

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	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah	2
1.3. Metodologi Perancangan	2
1.4. Sistematika Penulisan	2

BAB II TINJAUAN MASALAH

2.1. Definisi Kompresor	4
2.2. Dasar Teori	4
2.3. Klasifikasi Kompresor	4
2.3.1. Kompresor perpindahan positif	5
2.3.1.1. Kompresor torak	5
2.3.1.2. Kompresor rotari	5
2.3.2. Kompresor dinamik	5
2.3.2.1. Kompresor arah radial	6

2.3.2.2. Kompresor arah axial	6
2.3.2.2. Kompresor arah campuran	6
2.4. Penggunaan Kompresor	7
2.5. Siklus Kompresi Gas	8
2.6. Proses Kompresi Gas	9
2.6.1. Kompresi isothermal	9
2.6.2. Kompresi adiabatik	10
2.6.3. Kompresi polytropik	10
2.7. Kebutuhan Udara	11
2.8. Pemilihan Jenis Kompresor	11

BAB III ANALISA TERMODINAMIKA DAN PENENTUAN UKURAN UTAMA KOMPRESOR

3.1. Asumsi Perhitungan	14
3.2. Kompresor Torak	14
3.2.1. Kompresi dua tingkat	14
3.2.2. Perhitungan temperatur akhir kompresi	16
3.2.3. Perhitungan tekanan	16
3.3. Daya Kompresor	17
3.4. Daya Motor Penggerak	19
3.5. Efisiensi Volumetrik Kompresor	21
3.6. Dimensi Utama	24
3.6.1. Susunan silinder	24
3.6.2. Volume langkah torak	24
3.6.3. Panjang langkah torak dan <i>clearance</i>	27
3.6.4. Kecepatan rata-rata torak	27

BAB IV PERANCANGAN SILINDER

4.1. Bahan Silinder	28
4.2. Panjang Langkah dan Diameter Silinder	29
4.3. Tebal Dinding Silinder	29

4.4. Panjang Silinder	30
4.5. Kepala Silinder	32
4.6. Kekuatan Silinder	33
4.6.1. Tegangan tangensial akibat tekanan gas dalam silinder	33
4.6.2. Tegangan akibat pemasangan <i>liner</i>	34
4.6.3. Tegangan pada kepala silinder	37
4.6.5. Baut pengikat kepala silinder	37
4.7. Baut Pengikat Kepala Silinder	39

BAB V PERANCANGAN TORAK

5.1. Torak	42
5.2. Jenis Torak	42
5.3. Bahan Torak	43
5.4. Dimensi Torak	43
5.4.1. Tinggi torak	43
5.4.2. Ketebalan mahkota torak	44
5.4.3. Tinggi kepala torak	44
5.4.4. Tinggi <i>land</i> pertama	44
5.4.5. jarak antara sisi terbawah torak dengan sumbu pena	45
5.4.6. Tinggi skirt	45
5.4.7. Jarak antar boss untuk pena pelampung penuh	45
5.4.8. Diameter pin eksternal	46
5.5. Tinjauan Kekuatan Torak	46
5.5.1. Tekanan spesifik torak	46
5.5.2. Kekuatan kepala torak	47
5.5.3. Tegangan akibat perbedaan temperatur	48
5.6. Cincin Torak	49
5.6.1. Pemilihan cincin torak	49
5.6.2. Bahan cincin torak	49
5.6.3. Ukuran cincin torak	50
5.6.4. Tinjauan kekuatan cincin torak	53

5.7. Pena Torak	55
5.7.1. Dimensi pena torak	56
5.7.2. Tinjauan kekuatan pena torak	57

BAB VI PERANCANGAN BATANG PENGGERAK

6.1. Batang Penggerak	60
6.1.1. Pemeriksaan terhadap pelengkungan batang penggerak	61
6.1.2. Pemeriksaan gaya inersia akibat gerak bolak-balik	63
6.1.3. Pemeriksaan terhadap gaya inersia transversal	64
6.2. Ujung Kecil Batang Penggerak	66
6.3. Ujung Besar Batang Penggerak	69
6.4. Baut Kap	72

