

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	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah	1
1.3. Metodologi Perancangan	2
1.4. Sistematika penulisan	2
BAB II TINJAUAN MASALAH	4
2.1. Definisi Kompresor	4
2.2. Dasar Teori	4
2.3. Klasifikasi Kompresor	4
2.3.1 Kompresor Perpindahan Positif	4
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
	ix

2.3.2.2 Kompresor Arah Axial	6
2.3.2.3 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 politropik	10
2.7. Pemilihan jenis Kompresor	11
2.7.1 Menentukan kandungan uap air dalam udara	12
2.7.2 Menentukan total mol campuran	12
2.7.3 Menentukan spesifik gas konstan	13
2.7.4 Menentukan kapasitas udara	13
BAB III ANALISA TERMODINAMIKA DAN	15
PENENTUAN UKURAN UTAMA KOMPRESOR	
3.1. Asumsi Perhitungan	15
3.2. Kompresi <i>Multistage</i>	15
3.2.1 Perhitungan Temperatur Akhir Kompresi	15
3.1.2 Kompresi 2 tingkat	16
3.3. Daya Kompresor	17
3.4. Daya Motor Penggerak	19
3.5. Efisiensi Volumetris Kompresor	20
3.6. Dimensi Utama Kompresor	23
3.6.1 Susunan Silinder	23
3.6.2 Volume Langkah Piston	23
3.6.3 Diameter Silinder	24
3.6.4 Langkah Piston dan <i>Clearance</i>	25
3.6.5 Kecepatan Rata-rata Piston	25

BAB IV PERANCANGAN SILINDER	26
4.1. Bahan Silinder	26
4.2. Panjang Langkah dan Diameter Silinder	27
4.3. Tebal Dinding Silinder	27
4.4. Panjang Silinder	29
4.5. Kepala Silinder	30
4.6. Kekuatan Silinder	31
4.6.1 Tegangan tangensial akibat tekanan gas dalam silinder	31
4.6.2 Tegangan akibat pemasangan <i>liner</i>	32
4.6.3 Tegangan pada kepala silinder	36
4.7. Baut pengikat kepala silinder	38
BAB V PERANCANGAN TORAK	40
5.1. Torak	40
5.2. Jenis Torak	40
5.3. Bahan Torak	41
5.4. Dimensi Torak	41
5.4.1 Tinggi torak	42
5.4.2 Ketebalan mahkota torak (<i>crow</i> n)	42
5.4.3 Tinggi kepala torak (<i>Top Land</i>)	42
5.4.4 Tinggi land pertama	43
5.4.5 Jarak antara sisi terbawah torak dan sumbu pena	43
5.4.6 Tinggi skirt	43
5.4.7 Jarak antara boss untuk pena pelampung penuh (<i>full floating</i> <i>pin</i>)	44
5.4.8 Diameter pin external	44
5.5. Tinjauan kekuatan torak	44
5.5.1 Tekanan spesifik torak	44
5.5.2 Kekuatan kepala torak	45
5.5.3 Tegangan akibat perbedaan temperatur	

5.6.	Cincin Torak	47
5.6.1	Pemilihan cincin torak	47
5.6.2	Bahan cincin torak	48
5.6.3	Ukuran cincin torak	48
5.6.4	Tinjauan kekuatan cincin torak	51
5.7	Pena Torak	53
5.7.1	Dimensi Pena Torak	54
5.7.2	Tinjauan kekuatan pena torak	55
BAB VI PERANCANGAN BATANG PENGHUBUNG		58
6.1.	Ujung Kecil Batang Penghubung	59
6.1.1	Dimensi ujung kecil batang penghubung	59
6.1.2	Analisa kekuatan ujung kecil	60
6.2.	Tangkai Batang Hubung	72
6.2.1	Dimensi tangkai batang hubung	72
6.2.2	Analisa tegangan pada tangkai batang hubung	73
6.3.	Ujung Besar Batang Hubung	75
6.3.1	Dimensi ujung besar batang hubung	75
6.3.2	Analisa kekuatan ujung besar batang hubung	76
6.4.	Baut <i>connecting rods</i>	79
BAB VII PERANCANGAN POROS ENKOL		82
7.1.	Bentuk dan Dimensi Poros Engkol	82
7.2.	Analisa Kekuatan Poros Engkol	84
7.3.	Tinjauan Kekuatan Lengan Engkol	86
7.4.	Tinjauan Kekuatan Poros Engkol	90
7.5.	Tinjauan Kekuatan Pipi Engkol	96
7.6.	Pengimbang (<i>Counterweight</i>)	100
BAB VIII PERANCANGAN KOMPONEN PENDUKUNG		103
8.1	Katup	103
8.1.1	Perhitungan katup	104

