

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Manfaat Perancangan	2
1.4. Permasalahan	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II SIKLUS REFRIGERASI dan PEMILIHAN JENIS KOMPRESOR	
2.1. <i>The Reserves Carnot Cycles</i>	4
2.2. <i>Ideal Vapor-Compression Refrigeration Cycle</i>	5
2.3. <i>Actual Vapor-Compression Refrigerating Cycle</i>	6
2.4. <i>Refrigerant</i>	8
2.5. Kompresor	11
2.5.1. Dasar teori kompresi gas	12
2.5.2. Proses-proses kompresi	13

2.5.3. Pemilihan jenis kompresor	15
----------------------------------	----

BAB III PERHITUNGAN DIMENSI UTAMA KOMPRESOR

3.1. Dasar Perhitungan Dimensi Utama Kompresor	23
3.2. Perhitungan Dimensi Utama Kompresor	24
3.2.1. Langkah pertama adalah mencari laju volume (\dot{V})	24
3.2.2. Langkah kedua adalah menentukan kecepatan	25
3.2.3. Langkah yang ketiga adalah menentukan efisiensi volumetris keseluruhan (η_{ov})	26
3.2.4. Langkah yang keempat adalah perhitungan dimensi utama dari <i>reciprocating compressor</i>	27

BAB IV PERANCANGAN BAGIAN-BAGIAN UTAMA KOMPRESOR

4.1. Dasar Teori Mekanisme Engkol	37
4.2. Menentukan Ukuran dari Silinder	40
4.2.1. Perhitungan tebal dan panjang silinder	40
4.2.2. Perhitungan kepala silinder	45
4.2.3. Perhitungan baut	47
4.3. Menentukan Ukuran Torak	48
4.3.1. Perhitungan kepala torak	49
4.3.2. Perhitungan panjang torak	51
4.3.3. Perhitungan tebal dinding torak	51
4.3.4. Perhitungan pena torak	53
4.4. Menentukan Ukuran Batang Hubung	58
4.4.1. Perhitungan dimensi penampang tangkai batang hubung	59
4.4.2. Perhitungan dimensi ujung kecil	66
4.4.3. Perhitungan dimensi ujung besar	69

BAB V PERENCANAAN POROS ENGKOL dan KATUP

5.1. Perencanaan Poros Engkol	73
5.1.1. Gaya akibat tekanan gas dalam silinder	74

5.1.2. Ketika engkol berada dititik mati	78
5.1.3. Ketika engkol berada sudut dimana momen puntirnya maksimum	80
5.2. Beban Pengimbang	81
5.3. Menentukan Ukuran Katup Kompresor	84
5.3.1. Desain katup kompresor	85
5.3.2. Perhitungan katup kompresor	86
5.3.3. Perhitungan katup isap	87
5.3.4. Perhitungan katup buang	88

BAB VI KOMPONEN PENDUKUNG dan PELUMASAN

6.1. <i>Bedplate</i>	91
6.2. Rumah Kompresor	92
6.3. Tangki	93
6.4. Pegas	93
6.5. Motor Penggerak	94
6.6. Bantalan Poros Engkol	95
6.7. <i>Gasket</i>	98
6.8. Pelumasan	98
6.8.1. Sistem pelumasan	
6.8.2. Laju volume minyak pelumas	

BAB VII PERFORMA *RECIPROCATING COMPRESSOR*

7.1. Pengaruh Temperatur <i>Evaporator</i> pada Kapasitas <i>Refrigerasi</i>	105
7.1.1. Menghitung pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap efisiensi volumetris.	105
7.1.2. Menghitung pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap volume spesifik	109
7.1.3. Menghitung pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap laju massa	111
7.1.4. Menghitung pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap efek refrigerasi	113