BAB VII PERANCANGAN POROS ENKOL

7.1. Bahan Poros Engkol	76
7.2. Bentuk dan Ukuran Poros Engkol	76
7.3. Gaya yang Bekerja pada Poros Engkol	78
7.3.1. Gaya akibat tekanan gas dalam silinder	78
7.3.2. Gaya inersia akibat massa yang bergerak bolak balik	84
7.3.3. Poros engkol pada titik mati	88
7.3.4. Tinjauan kekuatan ketika engkol pada posisi titik mati	91
7.3.5. Poros engkol pada posisi momen puntir maksimum	93
7.4. Pengimbang (Caunterweight)	96

BAB VIII PERANCANGAN KOMPONEN PENDUKUNG

8.1. Katup	98
8.1.1. Perhitungan katup	99
8.2. Pemilihan Penggerak dan Perancangan Transmisi	102
8.2.1. Pemilihan penggerak kompresor	102
8.2.2. Perancangan transmisi	103
8.2.2.1. Perancangan sabuk V	104

8.2.2.2. Perhitungan tegangan pada sabuk	109
8.2.3. Perancangan Pasak	112
8.3. Pendinginan	113
8.3.1. Perancangan fins	113
8.3.2. Perhitungan koefisiensi konveksi panas	114
8.3.3. Jumlah <i>fins</i> pada <i>intercooler</i>	115
8.4. <i>Crankcase</i>	117
8.5. Pelumasan	118
8.5.1. Perancangan pompa minyak pelumas	119
8.6. Penampung Udara (<i>Receiver</i>)	122
8.7. Separator	124
8.8. Bantalan	125

BAB IX SISTEM PERPIPAAN

9.1. Angka Reynolds (<i>Reynolds Number</i>)	127
9.2. Faktor Gesekan (<i>Friction Factor</i>)	128
9.3. Penurunan Tekanan dan Kerugian Tekanan	130
9.4. Kerugian Dalam Sistem Perpipaan	131
9.4.1 Kerugian pada pipa menuju <i>car lift</i>	131
9.4.2 Kerugian pada pipa menuju setiap stall	132

BAB X PENUTUP

10.1. Karakteristik Kompresor	140
10.1.1. hubungan efisiensi volumetris dengan tekanan keluar	140
10.1.2. hubungan efisiensi adiabatik, daya adiabatik, tekanan keluar	142
10.2. Kesimpulan	144

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Diagram P-V dari Kompresor	9
Gambar 2. 2. Proses Kompresi Dinyatakan dalam Diagram P-V	11
Gambar 2. 3. Pemakaian Berbagai Jenis Kompresor Berdasarkan Tekanan Pemampatan dan Kapasitas Isap	12
Gambar 3. 1. Diagram P-V dari Kompresi Bertingkat Dua	15
Gambar 3. 2. Diagram Kompresi Rasio dengan Daya yang Dibutuhkan Kompresor	19
Gambar 3. 3. Efisiensi Motor terhadap Beban	21
Gambar 3. 4. Diagram untuk Menentukan Efisiensi Volumetrik	23
Gambar 3. 5. Susunan Silinder	24
Gambar 4. 1. Distribusi <i>Heat-Loss</i>	39
Gambar 5. 1. Bentuk Torak	43
Gambar 5. 2. Dimensi Cincin Torak	50
Gambar 5. 3. Cincin Pelumas	53
Gambar 6. 1. Penampang Tangkai Batang Penggerak	61
Gambar 6. 2. Ujung Kecil Batang Penggerak	66
Gambar 6. 3. Gaya-gaya Pada Ujung Besar Batang Penggerak	70
Gambar 6. 4. Arah Tegangan pada Ulir	74
Gambar 7. 1. Kontruksi Poros Engkol	77
Gambar 7. 2. Pembukaan Katup Isap	80
Gambar 7. 3. Diagram Indikator Teoritis Tekanan TInggi	81
Gambar 7. 4. Gaya akibat Tekanan Gas	82
Gambar 7. 5. Distribusi beban saat sudut $\alpha = 0^\circ$ pada arah horizontal	89
Gambar 7. 6. Distribusi beban saat sudut $\alpha = 0^\circ$ pada arah vertikal	89
Gambar 7. 7. SFD dan BMD poros engkol pada posisi titik mati arah vertical	90
Gambar 7. 8. Distribusi beban saat sudut $\alpha = 282,06^\circ$ pada arah tangensial	93
Gambar 7. 9. SFD dan BMD poros engkol pada posisi momen puntir maksimum arah tangensial engkol	94