8.2. Pemilihan Penggerak dan Perencanaan Transmisi	107
8.2.1 Pemilihan Penggerak Kompresor	107
8.2.2 Perencanaan Transmisi	108
8.2.3 Kipas pendingin	168
8.2.4 Thermostat	170
8.2.2.1 Perancangan Sabuk-V	109
8.2.2.2 Perhitungan Tegangan pada Sabuk	112
8.2.3 Perancangan Pasak	114
8.3. Pendinginan	115
8.3.1 Perencanaan <i>fins</i>	116
8.3.2 Perhitungan koefisien konveksi panas	116
8.3.3 Jumlah <i>fins</i> pada <i>intercooler</i>	118
8.4. Crankcase	120
8.5. Pelumasan	121
8.5.1 Perencanaan Pompa Minyak Pelumas	122
8.6. Penampung Udara (<i>Receiver</i>)	125
8.7. <i>Separator</i>	127
8.8 Bantalan	128
BAB IX PENUTUP	131
DAFTAR PUSTAKA	136
LAMPIRAN	138

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.	Pemilihan Jenis Kompresor	14
Gambar 3.1.	Diagram P-V dari kompresor bertingkat dua	17
Gambar 3.2.	Efisiensi Motor terhadap Beban	20
Gambar 3.3.	Diagram untuk menentukan efisiensi volumetrik	21
Gambar 4.1.	distribusi <i>Heat-loss</i>	37
Gambar 5.1.	Dimensi Torak	41
Gambar 5.2.	Dimensi cincin torak	48
Gambar 5.3.	Cincin Pelumas	51
Gambar 6.1.	Batang penghubung	58
Gambar 7.1.	Poros engkol tipe <i>Double-Throw</i>	83
Gambar 8.1.	Katup Standar Hoebiger	105
Gambar 8.2.	Dudukan Katup	105
Gambar 8.3.	Diagram pemilihan sabuk-V	111
Gambar 8.4.	Hubungan antara sudut ψ dengan perbandingan tegangan T_1/T_2	114
Gambar 8.5.	Arah komponen tegangan pada sabuk	115
Gambar 8.6.	Bentuk dan Dimensi <i>Cooling</i>	118
Gambar 8.7.	Efisiensi <i>fins</i>	119
Gambar 8.8.	Pelumasan Paksa	122
Gambar 8.9.	Pompa Roda Gigi	125
Gambar 8.10.	Penampung udara	126
Gambar 8.11.	katup pengaman	127
Gambar 8.12.	<i>Separator</i>	128
Gambar 8.13.	Bantalan Bola Radial	129

DAFTAR TABEL

Tabel 6.1.	Nilai momen M_1 , gaya N_1 , $\sigma_{ex,i}$ dan $\sigma'_{int,i}$ pada torak tingkat I	65
Tabel 6.2.	Nilai momen M_1 , gaya N_1 , $\sigma_{ex,i}$ dan $\sigma'_{int,i}$ pada torak tingkat II	66
Tabel 6.3.	Nilai relatif momen M_0 dan gaya normal N_0	67
Tabel 6.4.	Nilai hubungan trigonometri untuk perhitungan momen dan gaya normal dalam analisa ujung kecil batang penghubung	68
Tabel 6.5.	Nilai M_{com} , N_{com} , dan $\sigma_{ex,com}$ pada bagian luar ujung kecil karena adanya gaya kombinasi deformasi dari bush dan ujung kecil pada tingkat I	68
Tabel 6.6.	Nilai M_{com} , N_{com} , dan $\sigma_{ex,com}$ pada bagian luar ujung kecil karena adanya gaya kombinasi deformasi dari bush dan ujung kecil pada tingkat I	69
Tabel 7.1.	Gaya inersia oleh perubahan sudut poros engkol	87
Tabel 7.2.	Besarnya torsi pada tiap <i>main journal</i>	87
Tabel 7.3.	Gaya Normal, Gaya Tangensial, Momen Lengkung, Gaya Reaksi, dan Torsi oleh perubahan sudut poros engkol	93
Tabel 7.4.	Torsi pada tiap <i>crank pin</i>	93
Tabel 8.1.	Data katup Hoerbiger	107