7.2. Pengaruh Temperatur <i>Evaporator</i> pada Kapasitas <i>Refrigerasi</i>	117
7.2.1. Menghitung pengaruh temperatur <i>kondensasi</i> terhadap efisiensi volumetris.	118
7.2.2. Menghitung pengaruh temperatur <i>kondensasi</i> terhadap efek <i>refrigerasi</i> .	119
7.2.3. Menghitung pengaruh temperatur kondensasi terhadap kapasitas <i>refrigerasi</i> .	121
7.3. Pengaruh Temperatur <i>Evaporator</i> pada Daya Kompresor.	122
BAB VIII PENUTUP	124
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram T-s <i>Reverse Carnot Cycle</i>	4
Gambar 2.2.	Diagram (T-s) Ideal vapor-compression refrigeration cycle	5
Gambar 2.3.	Diagram (T-s) Ideal vapor-compression refrigeration cycle	6
Gambar 2.4.	Diagram P-h Actual vapor-compression refrigeration cycle	7
Gambar 2.5.	Struktur molekul dari beberapa <i>refrigerant halocarbon</i>	9
Gambar 2.6.	Bagan jenis-jenis kompresor	11
Gambar 2.7.	Dasar teori kompresor	12
Gambar 2.8.	Kurva proses-proses kompresi	13
Gambar 2.9.	Diagram T-s	16
Gambar 2.9.	Diagram P-h	16
Gambar 3.1.	Diagram P-V untuk kompresor	23
Gambar 3.2.	Pengaruh tahanan aliran pada sisi masuk terhadap efisiensi volumetris	30
Gambar 3.3.	Diagram aktual T-s	31
Gambar 4.1.	Bagian-bagian utama kompresor torak jenis <i>hermetic</i>	36
Gambar 4.2.	Mekanisme engkol	37
Gambar 4.3.	Grafik koefisien permukaan dalam dan luar	42
Gambar 4.4.	Desain kepala silinder	45
Gambar 4.5.	Desain torak	48
Gambar 4.6.	Desain pena torak	53
Gambar 4.7.	Pembebanan pada pena torak	54
Gambar 4.8.	Potongan melintang dari tangkai batang hubung	58
Gambar 4.9.	Pengaruh pembebanan	59
Gambar 4.10.	Perbandingan momen inersia penampang	61
Gambar 4.11.	Distribusi tegangan	61
Gambar 4.12.	Penampang batang hubung	63
Gambar 4.13.	Desain ujung kecil	66
Gambar 4.14.	Gaya-gaya yang menimbulkan tegangan	66

Gambar 4.15. Desain ujung besar	69
Gambar 4.16. Gaya-gaya yang menimbulkan tegangan	69
Gambar 5.1. Desain poros engkol	73
Gambar 5.2. Pembukaan katup buang	74
Gambar 5.3. Pembukaan katup hisap	75
Gambar 5.4. Diagram Indikator	76
Gambar 5.5. Diagram indikator	76
Gambar 5.6. Pembebanan pada <i>overhung crankshaft</i>	78
Gambar 5.7. SFD dan BMD	79
Gambar 5.8. Balancing gaya sentrifugal pada mekanisme engkol	82
Gambar 5.9. Desain beban pengimbang	83
Gambar 5.10. Jenis-jenis valve otomatis untuk kompresor	85
Gambar 5.11. Desain katup isap	88
Gambar 5.11. Desain katup buang	89
Gambar 6.1. Tangki	93
Gambar 6.2. Desain pegas	94
Gambar 6.3. Hubungan bilangan sommerfeld kerugian daya	96
Gambar 6.4. Hubungan antara ε dan h terhadap bilangan sommerfeld	97
Gambar 6.5. <i>Viscositas</i>	100
Gambar 6.6. Sistem pelumasan	102
Gambar 7.1. Grafik efisiensi volumetris dari kompresor ammonia 8 silinder Sabroe 108L yang beroperasi pada 1170 rpm	106
Gambar 7.2. Grafik pengaruh temperatur evaporasi terhadap efisiensi volumetris	107
Gambar 7.3. Grafik efek temperatur <i>evaporasi</i> pada laju aliran volume yang diukur pada sisi isap dari kompresor 8 silinder dengan <i>displacement volume</i> 0,123 m ³ /s(260 cfm) dan beroperasi pada temperatur <i>kondensasi</i> 30 °C (86 °F)	108
Gambar 7.4. Grafik pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap laju volume	109
Gambar 7.5. Grafik variasi volume spesifik dari amonia (uap) pada sisi hisap dengan variasi temperatur <i>evaporasi</i> dari kompresor 8 silinder	

