



DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Halaman Persembahan.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Halaman Soal.....	vi
Intisari.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xv
Daftar Notasi.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Deskripsi Lemari Eksperimen.....	1
B. Fungsi Lemari Eksperimen.....	2
1. Dalam pembuatan serum imun.....	2
2. Dalam proses penghapus-hamaan bahan kimi....	2
3. Dalam pembuatan suspensi stock virus.....	2
4. Dalam pemeriksaan laboratorium.....	3
5. Dalam pembiakan virus.....	3
6. Dalam pembuatan bibit jamur.....	4
BAB II SISTEM PENDINGIN DAN PEMANAS.....	5
A. Sistem Pendingin.....	5
B. Refrigeran.....	8
1. Sifat-sifat termodinamika.....	9
2. Sifat-sifat kimia.....	10
3. Sifat-sifat fisika.....	11



C.	Beban Pendinginan.....	12
1.	Perancangan dinding isolasi.....	13
2.	Perhitungan beban pendinginan.....	14
D.	Analisa Sistem Pendingin	20
E.	Beban Pemanasan.....	27
BAB	III PERANCANGAN KOMPONEN UTAMA.....	30
A.	Evaporator.....	30
1.	Tipe evaporator.....	30
2.	Evaporator untuk lemari eksperimen.....	31
2.1	Perumusan perpindahan panas sisi refri- geran.....	31
2.2	Perpindahan panas sisi udara.....	32
2.3	Koefisien perpindahan panas total.....	35
2.4	Penurunan tekanan.....	37
B.	Kompresor.....	39
1.	Tipe kompresor.....	39
1.1	Positif displacement.....	39
1.2	Dinamic Kompresor.....	40
2.	Design kompresor.....	40
2.1	Temperatur akhir kompresi.....	42
2.2	effisiensi volumetris.....	42
2.3	Daya poros.....	44
2.4	Selinder	44
2.5	Torak.....	50
2.6	Katub.....	54
2.7	Batang torak.....	59
2.8	Poros engkol.....	60



C. Kondenser.....	62
1. Tipe kondeser.....	62
1.1 Kondenser berpendingin udara.....	62
1.2 Kondenser berpendingin air.....	63
1.3 Evaporative kondenser.....	63
2. Design kondeser.....	64
2.1 Perpindahan panas sisi air.....	65
2.2 Perpindahan panas sisi refrigeran.....	66
2.3 Koefisien perpindahan panas total.....	68
2.4 Penurunan tekanan.....	69
D. Katub Ekspansi.....	71
1. Jenis-jenis katub ekspansi.....	71
1.1 Pipa kapiler.....	71
1.2 Katub ekspansi manual.....	72
1.3 Katub apung.....	72
1.4 Katub ekspansi otomatis.....	72
1.5 Katub ekspansi thermostatik.....	73
2. Pemilihan katub ekspansi.....	74
E. Heat Exchanger.....	74
1. Perpindahan panas dalam pipa.....	75
2. Perpindahan panas sisi shell.....	76
3. Koefisien perpindahan panas total.....	78
4. Penurunan tekanan.....	79
4.1 Penurunan tekanan dalam pipa.....	79
4.2 Penurunan tekanan sisi shell.....	80
F. Sistem Pemanas.....	81



BAB	IV PERALATAN TAMABAHAN DAN PERPIPAAN.....	84
	A. Perancangan pipa refrigeran.....	84
	1. Bahan pipa.....	84
	2. Dimensi pipa.....	84
	3. Pressure drop refrigeran dalam perpipaan....	90
	4. Isolasi perpipaan.....	84
	B. Kebutuhan Refrigeran.....	96
	1. Kebutuhan R502.....	96
	2. Kebutuhan R503.....	99
	C. Peralatan Tambahan.....	102
	1. Filter drier.....	102
	2. Pemisah minyak pelumas.....	103
	3. Flash intercooler.....	104
	4. Distributor.....	105
	5. Indikator liquid.....	106
	6. Akumulator.....	107
	7. Pelembab.....	107
	8. Kipas.....	110
	9. Thermometer.....	111
	10. Higrometer.....	112
BAB	V SISTEM KONTROL DAN PENGAMAN.....	114
	Sistem Kendali Elektrik.....	115
	1. Kontrol motor kompresor.....	117
	2. Kontrol unit pelembab.....	120
	3. Kontrol heater.....	121
	4. Kontrol aliran air pendingin.....	121
	5. Kontrol defrost.....	121



