UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PENGESAHAN HASIL UJIAN PENDADARAN v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
INTISARI vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR NOTASI xviii
DAFTAR LAMPIRAN xxviii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan dan Batasan Masalah 2
1.3. Tujuan Penulisan 2
1.4. Metodologi Perancangan 3
1.5. Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN MASALAH 5
2.1. Definisi Kompresor 5
2.2. Dasar Teori Kompresor 5
2.3. Klasifikasi Kompresor 5
2.3.1 Kompresor Perpindahan Positif 6
2.3.1.1 Kompresor Torak 6
2.3.1.2 Kompresor Rotari 6

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.2 Kompresor Dinamik 7
2.3.2.1 Kompresor Arah Radial 7
2.3.2.2 Kompresor Arah Axial 8
2.3.2.3 Kompresor Arah Campuran 8
2.4. Penggunaan Kompresor 9
2.5. Siklus Kompresi Gas 10
2.6. Proses Kompresi Gas 11
2.6.1 Kompresi isotermal 11
2.6.2 Kompresi adiabatik 12
2.6.3 Kompresi politropik 12
2.7. Pemilihan jenis Kompresor 13
2.8. Pemilihan Sistem pada Stasiun Pengisian 16
2.8.1 *Three Line Fast Fill System* 16
2.8.2 *Time Fill System* 17
2.8.3 *Single Line Fast Fill System* 17
2.8.4 *Diverter System* 18

BAB III ANALISIS TERMODINAMIKA DAN PENENTUAN DIMENSI UTAMA KOMPRESOR 20
3.1. Asumsi Perhitungan 20
3.2. Kompresi Bertingkat Banyak 22
3.2.1 Perhitungan Temperatur Akhir Kompresi 22
3.1.2 Kompresi 3 tingkat 23
3.3. Perhitungan Daya Kompresor 24
3.4. Daya Motor Penggerak 26
3.5. Efisiensi Volumetris Kompresor 28
3.5.1 Volume Langkah Torak 30
3.6. Penentuan Dimensi Utama Kompresor 31
3.6.1 Susunan Silinder 31
3.6.2 Diameter Silinder 31

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6.3 Panjang Langkah Torak dan *Clearance* 33
3.6.4 Kecepatan Rata-rata Torak 34

BAB IV PERANCANGAN SILINDER 35
4.1. Perencanaan Bahan Silinder 35
4.2. Panjang Langkah dan Diameter Silinder 36
4.3. Perhitungan Tebal Dinding Silinder 36
4.4. Perhitungan Panjang Silinder 38
4.5. Perhitungan Tebal Kepala Silinder 40
4.6. Pengujian Kekuatan Silinder 41
4.6.1 Tegangan tangensial akibat tekanan gas dalam silinder 41
4.6.2 Tegangan akibat pemasangan *liner* 42
4.6.3 Tegangan pada kepala silinder 47
4.7. Perencanaan Baut Pengikat Kepala Silinder 48

BAB V PERANCANGAN TORAK 51
5.1. Jenis Torak 51
5.2. Bahan Torak 52
5.3. Dimensi Torak 53
5.3.1 Tinggi torak 53
5.3.2 Ketebalan mahkota torak (*crown*) 54
5.3.3 Tinggi *Top Land* 54
5.3.4 Tebal cincin (*Land Width*) 54
5.3.5 Kedalaman alur (*groove depth*) 55
5.3.6 Tinggi alur (*groove width*) 55
5.3.7 Jarak antara sisi terbawah torak dan sumbu pena 56
5.3.8 Tinggi skirt 56
5.3.9 Jarak antara boss untuk pena pelampung penuh (*full floating pin*) 57
5.3.10 Diameter pin external 57

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.4. Tinjauan kekuatan torak 57
5.4.1 Tekanan spesifik torak 57
5.4.2 Kekuatan kepala torak 59
5.4.3 Tegangan akibat perbedaan temperatur 60
5.5. Perencanaan Cincin Torak 60
5.5.1 Pemilihan cincin torak 60
5.5.2 Bahan cincin torak 61
5.5.3 Ukuran cincin torak 62
5.5.3.1 Cincin kompresi 62
5.5.3.2 Cincin pelumas 64
5.5.4 Tinjauan kekuatan cincin torak 65
5.5.4.1 Tegangan dengan asumsi beban terdistribusi merata 65
5.5.4.2 Tegangan yang terjadi ketika proses pemasangan pada torak dengan asumsi beban merata 66
5.6. Perencanaan Pena Torak 68
5.6.1 Dimensi Pena Torak 68
5.6.2 Tinjauan kekuatan pena torak 69