	dengan <i>displacement volum</i> 0,123 m ³ /s (260 cfm) dan beroperasi pada temperatur <i>kondensasi</i> 30 °C (86 °F)	109
Gambar 7.6.	Grafik variasi volume spesifik dengan variasi temperatur <i>evaporasi</i>	111
Gambar 7.7.	Grafik Pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> pada laju aliran massa amonia dengan kompresor <i>reciprocating</i> 8 silinder Sabroe 108L yang beroperasi pada 1170 rpm	111
Gambar 7.8.	Grafik variasi laju massa dengan variasi temperatur <i>evaporasi</i>	113
Gambar 7.9.	Grafik efek <i>refrigerasi</i> amonia sebagai fungsi dari temperatur <i>evaporasi</i> dengan temperatur <i>kondensasi</i> 30 °C (86 °F) dengan asumsi <i>sub cooling</i> 5,6 °C (10 °F) dan <i>superheat</i> 5,6 °C (10 °F)	113
Gambar 7.10.	Variasi efek <i>refrigerasi</i> dengan variasi temperatur <i>evaporasi</i>	115
Gambar 7.11.	Grafik efek dari temperatur <i>evaporator</i> terhadap kapasitas <i>refrigerasi</i> dari kompresor amonia 8 silinder dengan <i>displacement rate</i> 0,123 m ³ /s (260 cfm) dan beroperasi pada temperatur <i>kondensasi</i> 30 °C (86 °F)	115
Gambar 7.12.	Grafik variasi kapasitas <i>refrigerasi</i> dengan variasi temperatur <i>evaporasi</i>	117
Gambar 7.13.	Grafik efek temperatur <i>kondensasi</i> terhadap kapasitas <i>refrigerasi</i> dari kompresor amonia 8 silinder dengan <i>displacement rate</i> 0,123 m ³ /s (260 cfm) dan beroperasi pada temperatur <i>evaporasi</i> -10 °C (14°F)	117
Gambar 7.14.	Grafik variasi efisiensi volumetris dengan variasi temperatur <i>kondensasi</i>	119
Gambar 7.15.	Grafik variasi efek <i>refrigerasi</i> dengan variasi temperatur <i>kondensasi</i>	120
Gambar 7.16.	Grafik variasi kapasitas <i>refrigerasi</i> dengan variasi temperatur <i>kondensasi</i>	121
Gambar 7.17.	Grafik efek temperatur <i>evaporasi</i> pada kerja kompresor ideal	122
Gambar 7.18.	Grafik variasi <i>power</i> dengan variasi temperatur <i>kondensasi</i>	123

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Ozone-depletion potential	1
Tabel 2.1.	Tabel Pencarian T_2 ($P_2=185,82$ psia, $s_2 = 0,2236$ Btu/(lbm.R))	18
Tabel 2.2.	Tabel Pencarian enthalpi ($P_2=185,82$ psia, temperatur 139 °F)	19
Tabel 2.3.	Tabel Pencarian volume jenis ($P_2 = 185,82$ psia, $T_2 = 139$ °F)	19
Tabel 3.1.	Kecepatan <i>Sinkron</i> dan operasional untuk motor dengan jumlah kutub dua dan empat. Kecepatan operasional adalah harga perkiraan.	25
Tabel 3.2.	Perhitungan <i>properties R-134a</i> pada kondisi aktual sisi keluar	32
Tabel 4.1.	Penyimpangan akibat λ terhadap x	38
Tabel 4.2.	Penyimpangan akibat λ terhadap c	39
Tabel 4.3.	Penyimpangan akibat λ terhadap a	40
Tabel 4.1.	Dimensi dari pena torak	54
Tabel 5.1.	Gaya-gaya akibat tekanan <i>refrigerant</i>	77
Tabel 6.1.	Properties oli RL 32 H	101
Tabel 7.1.	Pengaruh temperatur evaporasi terhadap efisiensi volumetris	107
Tabel 7.2.	Pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap laju volume	108
Tabel 7.3.	Pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap volume jenis	110
Tabel 7.4.	Pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap laju massa	112
Tabel 7.5.	Pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap efek <i>refrigerasi</i>	114
Tabel 7.6.	Pengaruh temperatur <i>evaporasi</i> terhadap kapasitas <i>refrigerasi</i>	116
Tabel 7.7.	Pengaruh temperatur <i>kondensasi</i> terhadap efisiensi volumetris	119
Tabel 7.8.	Pengaruh temperatur <i>kondensasi</i> terhadap efek refrigerasi	120
Tabel 7.9.	Pengaruh temperatur <i>kondensasi</i> terhadap efek refrigerasi	121
Tabel 7.10.	Pengaruh temperatur <i>kondensasi</i> terhadap daya kompresor	123

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Saturated Refrigerant-134a-Temperature Table</i>	128
Lampiran 2. <i>Superheated Refrigerant-134a</i>	129
Lampiran 3. Material	131
Lampiran 4. Material	132
Lampiran 5. Momen Inersia	133
Lampiran 6. Dimensi Pegas	135