Gambar 7.10. Distribusi beban saat sudut $\alpha = 107,1^\circ$ pada arah radial	95
Gambar 7.11. SFD dan BMD Poros Engkol pada Posisi Momen Puntir Maksimum arah radial engkol	96
Gambar 8. 1. Katup Standar Hoebiger	100
Gambar 8. 2 . Dudukan Katup	100
Gambar 8. 3. Diagram pemilihan sabuk-V	106
Gambar 8. 4. Hubungan antara sudut ψ dengan perbandingan tegangan T_1/T_2	110
Gambar 8. 5. Arah komponen tegangan pada sabuk	111
Gambar 8. 6. Bentuk dan Dimensi <i>Cooling Fins</i>	114
Gambar 8. 7. Pelumasan Paksa	118
Gambar 8. 8. Pompa Roda Gigi	121
Gambar 8. 9. Penampung udara	122
Gambar 8.10. katup pengaman	123
Gambar 8.11. <i>Separator</i>	124
Gambar 8.12. Bantalan Bola Radial (Deep groove ball Bearing)	125
Gambar 9. 1. Diagram Moody	130
Gambar 9. 2. Sistem perpipaan	131
Gambar 10.1. Hubungan efisiensi volumetris dengan tekanan keluar	141
Gambar 10.2. Hubungan efisiensi adiabatik dan tekanan keluar	143
Gambar 10.3. Hubungan daya adiabatik dan tekanan keluar	144

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Peralatan yang Digunakan pada Bengkel Mobil	11
Tabel 7.1. Hasil Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Gas	83
Tabel 7.2. Perhitungan gaya tangensial dan gaya radial akibat gaya inersia	85
Tabel 7.3. Resultan gaya akibat tekanan gas dan gaya inersia	86
Tabel 9.1. Bilangan Reynolds	127
Tabel 9.2. Angka kekasaran absolute (ϵ) untuk berbagai material pipa	129
Tabel 10.1. Hubungan efisiensi volumetris dan tekanan keluar	141
Tabel 10.2. Hubungan efisiensi adiabatik, daya adiabatik dan tekanan keluar	142

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Sifat Material Logam	151
Lampiran 2.	Tabel Bahan Baut Pengikat Kepala Silinder	152
Lampiran 3.	Tabel untuk Bahan Cincin Torak	153
Lampiran 4	Tabel untuk Bahan Poros dan Pasak	154
Lampiran 5.	Standar Ukuran Ulir	155
Lampiran 6.	Tabel Kekuatan Baut / Sekrup dan Mur	156
Lampiran 7.	Tabel Ukuran Standar Sekrup	156
Lampiran 8	Ukuran Standar Mur	157
Lampiran 9.	Tabel Tabel Jenis Minyak Pelumas Kompresor	157
Lampiran 10.	Konstanta fisik dan bahan	158
Lampiran 11.	Propertis fisik metal dan nonmetal	159
Lampiran 12.	Penampang Sabuk V konvensional Untuk Tugas Berat	160
Lampiran 13	Cincin Torak Berdasarkan Standard Czechoslovak	161
Lampiran 14.	Standar Baja	162
Lampiran 15.	Konversi Satuan	163
Lampiran 16.	Data Valve Hoorbiger	164
Lampiran 17.	Simbol Perpipaian	165
Lampiran 18.	Panjang Equivalent Dari Sambungan	168
Lampiran 19.	Standar Ukuran Pipa	169