BAB VI PERANCANGAN BATANG PENGGERAK 72
6.1. Batang Penghubung 73
6.1.1 Pemeriksaan terhadap pelengkungan batang penggerak 73
6.1.2 Pemeriksaan gaya inersia karena gerak bolak-balik 75
6.1.3 Pemeriksaan terhadap gaya inersia transversal 78
6.2. Ujung Kecil Batang Penggerak 80
6.2.1 Dimensi ujung kecil batang penggerak 81
6.3. Ujung Besar Batang Penggerak 84
6.4. Baut kap 87

BAB VII PERANCANGAN POROS ENGKOL 91
7.1. Bahan Poros Engkol 91
7.2. Bentuk dan Ukuran Utama Poros Engkol 91

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.3. Gaya-Gaya yang Bekerja pada Poros Engkol 94
7.3.1 Gaya akibat Tekanan Gas dalam Silinder 94
7.3.2 Gaya Inersia akibat Massa yang Bergerak Bolak-Balik 100
7.3.3 Poros Engkol pada Posisi Titik Mati 105
7.3.4 Tinjauan Kekuatan ketika Engkol pada Posisi Titik Mati 108
7.3.5 Poros Engkol pada Posisi Momen Puntir Maksimum 110
7.3.6 Perencanaan Pengimbang (*counterweight*) 112

BAB VIII PERANCANGAN KOMPONEN PENDUKUNG 115
8.1 Perencanaan Katup 115
8.1.1 Perhitungan katup 116
8.2. Pemilihan Penggerak dan Perencanaan Transmisi 120
8.2.1 Pemilihan Penggerak Kompresor 120
8.2.2 Perencanaan Transmisi 122
8.2.3 Perencanaan Kopling Flens 123
8.3. Perancangan Pendinginan 127
8.3.1 Pendinginan Silinder 127
8.4. Perancangan Crankcase 137
8.5. Pelumasan 138
8.5.1 Tujuan Pelumasan 138
8.5.2 Pemilihan Pelumas 138
8.5.2.1 Pelumasan Mekanisme Engkol 139
8.5.2.2 Pelumasan Silinder 139
8.6. Perencanaan Bantalan 141
8.6.1 Pemilihan Bahan Bantalan 142
8.7. Perancangan *Pressure Vessels Storage* (Penampung Gas) 150
8.8 Pemilihan Separator 152

BAB IX PENUTUP 153
DAFTAR PUSTAKA 159
LAMPIRAN 160

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.01.	Diagram P-V dari kompresor	10
Gambar 2.02.	Proses kompresi dinyatakan dalam diagram P-V	13
Gambar 2.03.	Grafik hubungan kebutuhan daya kompresor terhadap tekanan isap	15
Gambar 2.04.	3 bank fast fill system	16
Gambar 2.05.	Time fill system	17
Gambar 2.06.	Single line fast fill system	18
Gambar 2.07.	Diverter System	18
Gambar 3.01.	Diagram P-V dari kompresor bertingkat tiga	23
Gambar 3.02.	Efisiensi Motor terhadap Beban	27
Gambar 3.03.	Susunan silinder	31
Gambar 4.01.	distribusi *Heat-loss*	48
Gambar 5.01.	Bentuk Torak	52
Gambar 5.02.	Dimensi utama torak	53
Gambar 5.03.	Dimensi cincin torak	62
Gambar 5.04.	Cincin pelumas	65
Gambar 6.01.	Bagian utama dari batang penggerak	72
Gambar 6.02.	Gambar potongan penampang batang penggerak	74
Gambar 6.03.	Ujung kecil batang penggerak	80
Gambar 6.04	Gaya-gaya pada ujung besar batang penggerak	85
Gambar 6.05.	Arah tegangan pada ulir	90
Gambar 7.01.	Poros engkol tipe *Triple-Throw*	92
Gambar 7.02.	Konstruksi poros engkol	92
Gambar 7.03.	Pembukaan katup buang	94
Gambar 7.04.	Pembukaan katup isap	96
Gambar 7.05.	Diagram indikator	97
Gambar 7.06.	Gaya akibat tekanan gas	98
Gambar 7.07.	Distribusi beban saat sudut $\alpha = 0^o$ pada arah horisontal	106
Gambar 7.08.	SFD dan BMD poros engkol pada posisi titik mati	107

