Udara Ruangan Melalui Tutup Tangki.....	60
4.3	Panas yang Diambil Evaporator.....	64
BAB V	PEMILIHAN KOMPONEN MESIN PENDINGIN	
5.1	Pemilihan Kompresor.....	68
5.2	Proses Refrigerasi.....	68
5.3	Proses Evaporasi.....	69
5.4	Proses Kompresi.....	69
5.5	Proses Kondensasi.....	70
5.6	Proses Ekspansi.....	71
5.7	Efek Refrigerasi.....	71
5.8	Laju alir Massa Zat Pendingin.....	72
5.9	Koefisien Prestasi (<i>COP</i>).....	72
5.10	Pemilihan Evaporator (<i>Unit Cooler</i>).....	73
5.11	Pemilihan Kondensor.....	74
5.12	Pemilihan Penerima Cairan.....	75
5.13	Pemilihan Pemisah Minyak Pelumas (<i>Oil Separator</i>)....	76
5.14	Perencanaan Sistem Perpipaan Zat Pendingin (<i>R-717</i>)...	76
5.15	Jalur Hisap (<i>Suction Line</i>).....	77
5.16	Perhitungan Untuk Jalur Hisap (<i>Suction Line</i>).....	77
5.17	Jalur Tekan (<i>Discharge Line</i>).....	78
5.18	Jalur Cair (<i>Liquid Line</i>).....	78
5.19	Perencanaan Sistem Perpipaan Air dan Pemilihan Pompa.....	79
BAB VI	KESIMPULAN	
6.1	Kesimpulan.....	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang	m^2
b_1	Tebal beton	m
b_2	Tebal styrofoam	m
b_3	Tebal pelat baja	m
c	Berat es	kg
C	Konstanta	
C_f	Panas jenis es	$\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$
C_p	Panas jenis air	$\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$
COP	Koefisien prestasi	
g	Percepatan gravitasi	m/s^2
Gr	Bilangan Grashoff	
h	Koefisien perpindahan panas	
h_i	Koefisien perpindahan panas udara	$\text{W/(m } ^\circ\text{C)}$
h_o	Koefisien perpindahan panas brine	$\text{W/(m } ^\circ\text{C)}$
H	Freezing time	jam
k_1	Konduktivitas panas beton	$\text{W/(m } ^\circ\text{C)}$
k_2	Konduktivitas panas styrofoam	$\text{W/(m } ^\circ\text{C)}$
k_3	Konduktivitas panas pelat baja	$\text{W/(m } ^\circ\text{C)}$
k_o	Konduktivitas brine	$\text{W/(m } ^\circ\text{C)}$
L	Panjang penampang tangki pendingin	m
\dot{m}_r	Laju alir massa zat pendingin	Kg/s
N_u	Bilangan Nusselt	
P_r	Bilangan Prandtl	
\dot{Q}	Laju alir perpindahan panas	Watt
Q_{cond}	Beban kalor yang di buang dikondensor	kW
Q_k	Kalor spesifik yang dilepas kondensor	kJ/kg
Q_r	Efek refrigerasi	kJ/kg
\dot{Q}_r	Laju alir volumetrik	m^3/jam
\dot{Q}_{tot}	Total beban pendingin	kW
R_a	Bilangan Rayleigh	
T_e	Temperatur titik beku air	$^\circ\text{C}$
T_o	Temperatur brine	$^\circ\text{C}$
T_o	Temperatur udara ruang	$^\circ\text{C}$
T_i	Temperatur udara didalam tangki	$^\circ\text{C}$
T_{in}	Temperatur air masuk	$^\circ\text{C}$
W_{comp}	Kerja kompressor	kJ/kg

Lambang Yunani

β	Koefisien temperatur	(1/K)
ε	Ketelitian	%
μ	Viskositas dinamik	mPa.s
ρ	Densitas	kg/m ³
ν	Viskositas kinematik	m ² /s

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus refrigerasi dan diagram Mollier.....	4
Gambar 2.2	Mekanisme kompresor torak.....	6
Gambar 2.3	Mekanisme kompresor putar jenis daun berputar.....	7
Gambar 2.4	Mekanisme kompresor putar jenis daun diam.....	7
Gambar 2.5	Kompresor sekrup.....	8
Gambar 2.6	Kompresor sentrifugal.....	9
Gambar 2.7	Kompresor jenis terbuka.....	10
Gambar 2.8	Kompresor jenis semi hermatik.....	10
Gambar 2.9	Kompresor jenis hermatik.....	11
Gambar 2.10	Kondensor pendingin udara.....	12
Gambar 2.11	Kondensor jenis pipa ganda.....	13
Gambar 2.12	Kondensor jenis tabung dan pipa.....	13
Gambar 2.13	Kondensor jenis tabung dan koil.....	14
Gambar 2.14	Kondensor pendingin udara dan air.....	14
Gambar 2.15	Katup ekspansi manual.....	15
Gambar 2.16	Katup ekspansi otomatis.....	16
Gambar 2.17	Katup ekspansi termostatik.....	17
Gambar 2.18	Evaporator tabung dan koil.....	20
Gambar 2.19	Evaporator tabung dan pipa.....	20
Gambar 2.20	Evaporator koil dan kipas udara.....	21
Gambar 3.1	Dimensi cetakan es.....	28
Gambar 3.3	Bentuk cetakan es di dalam brine tank.....	29
Gambar 4.1	Skematik beban panas dari tanah melalui dasar tangki pembeku.....	32
Gambar 4.3	Viskositas sodium chloride brine.....	35
Gambar 4.4	Konduktivitas panas sodium chloride brines.....	40
Gambar 4.5	Panas spesifik sodium chloride brines.....	41
Gambar 4.6	Hasil perhitungan beban pendingin dari dasar tangki menggunakan Microsoft excel.....	46
Gambar 4.7	Skematik beban panas dari sisi kiri dan kanan tangki pembeku.....	47
Gambar 4.9	Hasil perhitungan beban pendingin dari sisi kiri dan kanan menggunakan Microsoft excel.....	53
Gambar 4.10	Skematik beban panas dari sisi depan dan belakang tangki pembeku.....	54
Gambar 4.12	Hasil perhitungan beban pendingin dari sisi depan dan belakang menggunakan Microsoft excel.....	60
Gambar 4.13	Skematik beban panas dari tanah melalui tutup tangki pembeku.....	60
Gambar 4.15	Hasil perhitungan beban pendingin dari tutup tangki menggunakan Microsoft excel.....	64
Gambar 4.16	Hasil perhitungan panas yang diambil evaporator dan total beban pendingin menggunakan Microsoft excel	67

Gambar 5.1 Proses refrigerasi..... 69
Gambar 5.2 Proses kondensasi..... 71

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Konstanta C dan n untuk temperatur dinding seragam pada plat datar.....	34
Tabel 4.2	Sifat-sifat sodium chloride ^a brine murni.....	36
Tabel 4.3	Konstanta C dan n untuk temperatur dinding seragam pada plat datar.....	48
Tabel 4.3	Konstanta C dan n untuk temperatur dinding seragam pada plat datar.....	55