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas (m^2, ft^2)
a	=	Percepatan ($m/s^2, ft/s^2$)
a	=	Jarak (mm)
a	=	Konstanta
b	=	Lebar (mm)
c	=	kecepatan ($m/s, ft/s$)
c	=	<i>Clearence/ celah</i> (mm)
C	=	Konstanta
c_o	=	Panas jenis minyak pelumas ($kcal/kg^{\circ}C$)
COP	=	<i>Coefficient Of Performance</i>
D	=	Diameter (mm)
E	=	Modulus elastisitas ($kg/cm^2, MPa$)
F	=	Gaya (N)
f	=	Frekuensi (Hz)
f_{tet}	=	Tegangan tetmajer (kg/cm^2)
g	=	Percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)
h	=	Enthalpi (Btu/lbm)
H	=	Panas yang timbul dalam bantalan ($kg.m/s$)
I	=	Momen inersia (mm^4, cm^4)
i	=	Radius inersia (mm, cm)
j	=	Perbandingan kerugian daya
k	=	Koefisien
L, l	=	Panjang (m, ft)
M	=	Momen (N.mm, kg.mm)
\dot{m}	=	Laju aliran massa (lbm/h)
$1/m$	=	Rasio poisson
m_R	=	Massa bagian yang bergerak bolak-balik (kg)

N	= Kecepatan putar (rpm)
P	= Tekanan (psia, kg/mm^2 , kg/cm^2)
P	= Jumlah kutup
P	= Gaya akibat tekanan gas (N, kg)
Q, q	= Panas (kW, Btu/h)
q_r	= Laju refrigerasi (kW, TR)
r	= Rasio kompresi
r	= Lengan engkol
s_f	= Entropi
Shp	= Daya poros (W, hp)
S	= Bilangan Sommerfeld
T	= Torsi (N.mm)
T	= Temperatur ($^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{C}$)
t	= Tebal (mm, cm, m)
V	= Volume (mm^3 , cm^3 , m^3)
\dot{V}	= Laju volume (m^3/min , ft^3/min)
v	= Volume jenis (m^3/kg , ft^3/lbm)
v	= Kecepatan aliran (m/sec, ft/s)
W	= Kerja (W, Btu/h)
W_{ekw}	= Daya input kompresor (W, Btu/h)
x	= Kualitas uap
x	= Jarak (mm)
y	= Defleksi, jarak (mm, cm)
Z	= Modulus Potongan (mm^3 , cm^3 , m^3)

Huruf Yunani

h	= Efisiensi (%)
q	= Rasio L/D
λ	= Rasio engkol
ω	= Kecepatan sudut (rad/s)

- ε = Perbandingan *clearance volume* dengan volume langkah torak
- ε = Eksentrisitas
- γ = Densitas fluida (kg/m^3 , g/ml)
- ξ = Koefisien tahanan
- α, β, φ = Sudut engkol (derajat, radian)
- σ_{ba} = Tegangan lengkung yang diijinkan (kg/cm^2 , kg/mm^2 , N/mm^2)
- σ_{ta} = Tegangan tarik yang diijinkan (kg/cm^2 , kg/mm^2 , N/mm^2)
- σ_{ca} = Tegangan circumferensial yang diijinkan (kg/cm^2 , kg/mm^2 , N/mm^2)
- σ_{com} = Tegangan kombinasi (kg/cm^2 , kg/mm^2 , N/mm^2)
- α_T = Koefisien ekspansi thermal
- Δ = Beda
- Δh_{ev} = Efek refrigerasi (kJ/kg , Btu/lbm)
- τ = Tegangan geser (kg/cm^2 , kg/mm^2 , N/mm^2)
- μ = Angka keamanan pada persamaan tetmajer
- μ = Koefisien gesek minyak pelumas dengan bantalan
- π = 3,14

Subskrip

- L = Rendah
- H = Tinggi
- n = Eksponen politropis
- sat = Jenuh
- f = Kondisi cair jenuh
- g = Kondisi uap jenuh
- fg = Kondisi campuran
- k = Kondensasi
- m = Rata-rata
- max = Maksimum
- thr = Throttling

ov	= Keseluruhan
l	= Longitudinal
c	= Circumferensial
s	= Silinder
r	= Radial
B	= Bahan
Y	= Luluh
sh	= Kepala silinder
b	= Lengkung
sum	= Total
b	= Baut
p	= Torak
ph	= Kepala torak
sp	= Spesifik
pp	= Pena torak
ba	= <i>Lengkung yang diijinkan</i>
pb	= <i>Boss</i>
h	= <i>Batang hubung</i>
i	= Inlet
O	= Outlet
se	= Ujung kecil
cp	= Ujung besar
w	= Lengan engkol
r	= Radial
cs	= Poros engkol
Bt	= Bedplate
Tk	= Tangki