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 7.09.	Distribusi beban saat sudut $\alpha = 304{,}9^{o}$ pada arah tangensial	110
Gambar 7.10.	SFD dan BMD poros engkol pada posisi momen puntir maksimum arah tangensial engkol	111
Gambar 8.01.	*Automatic ring plate valve*	116
Gambar 8.02.	Katup standar Hoebiger	117
Gambar 8.03.	Dudukan katup	118
Gambar 8.04.	Kopling flens fleksibel	123
Gambar 8.05.	Mur dan baut kopling flens luwes	126
Gambar 8.06.	Aliran panas dari gas ke air	129
Gambar 8.07.	Bentuk dan Dimensi *Cooling Fins*	133
Gambar 8.08.	Efisiensi dari *annular fins*	135
Gambar 8.10.	Hubungan antara j, ε, dan h terhadap S	145
Gambar 8.11.	Tabung penyimpanan induk dan katup pengurut	151
Gambar 8.12.	*Separator*	152

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.01.	Jumlah mobil yang mengisi pertamax	13
Tabel 2.02.	Tingkat kompresi terhadap tekanan isap	15
Tabel 5.01.	Jumlah ring yang dipilih	61
Tabel 7.01.	Hasil perhitungan gaya akibat tekanan gas	99
Tabel 7.02.	Perhitungan gaya tangensial dan gaya radial akibat gaya inersia	101
Tabel 7.03.	Resultan gaya akibat tekanan gas dan gaya inersia	102
Tabel 7.04.	Resultan gaya untuk torak tingkat I	103
Tabel 7.05.	Resultan gaya untuk torak tingkat II	104
Tabel 8.01.	Dimensi dari baut kopling flens luwes JIS B 1452	126
Tabel 8.02.	Bahan penyusun bantalan	142
Tabel 8.03.	Tekanan maksimum yang diizinkan dari bantalan	143
Tabel 8.04.	Utilitas penyimpanan	151

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas permukaan silinder
A_b	=	luas minimum penampang baut
A_{bush}	=	Luas permukaan bantalan (bush)
A_c	=	Luas permukaan permukaan dinding kepala silinder
A_{cyl}	=	Luas permukaan permukaan kepala silinder
A_{end}	=	Luas permukaan ujung kecil
A_f	=	Luas pemukaan muka radiator
A_p	=	Luas penampang torak
A_{sh}	=	luas penampang bantalan luncur
A_t	=	Luas tangkai batang penghubung
A_{tor}	=	Luas permukaan torak
A_{tot}	=	Permukaan total radiator
a	=	Penambahan tebal, Koefisien muai panjang besi cor
a_{cp}	=	Luas permukaan lengan engkol pena *crank*
a_p	=	Percepatan torak
a_{se}	=	Lebar ujung kecil
a_{sm}	=	Panjang bushing
a_{thr}	=	Luas saluran hisap
b	=	Tebal tabung silinder, lebar dudukan katup
b_{ac}	=	Kedalaman alur cincin
b_b	=	Jarak antara boss untuk pena pelampung penuh *(full floating pin)*
b_2	=	Tebal saluran air pendingin
b_c	=	Lebar tutup pangkal batang penghubung
b_{cp}	=	Lebar pipi engkol
bhp	=	Daya poros *(brake horse power)*
b_p	=	Tebal cincin, Jarak antara dua bantalan pada torak
b_{rc}	=	Tebal cincin kompresi
b_t	=	Lebar tangkai batang penghubung
c	=	*Clearance,*
C	=	Konstanta, Konstanta untuk plat rata
C_c	=	Celah antara cincin torak dan alur torak
C_E	=	Koefisien fluktuasi energi
C_h	=	Koefisien perpindahan panas
c_w	=	Panas jenis air