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a	=	Penambahan tebal yang diijinkan (mm)
	=	Garis bantu (m)
	=	Luas aliran gas masuk (mm^2)
	=	tebal katup (mm)
a	=	Celah radial antara diameter dalam alur dengan cincing torak (mm)
A_p	=	Luas piston (m^2)
A_{sh}	=	Luas permukaan <i>shoe</i> (m^2)
B	=	Tebal bantalan (mm)
b	=	Lebar lengan katup (mm)
b_{ac}	=	Kedalaman radial dari alur untuk cincin torak (mm)
b_{rc}	=	Tebal cincin kompresi (mm)
b_1	=	Lebar dari luasan keliling atas torak (mm)
b_2	=	Lebar luasan antar cincin pada torak (mm)
b_{rc}	=	Tebal cincin kompresi torak (mm)
c	=	<i>Clearence</i> (mm)
	=	celah cincin piston terpasang (mm)
C	=	Jarak sumbu normal ke titik yang ditinjau (m)
	=	Angka nominal dinamis spesifik
C_c	=	celah cincin torak (mm)
C_m	=	Kecepatan piston rata-rata (m/s)
D, D_0	=	Diameter dalam dan luar silinder (mm)
d_b	=	Diameter baut (mm)
d_B	=	Diameter hub puli (mm)
d_c	=	Diameter minor baut (mm)
d_{ef}	=	Diameter efektif ulir (mm)
D_{ic}	=	Diameter silinder (mm)
D_{ir}	=	Diameter dalam cincin torak (mm)
d_k	=	Diameter kepala puli penggerak (mm)

D_k	=	Diameter kepala puli yang digerakkan (mm)
D_p	=	Diameter pitch puli yang digerakkan (mm)
	=	Diameter torak (mm)
$d_{p \min}$	=	Diameter pitch puli penggerak (mm)
D_{po}	=	Diameter poros (mm)
D_{sw}	=	Diameter <i>swash plate</i> (mm)
E	=	Modulus elastisitas (kg/cm^2)
f_c	=	Faktor koreksi
f_e	=	Gaya tangensial efektif (Kg)
f_h	=	Faktor kelelahan
f_n	=	Faktor kecepatan
F_a	=	Gaya aksial (kg)
F_d	=	Tegangan maksimal pada kepala silinder dan baut (kg)
F_n	=	Gaya normal (kg)
$F_{1,2,3}$	=	Gaya pada torak 1,2, dan 3 (Kg)
f_{rr}	=	Tegangan radial (kg/cm^2)
F_t	=	Gaya total pada piston (Kg)
F_r	=	Resultan gaya radial (kg)
F_z	=	Gaya tekan maksimal refrigeran pada torak (kg)
g	=	Percepatan gravitasi (cm/s^2)
h	=	Enthalpi (kJ/kg)
H_1	=	Panjang kemiringan antara torak 1 dan torak 2 (m)
H_2	=	Panjang kemiringan antara torak 1 dan torak 2 (m)
H_{sw}	=	Panjang kemiringan <i>swash plate</i> (mm)
I	=	Momen inersia (mm^4)
i	=	Jumlah silinder kompresor
	=	Perbandingan reduksi putaran
J	=	Polar momen inertia untuk poros pejal (mm^4)
k	=	Konduktifitas termal (W/m.K)
k_1, k_2	=	Koefisien tegangan luar dan dalam silinder
L	=	Panjang keliling sabuk-V (mm)

	=	Panjang langkah torak (mm)
	=	Panjang poros (m)
	=	Jarak pembebanan (mm)
L_c	=	Panjang <i>clearance</i> (mm)
L_h	=	Umur bantalan (jam)
L_{si}	=	Panjang silinder (mm)
L_1	=	Langkah torak antara torak 1 dan 2 (m)
L_2	=	Langkah torak antara torak 2 dan 3 (m)
l	=	Panjang pasak (mm)
$\dot{m}$	=	Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
M_b	=	Momen lengkung (kg.mm)
M_t	=	Momen lengkung total (kg.m)
M_{tp}	=	Momen lengkung total poros (kg.m)
N	=	Putaran kompresor (rpm)
N_{max}	=	Gaya maksimum pada torak (kg)
N_s	=	Putaran kompresor per siklus (rps)
n_1	=	Putaran motor penggerak (rpm)
n_b	=	Jumlah baut
P_d	=	Tekanan keluar kompresor (MPa)
P_m	=	Daya mesin penggerak (kW)
P_s	=	Tekanan masuk kompresor (MPa)
p	=	Tekanan maksimum refrigeran dalam silinder (atg)
p_r	=	Tekanan cincin terhadap dinding silinder (kg/cm ²)
P_t	=	Tekanan pada torak (MPa)
P_0	=	Kapasitas daya (kW)
$\dot{Q}_0$	=	<i>Beban pendinginan</i> (kJ/s)
q_0	=	Efek pendinginan di evaporator (kJ/s)
q_N	=	Tekanan spesifik torak (kg/cm ²)
R	=	Jari-jari silinder (m)
$R_{A,B}$	=	Gaya reaksi pada titik A dan B (Kg)
r	=	Total jarak dari poros ke silinder (m)