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Molar massa, konstanta gas, dan panas spesifik gas ideal	137
Lampiran 2.	Deep groove ball bearings singel row	138
Lampiran 3.	Motor listrik	139
Lampiran 4.	Ukuran standar ulir kasar metris (JIS B 0205)	140
Lampiran 5.	Baja karbon untuk konstruksi mesin JIS G 4051	141
Lampiran 6.	Baja nikel khrom molibden JIS G 4103	142
Lampiran 7.	Baja karbon tempa JIS G 3210 dan besi cor kelabu JIS G 5501	143
Lampiran 8.	Data klimatologi Juni 2002 - Juni 2003	144

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas permukaan silinder
A_b	=	luas minimum penampang baut
A_{bush}	=	Luas permukaan bantalan (bush)
A_{end}	=	Luas permukaan ujung kecil
A_p	=	Luas penampang torak
A_{sh}	=	luas penampang bantalan luncur
A_t	=	Luas tangkai batang penghubung
a	=	Penambahan tebal, Koefisien muai panjang besi cor, luas alian gas masuk
a_{cp}	=	Luas permukaan lengan engkol pena <i>crank</i> ,
a_{se}	=	Lebar ujung kecil
B_1	=	Lebar lubang laluan
B_b	=	Lebar lubang laluan pada penyangga
b	=	Tebal ujung <i>fins</i> , tinggi rotor
b_{ac}	=	Kedalaman alur cincin
bb	=	Jarak antara boss untuk pena pelampung penuh (<i>full floating pin</i>)
b_{cp}	=	Lebar pipi engkol
b_p	=	Tebal cincin, Jarak antara dua bantalan pada torak
b_{rc}	=	Tebal cincin kompresi
b_t	=	Lebar tangkai batang penghubung
c	=	<i>Clearance</i> Konstanta, Konstanta untuk plat rata, Jarak antara sumbu poros motor penggerak dengan poros engkol, koefisien hantaran, angka
C	=	nominal dinamis spesifik
C_c	=	Celah antara cincin torak dan alur torak
c_m	=	Kecepatan rata-rata torak
c_p	=	Panas spesifik pada tekanan konstan, Celah cincin pada suhu normal sebelum terpasang
c_{pp}	=	Celah cincin oli dengan alur cincin torak
c_v	=	Panas spesifik pada volume konstan
D	=	Diameter silinder
D_{cut}	=	Diameter bobot pengimbang
D_{in}	=	Diameter dalam pena
D_{end}	=	Diameter luar ujung kecil
D_{ex}	=	Diameter pena luar
D_o	=	Diameter silinder bagian luar

D_p	=	Diameter torak, Diameter pitch puli yang digerakkan
d	=	Diameter baut
d_1		diameter dalam <i>liner</i>
d_2		diameter luar <i>liner</i>
d_b	=	Diameter hub puli
d_{cp}	=	Diameter luar pena engkol
d_{end}	=	diameter luar ujung kecil
d_{ex}	=	Diameter luar pena torak
d_{ib}	=	diameter dalam bantalan
d_k	=	Diameter kepala puli penggerak
d_{mj}	=	Diameter poros utama
d_{ob}	=	diameter luar bantalan
d_{op}	=	Diameter luar ujung besar
$d_{p,min}$	=	Diameter pitch puli penggerak
d_s	=	Diameter poros
d_{s1}	=	Diameter poros motor penggerak
d_{s2}	=	Diameter poros engkol
d_w	=	Diameter minimum kawat pegas
E	=	Modulus elastisitas bahan
$E1$	=	Modulus elastisitas <i>liner</i>
$E2$	=	Modulus elastisitas badan silinder
E_{rod}	=	Modulus elastisitas batang
E_{bush}	=	Modulus elastisitas <i>bush</i>
F_c	=	Gaya pada pegas pada saat tertutup, faktor koreksi
F_{cr}	=	Beban kritis,
F_d	=	Tegangan maksimal pada kepala silinder dan baut penahan
F_i	=	Gaya inersia
F_{pr}	=	Gaya pemasangan awal baut
F_t	=	Gaya tengensial
F_z	=	gaya tekan maksimum pada torak
f_c	=	Faktor koreksi
f_h	=	faktor kelelahan
H	=	Tinggi torak, lebar tangkai batang penghubung
H_1	=	Jarak antara sisi terbawah torak dan sumbu pena