6. Kontrol katub ekspansi.....	123
7. Kontrol damper aliran udara.....	124
BAB VI PENUTUP.....	127
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar	II.01	Komponen Utama Sistem Pendingin.....	5
Gambar	II.02	Diagram p - h siklus kompresi uap.....	6
Gambar	II.03	Sistem pendingin bertingkat dengan flash intercooler.....	7
Gambar	II.04	Magnetik gasket untuk pintu.....	14
Gambar	II.05	Konstruksi dinding isolasi.....	15
Gambar	II.06	Diagram p -h sistem pendingin II.....	21
Gambar	II.07	Diagram p -h sistem pendingin I.....	24
Gambar	III.01	Sirip berbentuk plat kontinue.....	32
Gambar	III.02	Beda temperatur rata-rata pada evaporator	36
Gambar	III.03	Diagram P - v kompresi adiabatik.....	41
Gambar	III.04	Langkah pembukaan dan penutupan katub...	55
Gambar	III.05	Poros engkol.....	61
Gambar	III.06	Beda temperatur rata-rata pada kondenser	69
Gambar	III.07	Tipe-tipe sistem pemanas.....	82
Gambar	IV.01	Filter drier.....	102
Gambar	IV.02	Pemisah minyak pelumas.....	104
Gambar	IV.03	Distributor.....	105
Gambar	IV.04	Sight glass.....	106
Gambar	IV.05	Distributor.....	107
Gambar	IV.06	Tipe-tipe pelembab.....	108
Gambar	IV.07	Pelembab listrik.....	109
Gambar	IV.08	Pengukur temperatur dengan thermocouple.	112
Gambar	V.09	Higrometer.....	113



Gambar	V.01	Sistem kendali elektrik sistem pendingin dan pemanas.....	115
Gambar	V.02	Pengaman over heat.....	118
Gambar	V.03	Diagram saklar tekanan ganda.....	118
Gambar	V.04	Thermostat motor kompresor.....	119
Gambar	V.05	Prinsip kerja katub solenoid.....	120
Gambar	V.06	Skema kontrol defrost.....	122
Gambar	V.07	Alat kontrol defrost otomatis.....	123
Gambar	V.08	Damper aliran udara.....	124
Gambar	V.09	Katub ekspansi thermostatik.....	125



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.	PROGRAM DAN DATA HASIL PERHITUNGAN.....	136
A. 1	Program Design Evaporator.....	136
A. 2	Program Design Kompresor.....	147
A. 3	Program Design Kondenser.....	158
A. 4	Program Design Heat Exchanger.....	166
A. 5	Data Hasil Perhitungan Design Evaporator I...	172
A. 6	Data Hasil Perhitungan Design Kompresor.I....	173
A. 7	Data Hasil Perhitungan Design Heat Exchanger.	176
A. 8	Data Hasil Perhitungan Design Evaporator II..	177
A. 9	Data Hasil Perhitungan Design Kompresor II...	178
A.10	Data Hasil Perhitungan Design Kondenser.....	181
LAMPIRAN B.	TABEL DAN GRAFIK.....	182
Tabel B.1	Tabel Konversi.....	182
Tabel B.2	Tabel Jenis Refrigeran dan Aplikasi.....	183
Tabel B.3	Tabel Jenis Refrigeran, Aplikasi dan Tipe Kompresor.....	183
Tabel B.4	Tabel Sifat R503 Jenuh.....	184
Tabel B.5	Tabel Sifat R502 Jenuh.....	184
Tabel B.6	Tabel Tipe Bahan Isolasi dan Aplikasi.....	185
Tabel B.7	Tabel Konduktifitas Thermal Bahan Isolasi..	185
Tabel B.8	Tabel Tahanan dan Kapasitas Thermal bahan Isolasi.....	186
Tabel B.9	Sifat-Sifat Logam.....	186



Tabel B.10	Tabel Nilai Konstanta c_2 dan m rumus 3.14...	188
Tabel B.11	Tabel Faktor Koreksi c_3	188
Tabel B.12	Tabel Pemanas Listrik.....	189
Tabel B.13	Tabel Perbandingan Beberapa Jenis Kondenser	190
Grafik B.1	Effisiensi Sirip.....	191
Grafik B.2	Perpindahan Panas Dalam Pipa.....	192
Grafik B.3	Perpindahan Panas Aliran Air Dalam Pip.....	192
Grafik B.4	Perpindahan Panas Dalam Shell dengan Bafel Terpotong 25%.....	193
Grafik B.5	Faktor Gesekan Aliran Dalam Pipa.....	194
Grafik B.6	Faktor Gesekan Aliran Dalam Shell dengan Bafel Terpotong 25%.....	195
Grafik B.7	Penurunan Tekanan Akibat Pembalikan Arah..	196
Grafik B.8	Koefisien Permukaan k_1 , k_2	197
Grafik B.9	Penurunan Tekanan dan Perpindahan Kalor Melalui Susunan Pipa Bersirip.....	197
Grafik B.10	Diagram $p - h$ R503.....	198
Grafik B.11	Diagram $p - h$ R502.....	199
LAMPIRAN C. SPESIFIKASI PERALATAN.....		201
C.1	Ukuran Pipa Standart.....	201
C.2	Spesifikasi Distributor.....	202
C.3	Spesifikasi Katub Solenoid.....	203
C.4	Spesifikasi Filter Drier.....	204
C.5	Spesifikasi Sight Glass.....	205