	=	jarak dari garis netral ke titik yang ditinjau (mm)
r_i	=	Jari-jari silinder dalam (mm)
r_o	=	Jari-jari silinder luar (mm)
r_p	=	Rasio kompresi
r_{po}	=	jari-jari poros (m)
r_{sh}	=	jari-jari <i>shoe</i> (mm)
S_f	=	Faktor keamanan bahan
SHP	=	Daya poros (HP)
T	=	Momen puntir (kg.mm)
T_d	=	Temperatur mutlak gas keluar kompresor (K)
T_s	=	Temperatur mutlak gas masuk kompresor (K)
T_1	=	Temperatur luar silinder ($^{\circ}C$)
T_2	=	Temperatur dalam silinder ($^{\circ}C$)
t_c	=	Tebal dinding silinder (mm)
t_{ch}	=	Tebal kepala silinder (mm)
t_H	=	Tebal kepala torak (mm)
t_{rc}	=	Lebar cincin kompresi (mm)
t_{sw}	=	Tebal <i>swash plate</i> (mm)
T_o	=	Temperatur udara luar ($^{\circ}C$)
T_r	=	Temperatur desain ruangan ($^{\circ}C$)
v	=	Kecepatan linier sabuk (m/s)
$\dot{V}_{act}$	=	Laju aliran refrigeran aktual (m^3/s)
$\dot{V}_{th}$	=	Laju aliran refrigeran teoritis (m^3/s)
V_c	=	Volume sisa (m^3)
V_d	=	Volume kondisi buang (m^3/s)
V_s	=	Volume kondisi isap (m^3/s)
	=	Kecepatan gerak katup (m/s)
V_p	=	Volume perpindahan torak (m^3)
v	=	Kecepatan linier sabuk (m/s)
v_1	=	Kecepatan aliran gas masuk (m/s)

W	=	Modulus penampang (mm^3)
W_{sw}	=	Massa <i>swash plate</i> (kg)
w	=	lebar pasak (mm)
y	=	Defleksi (mm)
	=	jarak antara piston (mm)
x	=	selisih antara r dengan y_1 (m)
x, y	=	Konstanta untuk gaya radial dan aksial
Z	=	Modulus penampang (mm^3)
ϑ	=	<i>Satisfactory ratio</i>
α	=	Koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$)
ε	=	Rasio antara <i>clearance volume</i> dengan volume langkah torak (%)
σ_B	=	Kekuatan tarik bahan (kg/mm^2)
Δd	=	Pertambahan diameter akibat pemuaian (mm)
τ_{maks}	=	Tegangan geser yang diijinkan (kg/mm^2)
τ_{maks}	=	Tegangan geser maksimum (kg/m^2)
ρ_{sw}	=	Massa jenis <i>swash plate</i> (kg/m^3)
μ	=	Angka <i>poisson</i>
σ_b	=	Tegangan lengkung (kg/mm^2)
σ_{ba}	=	Tegangan lengkung akibat gaya aksial (kg/mm^2)
σ_c	=	Tegangan kompresi (kg/mm^2)
σ_u	=	Tegangan tarik (kg/mm^2)
σ_{tr1}	=	Tegangan akibat perbedaan suhu (kg/cm^2)
σ_{ti}	=	Tegangan tarik diijinkan (kg/mm^2)
σ_{tr}	=	Tegangan tangensial (MPa)
σ_{tr1}	=	Tegangan bagian dalam silinder (MPa)
σ_{tr2}	=	Tegangan bagian luar silinder (MPa)
σ_{rr}	=	Tegangan radial (MPa)
η_t	=	Efisiensi transmisi
η_m	=	Efisiensi mekanis

η_{oad} = Efisiensi adiabatis menyeluruh

η_v = Efisiensi volumetrik

η_{vo} = Efisiensi volumetrik *overall*

θ = Sudut kemiringan *swash plate*