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

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_{bl}	=	Diameter kipas
D_{bu}	=	Diameter penuntun tangkai katup
D_{cs}	=	Diameter engkol
D_{in}	=	Diameter dalam pena
D_{end}	=	Diameter luar ujung kecil
D_{ex}	=	Diameter pena luar
D_{imp}	=	Diameter impeler pompa air
D_o	=	Diameter silinder bagian luar
D_p	=	Diameter Torak
D_s	=	Diameter tangkai katup
D_t	=	Diameter torak
D_{thr}	=	Diameter saluran hisap
D_{vi}	=	Diameter kepala katup hisap
D_{vo}	=	Diameter kepala katup buang
d	=	Diameter baut
d_1	=	diameter dalam *liner*
d_2	=	diameter luar *liner*
d_b	=	Diameter *bosses* pena torak, diameter baut
d_{cb}	=	Diameter inti baut
d_{cp}	=	Diameter luar pena engkol
d_{end}	=	diameter luar ujung kecil
d_{ex}	=	Diameter luar pena torak
d_{ib}	=	diameter dalam bantalan
d_{in}	=	Diameter dalam pena torak
d_{mj}	=	Diameter poros utama
d_{nb}	=	Diameter pengunci katup
d_{ob}	=	diameter luar bantalan
d_{op}	=	Diameter luar ujung besar
d_{sm}	=	Diameter luar ujung batang penghubung

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

E	=	Modulus elastisitas bahan
E1	=	Modulus elastisitas *liner*
E2	=	Modulus elastisitas badan silinder
E_{rod}	=	Modulus elastisitas batang
E_{bush}	=	Modulus elastisitas *bush*
F	=	Gaya total pena torak
F_{cr}	=	Beban kritis,
F_d	=	Tegangan maksimal pada kepala silinder dan baut penahan
FAR	=	*Fuel-air ratio*
F_{cy}	=	Gaya samping torak
F_h	=	Konsumsi bahan bakar per jam
F_i	=	Gaya inersia
F_{pr}	=	Gaya pemasangan awal baut
F_t	=	Gaya tengensial
F_z	=	gaya tekan maksimum pada torak
f	=	Faktor koreksi
f'	=	Faktor ketidakmerataan
f_c	=	Faktor koreksi
fhp	=	Daya gesek (*friction horsepower*)
G_f	=	Konsumsi bahan bakar
H	=	Tinggi torak, lebar tangkai batang penghubung
H_1	=	Jarak antara sisi terbawah torak dan sumbu pena
H_2	=	Tinggi *skirt*
H_b	=	Kekerasan Brinnel
H_{ch}	=	Tinggi kepala silinder
H_{sil}	=	Tinggi tabung silinder
H_s	=	Enthalpi sensibel
h	=	Tebal kepala silinder
h_1	=	Tinggi land pertama
h_2	=	Tebal total kepala katup
h_{cr}	=	Ketebalan mahkota torak (*crown*)
h_{se}	=	Tebal dinding ujung kecil
h_t	=	Tinggi kepala torak *(Top Land)*, tinggi tangkai batang penghubung
h_{web}	=	Tebal pipi engkol
l	=	Momen inersia
i	=	Jumlah baut

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

i_b	=	Jumlah bantalan, jumlah baut
ihp	=	Daya indikator *(indicator horse power)*
l_{sh}	=	momen inersia *shell*
k	=	Konstanta adiabatik
k_g	=	Jari-jari girasi
K_{bb}	=	konstanta dari hubungan kekakuan ujung kecil dan bantalan (*bush*)
L	=	Panjang langkah torak
L_p	=	Panjang torak
L_{rod}	=	panjang batang penghubung dari sumbu pena torak ke sumbu pena engkol
L_t	=	Panjang tangkai batang penghubung
L_{cen}	=	Jarak pusat antara silinder yang berdekatan
l	=	Panjang batang penghubung
l_{bl}	=	Panjang bantalan
l_{bu}	=	Panjang penuntun tangkai katup
l_{cp}	=	Panjang pena engkol
l_{cs}	=	Panjang poros engkol
l_{mj}	=	Panjang lengan engkol
l_{pb}	=	Panjang bantalan luncur (*bushing*)
l_{pp}	=	Panjang pena torak
l_{rad}	=	Lebar radiator
M	=	Berat molekul, momen lengkung
M_r	=	Berat molekul
M_b	=	Momen lengkung total
M_{max}	=	Momen lengkung maksimum
M_z	=	Momen lengkung pena engkol
$M_{\varphi oh}$	=	Momen lengkung di sekitar lubang pelumasan
$\dot{m}$	=	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_{cr}	=	Massa poros engkol
m_{cw}	=	Massa pipi engkol
m_{cwt}	=	Massa pengimbang