H_2	=	Tinggi <i>skirt</i>
H_b	=	Kekerasan Brinell
h	=	Tebal kepala silinder, tinggi angkatan katup
h_1	=	Tinggi land pertama
h_2	=	Koefisien film
h_{cr}	=	Ketebalan mahkota torak (<i>crown</i>)
h_{se}	=	Tebal dinding ujung kecil
h_t	=	Tinggi kepala torak (<i>Top Land</i>), tinggi tangkai batang penghubung
h_{tp}	=	Tebal ujung runcing fins ke pangkal
h_{web}	=	Tebal pipi engkol
I	=	Momen inersia
i	=	Jumlah baut, Perbandingan reduksi antara putaran poros engkol dengan putaran motor penggerak
i_b	=	Jumlah bantalan
I_{sh}	=	Momen inersia <i>shell</i>
k	=	Konstanta adiabatik, konduktivitas
K_{bb}	=	Konstanta dari hubungan kekakuan ujung kecil dan bantalan (<i>bush</i>)
L	=	Panjang langkah torak, panjang keliling sabuk-V
L_p	=	Panjang torak
L_{rod}	=	panjang batang penghubung dari sumbu pena torak ke sumbu pena engkol
L_t	=	Panjang tangkai batang penghubung
l_{bl}	=	Panjang bantalan
l_{cp}	=	Panjang pena engkol
l_{mj}	=	Panjang lengan engkol
l_{pb}	=	Panjang bantalan luncur (<i>bushing</i>)
l_{pp}	=	Panjang pena torak
M_r	=	Berat molekul
M_{max}	=	Momen lengkung maksimum
M_z	=	Momen lengkung
\dot{m}	=	Laju aliran massa
m_T	=	Massa total yang terkandung dalam udara
m	=	koefisien ketergantungan
m_b	=	momen total yang bekerja pada torak
m_{cap}	=	Massa cap
m_{cp}	=	Massa pena engkol
m	=	Jumlah tingkat kompresi

m_{cp}	=	Massa pena engkol
m_{cw}	=	Massa pipi engkol
m_p	=	Massa torak
m_p'	=	Massa torak per satuan luas penampang torak
m_r	=	Massa bagian yang bergerak bolak-balik
m_{rod}	=	Massa batang hubung
$m_{rod,pp}$	=	Massa dari pusat pena torak sampai ujung kecil
$m_{rod,cr}$	=	Massa pena engkol
m_{cwt}	=	Massa penyeimbang
N	=	Jumlah sabuk
N_{min}	=	Gaya normal minimum poros engkol
N_{max}	=	Gaya maksimum pada torak, gaya normal maksimum
N_{rod}	=	Gaya sentrifugal pada batang hubung
N_{Rep}	=	Gaya sentrifugal pada pena engkol
N_{Rcw}	=	Gaya sentrifugal pada <i>web</i> (pipi engkol)
N_{Rcr}	=	Gaya sentrifugal pada batang hubung
N_{Rcwt}	=	Gaya sentrifugal pada penyeimbang (<i>counter weight</i>)
N_{air}	=	Mol air
N_n	=	Gaya normal yang diakibatkan tekanan gas dan gaya inersia oleh massa yang bergerak
N_{ud}	=	Mol udara
N_{total}	=	Mol total
n	=	Putaran motor, konstanta politropik, angka keamanan
n_s	=	Angka keamanan
P	=	Tekanan, Daya motor listrik penggerak
P_{ad}	=	Daya kompresor
P_d	=	Tekanan keluar (<i>discharge</i>), daya rencana
P_g	=	Tekanan dengan sudut poros engkol
P_{ip}	=	Gaya pada pena torak saat mencapai TMA
$P_{i,des}$	=	Gaya inersia
P_o	=	Kapasitas daya yang ditransmisikan
P_s	=	Tekanan masuk/isap (<i>suction</i>)
P_{sm}	=	Tekanan pada ujung kecil (<i>small end</i>)
P_x	=	Tekanan antar tingkat kompresi
p_2	=	Tegangan yang terjadi antara <i>liner</i> dengan badan silinder