DAFTAR NOTASI

A	Luasan permukaan perpindahan panas total.....	m^2
a	Tambahan ketebalan akibat kesalahan penge- coran atau karat.....	m
B	Jarak antar bafel.....	m
b	Koefisien proporsionalitas	
b	Lebar batang torak.....	m
br	Banyaknya pipa tiap lintasan	
C	Konstanta	
C'	Jarak antar pipa.....	m
Cm	Kecepatan rata-rata piston.....	m/det
COP	Coefisient of performance	
Cp	Panas jenis untuk tekanan konstan.....	$kJ/kg.K$
Cv	Panas jenis untuk volume konstan.....	$kJ/kg.K$
D	Diameter.....	m
De	Diameter ekivalen.....	m
DS	Diameter shell.....	m
d	Diameter pipa.....	m
E	Modulus elastisitas.....	Pa
f	Faktor gesekan	
f _c	Faktor koreksi	
G	Laju massa per satuan luas.....	$kg/s.m^2$
Gr _d	Angka Grashof	
g	Percepatan gravitasi.....	m/s^2
H, h	Specific enthalpy.....	kJ/kg
h	Koefisien perpindahan panas konveksi.....	$W/m^2.K$
h _{fg}	Panas laten.....	kJ/kg
ID	Diameter dalam shell.....	m
JH	Koefisien Sieder-Tate	
K, k	Konduktivitas thermal.....	$W/m^2.K$
K _m	Faktor koreksi momen	
K _t	Faktor koreksi torsi	
L	Panjang langkah.....	m
LMTD	Beda temperatur rata-rata logaritmik.....	K
M	Moment.....	$kg.m$



	Laju massa.....	kg/s
N	Putaran.....	rpm
Nu	Bilangan Nusselt	
n	Jumlah lintasan	
P	Tekanan.....	Pa
Pd	Daya poros yang direncanakan.....	hp
Pr	Bilangan Prantl	
Pr	Pitch.....	m
Q, q	Laju perpindahan panas.....	W
Q _k	Beban kondenser.....	W
Q _e	Beban evaporator.....	W
Qs	Debit.....	m ³ /hr
R	Konstanta gas.....	J/kg.K
R	Hambatan thermal total.....	m ² .K/W
RE	Efek refrigerasi.....	W/kg
RH	Kelembaban relatif	
R _f	Hambatan thermal akibat pengotoran.....	m ² .K/W
Re	Bilangan Reynold	
r	Jari-jari.....	m
S	Entropi.....	kJ/kg.K
SHP	Daya kuda poros.....	hp
s	Specific gravity	
T, t	Temperatur.....	K
T	Torsi.....	kg.m
t	Tebal.....	m
U	Koefisien perpindahan panas menyeluruh.....	W/m ² .K
V	Volume.....	m ³
v	Spesifik volume.....	m ³ /kg
W	Usaha atau kerja.....	kJ

Huruf-huruf Yunani

α	Koefisien ekspansivitas termal.....	K ⁻¹
β	Sudut engkol.....	o
ΔP	Pressure drop.....	Pa
Δx	Tebal dinding isolasi.....	m
ΔT	Perubahan temperatur.....	K
ε	Rasio clearance, Emisivitas	



	Konstanta underwood	
γ	Rasio panas jenis	
η	Efisiensi	
ψ	Entrainment	
λ	Koefisien muai panjang.....	K^{-1}
μ	Angka Poison, Viscosity.....	$kg/m.hr$
θ	Rasio panjang langkah torak dengan diameter silinder	
ρ	Massa jenis.....	kg/m^3
σ	Tegangan.....	Pa
σ	Konstanta Stefan-Boltzman.....	$W/m^2.K^4$
ζ	Koefisien tahanan	

Tikalas

av	Average
b	baut
bt	batang torak
c	Cincin torak, Critis, Condensation
d	Discharge
f	Friction, fin
g	Gas
h	Hidrolik, Hole
i	Ijin
l	Liquid
m	Mean
n	Net area
o	Out
ov	Overall volumetris
oad	Overall adiabatic
P	Poros
r	Receiver, Rata-rata
rd	Radial
s	Suction, Silinder, Shell
T	Total
t	Pipa
t	Torak
u	Udara



	Volumetris, Vapour
w	Wall
1	Awal, Masuk, Dalam, Tingkat 1
2	Akhir, Keluar, Luar, Tingkat 2
3	Tingkat 3
4	Tingkat 4