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

mep	=	Tekanan efektif rata-rata (*mean effective pressure*)
m	=	Jumlah tingkat kompresi
m_i	=	Jumlah udara ideal
m_p	=	Massa torak
m_p'	=	Massa torak per satuan luas penampang torak
m'$_{rod}$	=	Massa batang penghubung per satuan luas penampang
m_s	=	Jumlah udara aktual
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 pengimbang
m_{rot}	=	Berat bagian yang berotasi
N	=	Daya, Gaya normal
N_{fan}	=	Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kipas
N_{min}	=	Gaya normal minimum poros engkol
N_{max}	=	Gaya maksimum pada torak
N_R	=	Gaya sentrifugal pena engkol
N_{rod}	=	Gaya sentrifugal pada massa batang hubung
N_{Rcp}	=	Gaya sentrifugal pada pena engkol
N_{Rrod}	=	Gaya sentrifugal batang hubung
N_{Rcw}	=	Gaya sentrifugal pada *web* (pipi engkol)
N_{Rcr}	=	Gaya sentrifugal pada batang hubung
N_{Rcwt}	=	Gaya sentrifugal pada penyeimbang (*counter weight*)
N_{air}	=	Mol air
N_{ud}	=	Mol udara
N_{total}	=	Mol total
n	=	Putaran motor, konstanta politropik, angka keamanan
n_{fan}	=	Kecepatan kipas
n_u	=	Jumlah mol
n_s	=	Angka keamanan
P	=	Tekanan
P_b	=	Tekanan pembakaran
P_c	=	Tekanan pada cincin
P_{com}	=	Gaya tekan kombinasi yang terjadi

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

P_{ad}	=	Daya kompresor
P_d	=	Tekanan keluar (*discharge*)
P_g	=	Tekanan dengan sudut poros engkol
P_{ip}	=	Gaya pada pena torak saat mencapai TMA
P'_{id}	=	Gaya inersia pada satu baut
$P_{i.des}$	=	Gaya inersia
P_s	=	Tekanan masuk/isap (*suction*)
P_{sm}	=	Tekanan pada ujung kecil (*small end*)
P_x	=	Tekanan antar tingkat kompresi
p_2	=	Tegangan yang terjadi antara *liner* dengan badan silinder
$p_{2'}$	=	Tekanan dinding luar silinder akibat tekanan dari dalam silinder
p_g	=	p_g = tekanan gas dalam silinder
Q	=	Kapasitas
Q_1	=	Nilai kalor bahan bakar
Q_{des}	=	Panas yang diserap system pendingin
Q_f	=	Panas pembakaran bahan bakar
Q_m	=	Beban panas melalui dinding tabung silinder
Q_{rad}	=	Panas yang diterima radiator
Q_w	=	Jumlah panas yang diterima air pendingin
q	=	tekanan akibat pemasangan *liner*
q_N	=	tekanan spesifik
R	=	Spesifik gas konstan, Jari-jari poros engkol
R_u	=	*Universal gas constant*
R_o	=	Konstanta gas ideal
r	=	Jari-jari engkol
r_1	=	Jari – jari dalam silinder
r_2	=	Jari –jari luar silinder
r_c	=	Perbandingan Kompresi
r_{cs}	=	Jari-jari poros kam
r_d	=	Perbandingan diameter dalam dan luar pena torak
r_f	=	Fillet pada pipi engkol
r_m	=	Radius rata-rata
S	=	Jarak celah cincin
SF	=	Faktor keamanan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sfc	=	Konsumsi bahan baker spesifik *(Specific fuel consumtion)*
T	=	Torsi
T	=	Temperatur
T_a	=	Temperatur *intake manifold*
T_d	=	Temperature keluar (discharge)
T_{cp}	=	Torsi yang terjadi pada pena engkol
T_{cw}	=	Gaya puntiran yang terjadi pada pipi engkol
T_e	=	Temperatur *exhaust residual,* temperatur pembuangan
T_s	=	Temperatur masuk
T_{mj}	=	Torsi pada poros utama
T_{mean}	=	Torsi rata-rata
t	=	Tebal dinding silinder
t_1	=	Suhu lingkungan
t_2	=	Suhu dinding silinder bagian dalam
$t_{a.in}$	=	Temperatur udara pada inlet radiator
t_{aout}	=	Temperatur udara pada outlet radiator
t_{amb}	=	Temperatur udara luar
t_{be}	=	Tebal ujung besar
t_{bl}	=	Tebal bantalan ujung besar
t_g	=	Temperatur rata-rata gas
t_h	=	Tebal dinding bagian bawah kepala silinder
t_{ln}	=	Tebal silinder liner
t_{mj}	=	Tebal bantalan *main journal*
t_{pt}	=	Tebal profil batang penghubung
t_{rb}	=	tebal radial bantalan (*bush*)
t_{rc}	=	Lebar cincin kompresi
t_{rp}	=	Lebar radial cincin pelumas
t_{wj}	=	Tebal dinding saluaran air pendingin
U	=	Energi dalam sensibel
$U_{s,u}$	=	Energi dalam sensibel campuran tidak terbakar
U_u	=	Energi dalam campuran yang tidak terbakar
u	=	Kecepatan keliling kipas
V	=	Volume
V_c	=	Volume sisa (clearence)
V_{cp}	=	Volume pena engkol
V_d	=	Volume gerakan piston