p_2'	=	Tekanan dinding luar silinder akibat tekanan dari dalam silinder
p_g	=	p_g = tekanan gas dalam silinder
Q	=	Kapasitas, panas yang dipindahkan dari silinder melalui <i>fins</i>
q	=	tekanan akibat pemasangan <i>liner</i>
q_N	=	tekanan spesifik
R	=	Spesifik gas konstan, Jari-jari poros engkol
R_{ft}	=	Gaya reaksi akibat gaya tangensial
R_u	=	<i>Universal gas constant</i>
r	=	Jari-jari engkol, jari-jari rerata pegas
r_1	=	Jari – jari dalam silinder
r_2	=	Jari –jari luar silinder
r_f	=	Fillet pada pipi engkol
r_m	=	Radius rata-rata
SF	=	Faktor keamanan
s	=	Jarak antar <i>fins</i>
T	=	Temperatur, tomen punter rencana, torsi
T_1	=	Momen puntir rencana motor penggerak
T_2	=	Momen puntir rencana poros engkol
T_d	=	Temperature keluar (discharge)
T_s	=	Temperatur masuk
T_{mj}	=	Torsi pada poros utama
t	=	Tebal dinding silinder
t_1	=	Suhu lingkungan, kedalaman alur pasak pada poros Suhu dinding silinder bagian dalam, kedalaman alur pasak pada
t_2	=	naf
t_{be}	=	Tebal ujung besar
t_{bl}	=	Tebal bantalan ujung besar
t_{ln}	=	Tebal silinder liner
t_{mj}	=	Tebal bantalan <i>main journal</i>
t_{pt}	=	Tebal profil batang penghubung
t_{rb}	=	tebal radial bantalan (<i>bush</i>)
t_{rc}	=	Lebar cincin kompresi
t_{rp}	=	Lebar radial cincin pelumas
U	=	Koefisien perpindahan panas
V_c	=	Volume sisa (clearance)
V_{cp}	=	Volume pena engkol

V_{cw}	=	Volume dua pipi engkol elips
V_p	=	Volume langkah torak
V_s	=	Volume gas yang dihasilkan
v	=	Kecepatan linier sabuk
v_1	=	Kecepatan aliran gas masuk
v_s	=	Kecepatan piringan katup
W	=	<i>Section modulus</i>
W_c	=	Massa uap air dalam udara
$W_{tor.mj}$	=	Modulus penampang bagian <i>main journal</i>
W_{ocp}	=	Modulus penampang pada poros engkol
W_{sc}	=	Modulus penampang <i>cap</i>
W_{scw}	=	Modulus lengkung penampang dari pipi engkol
w	=	Panjang <i>fins</i>
X_{ud}	=	Fraaksi mol udara
X_{air}	=	Raksi mol air
x	=	jumlah silinder
y	=	Kompresi maksimal yang terjadi pada pegas
α	=	koefisien ekspansi
α_{bush}	=	Koefisien eksponen linier material <i>bush</i>
α_{rod}	=	Koefisien eksponen linier ujung kecil
δ_{mj}	=	diameter lubang dalam <i>main journal</i>
Δ_c	=	Kelonggaran antara pena torak dan bantalan (<i>bush</i>)
Δ_{cp}	=	Kelonggaran diameter bantalan luncur
Δ_{tc}	=	Peningkatan kelonggaran antara pena torak dan <i>bush</i>
ε	=	Perbandingan antara volume clearance dan volume perpindahan torak
θ	=	Sudut putaran poros engkol, Sudut kontak antar sabuk dan puli
λ	=	perbandingan radius poros engkol dan panjang langkah
μ	=	Poisson rasio
η	=	pengurangan diameter yang diijinkan
η_{oad}	=	Efisiensi adiabatik <i>overall</i>
η_{ov}	=	efisiensi volumetris overall
η_p	=	efisiensi volume hantaran oli
η_t	=	efisiensi transmisi
η_v	=	Efisiensi volumetris
Φ	=	Kelembaban udara relatif
\mathcal{G}	=	perbandingan langkah silinder dengan diameter silinder

V	=	volume
		Kecepatan sudut, kelembaban spesifik, kecepatan putar poros
ω	=	engkol
σ_b	=	Tegangan lentur, Tegangan lengkung pada pena torak
		Tegangan yang terjadi pada permukaan luar ujung kecil batang
σ'_{ex}	=	penghubung
σ'_{int}	=	Tegangan yang terjadi pada permukaan dalam
σ_d	=	Tegangan bahan yang diijinkan
$\sigma_{ex.com}$	=	Tegangan luar kombinasi
$\sigma_{ex.i}$	=	Tegangan pada permukaan luar
$\sigma_{int.i}$	=	Tegangan pada permukaan dalam
σ_m	=	Tegangan rata-rata
σ_p	=	Tegangan yang terjadi ketika proses pemasangan pada torak
σ_T	=	tegangan akibat perbedaan temperatur pada kepala silinder
σ_t	=	Tegangan tarik
σ_{tr}	=	Tegangan tangensial
σ_r	=	Tegangan radial
σ_y	=	Tegangan mulur
σ_v	=	Tegangan variabel
τ_{sh}	=	Tegangan geser
γ	=	berat jenis material poros engkol
		Koefisien pengencangan bagian tutup pada batang penghubung
χ	=	sebesar