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

V_{air}	=	Kecepatan sirkulasi air
V_L	=	Volume langkah torak
V_{mp}	=	Volume minyak pelumas
V_p	=	Volume langkah torak
V_{rad}	=	Volume radiator
V_s	=	Volume gas yang dihasilkan
V_w	=	Laji sirkulasi air
v	=	Volume spesifik
v_p	=	Kecepatan torak
W	=	*Section modulus*
W_c	=	Massa uap air dalam udara
$W_{tor.mj}$	=	Modulus penampang bagian *main journal*
$W_{\sigma,cp}$	=	Modulus potongan dari pena engkol untuk beban lengkung
$W_{\sigma,cw}$	=	Modulus penampang pipi engkol terhadap lengkung
$W_{\tau,cp}$	=	Modulus potongan untuk torsi
$W_{\tau cw}$	=	Modulus penampang pipi engkol terhadap torsi
W_{sc}	=	Modulus penampang *cap*
X_{ud}	=	Fraksi mol udara
X_{air}	=	Raksi mol air
Xr	=	Fraksi massa gas buang
x	=	jumlah silinder
z	=	Jumlah silinder
α	=	koefisien ekspansi
α_1	=	Koeffisien perpindahan panas dari pendingin ke logam pipa pendingin
α_2	=	Koeffisien perpindahan panas dari dinding pipa (*tube*) ke udara
α_{bush}	=	Koefisien eksponen linier material *bush*
α_{rod}	=	Koefisien eksponen linier ujung kecil
β	=	Sudut dudukan katup
ξ	=	Distribusi kerugian panas, koefisien sirip
δ_{mj}	=	diameter lubang dalam *main journal*
Δ	=	Kelonggaran antara bantalan luncur pada pena torak
Δ_c	=	Kelonggaran antara pena torak dan bantalan (bush)
Δ_{cp}	=	Kelonggaran diameter bantalan luncur
Δh	=	Perubahan enthalphy
Δt_a	=	Perbedaan temperatur udara yang melewati radiator

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Δ_{tc}	=	Peningkatan kelonggaran antara pena torak dan *bush*
Δt_f	=	Perbedaan panas udara sebelum melewati radiator
Δt_w	=	Drop temperatur air dalam radiator
$\Delta t_{w.a}$	=	Perbedaan temperatur antara air pendingin dan udara yang melewati radiator
ε	=	Perbandingan antara volume clereance dan volume perpindahan torak
θ	=	Sudut putaran poros engkol
λ	=	perbandingan radius poros engkol dan panjang langkah
μ	=	Poisson rasio
η_m	=	Efisiensi mekanis
η	=	pengurangan diameter yang diijinkan
η_{oad}	=	Efisiensi adiabatik *overall*
η_{ov}	=	efisiensi volumetris overall
η_t	=	efisiensi transmisi
η_{th}	=	Efisiensi termal daya yang digunakan untuk kerja
η_v	=	Efisiensi volumetris
ρ_1	=	Jari-jari hidung kam
ρ_{bc}	=	Jari-jari dasar kam
ρ_{rp}	=	Jari-jari lingkaran kam
ρ_w	=	Massa jenis air
φ	=	Sudut engkol
Φ	=	Kelembaban udara relatif
ϑ	=	perbandingan langkah silinder dengan diameter silinder
φ'_{fc}	=	Sudut yang dihitung dari puncak ujung keil hingga ke tangkai batang penghubung
φ_{oh}	=	Sudut lubang oli terhadap simetris poros engkol
φ_{rad}	=	Koefisien volumetrik kepadatan radiator
υ	=	volume
ω	=	Kecepatan sudut, kelembaban spesifik, kecepatan putar poros engkol
σ_b	=	Tegangan lentur, Tegangan lengkung pada pena torak
σ'_{ex}	=	Tegangan yang terjadi pada permukaan luar ujung kecil batang penghubung
σ'_{int}	=	Tegangan yang terjadi pada permukaan dalam
σ_{-1}	=	Tegangan lentur bahan
σ_d	=	Tegangan bahan yang diijinkan
$\sigma_{ex.i}$	=	Tegangan pada permukaan luar
σ_{tg}	=	Tegangan tangensial

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

$\sigma_{i,s}$	=	Tegangan tarik akibat gaya inersia
$\sigma_{int.i}$	=	Tegangan pada permukaan dalam
σ_m	=	Tegangan rata-rata
σ_{max}	=	Tegangan lengkung maksimum
σ_{min}	=	Tegangan lengkung minimum
σ_{lk}	=	Tegangan lengkung
σ_p	=	Tegangan yang tejadi ketika proses pemasangan pada torak
σ_{pp}	=	Tegangan lengkung yang terjadi pada pena torak
σ_T	=	tegangan akibat perbedaan temperatur pada kepala silinder
σ_t	=	Tegangan tarik
σ_{tr}	=	Tegangan tangensial
σ_r	=	Tegangan radial
σ_{tm}	=	Tegangan termal
σ_{tot}	=	Tegangan total
σ_y	=	Tegangan mulur
σ_v	=	Tegangan variabel
τ_{max}	=	Tegangan tangensial maksimun
τ_{min}	=	Tegangan tangensial minimum
τ_{sh}	=	Tegangan geser
τ_{-1}	=	Tegangan geser
τ_{pp}	=	Tegangan geser pada pena torak
μ	=	*Poisson ratio*
χ	=	Koefisien pengencangan bagian tutup pada batang penghubung sebesar

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN UNIT KOMPRESOR UNTUK COMPRESSED NATURAL GAS REFUELING SYSTEM
Muhammad Haekal Asy'ari, Ir. I Made Suardjaja, M.Sc. Ph.D
Universitas Gadjah Mada, 2011 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Sifat Material Logam	161
Lampiran 2.	Tabel Bahan Baut Pengikat Kepala Silinder	162
Lampiran 3.	Tabel untuk Bahan Cincin Torak	163
Lampiran 4.	Tabel untuk Bahan Poros dan Pasak	164
Lampiran 5.	Standar Ukuran Ulir	165
Lampiran 6.	Tabel Kekuatan Baut / Sekrup dan Mur	166
Lampiran 7.	Tabel Jenis Minyak Pelumas Kompresor	167
Lampiran 8.	Konstanta fisik dan bahan	168
Lampiran 9.	Cincin Torak Berdasarkan Standard Czechoslovak	169
Lampiran 10.	Standar Baja	170
Lampiran 11.	Data Valve Hoerbiger	171
Lampiran 12.	Technical data dari gas engine	172
Lampiran 13.	Sumitomo Reduction Gearbox	173