UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PENGESAHAN ii

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iii

HALAMAN MOTTO iv

HALAMAN PERSEMBAHAN v

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI viii

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xviii

DAFTAR NOTASI xix

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Pengertian Istilah 1

1.2 Penggunaan Pompa 1

1.3 Klasifikasi Pompa 2

1.3.1 Pompa Dinamik 3

1.3.2 Pompa Langkah Positif 3

BAB II POMPA TORAK 7

2.1 Definisi dan Fungsi Pompa Torak 7

2.2. Latar Belakang Penggunaan Pompa Torak 8

2.3. Penggunaan Pompa Torak 9

2.3.1 Penggunaan Dalam Bidang Perminyakan 9

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.2 Penggunaan dalam Industri Kimia 14

2.3.3 Penggunaan dalam Industri Logam dan Pertambangan 15

2.3.4 Penggunaan pada Pembangkit Tenaga Nuklir 16

2.3.5 *Water Jet Cleaning* 17

2.3.6 *Water Jet Cutting* 17

2.3.7 Pengisi Ketel 17

2.3.8 *Reverse Osmosis* 18

2.3.9 *Cryogenic Service* 18

2.3.10 *Food Service* 17

2.3.11 *Hydrostatic Testing* 19

2.3.12 Pelumasan Injeksi 19

2.3.13 Injeksi Kimia 17

BAB III TINJAUAN MASALAH 20

3.1 Latar Belakang 20

3.2 Proses Pengolahan Minyak 21

3.3 Proses pada *Water Treatment Plan* 23

3.4 Penggunaan Pompa pada WTP 25

3.5 Karakteristik Fluida 27

3.6 Variabel dalam Pemilihan Pompa 27

3.7 Pemilihan Pompa 29

3.8 Pemilihan Material Pompa 32

3.9 Pemilihan Tenaga Pengerak Pompa 33

BAB IV PRINSIP DASAR PERENCANAAN POMPA TORAK 34

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.1 Prinsip Kerja Pompa Torak 34

4.2 Karakterisitik 35

4.3 Efisiensi Volumetris 38

4.4 Efisiensi Mekanis 41

4.5 *Clearance Volume* 44

BAB V PERANCANGAN LIQUID END..... 46

5.1 Perancangan Plunger 47

5.1.1 Definisi dan Fungsi Plunger 47

5.1.2 Material Plunger 48

5.1.3 Dimensi Plunger 49

5.1.4 Kekuatan Plunger 52

5.2 Perancangan Katup 56

5.2.1 Definisi dan Fungsi Katup 56

5.2.2 Material Katup 58

5.2.3 Dimensi Pegas Katup 60

5.3 Elemen Pendukung 65

5.3.1 *Stuffing Box* 65

5.3.2 *Packing* 65

5.3.3 *Wiper Gland* 66

BAB VI PERHITUNGAN GAYA DAN MOMEN 68

6.1 Gaya pada Silinder 68

6.2 Gaya pada Batang Penghubung 68

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.2.1 Gaya pada batang penghubung Pertama 69

6.2.2 Gaya pada batang penghubung Kedua 71

6.2.3 Gaya pada batang penghubung Ketiga 73

6.3 Perhitungan Bending Moment pada Poros Engkol 75

6.3.1 Perhitungan Bending Moment akibat Beban Aksial 75

6.3.2 Perhitungan Bending Moment akibat Beban Koaksial ... 77

6.3.3 Bending Moment Resultan 79

BAB VII PERANCANGAN KOMPONEN POMPA 83

7.1 Perancangan Batang Plunger 83

7.1.1 Definisi dan Fungsi 83

7.1.2 Bahan Plunger Rod 83

7.1.3 Dimensi Plunger Rod 84

7.1.4 Perhitungan Kekuatan 84

7.2 Perancangan Kepala Silang 87

7.2.1 Definisi dan Fungsi 87

7.2.2 Material Kepala Silang dan Cross Head Shoes 88

7.2.3 Dimensi Kepala Silang dan Cross Head Shoes 88

7.2.4 Perhitungan Kekuatan Kepala Silang 89

7.3 Perancangan Pena Kepala Silang 90

7.3.1 Definisi dan Fungsi 90

7.3.2 Material Pena Kepala Silang 90

7.3.3 Dimensi Pena Kepala Silang 91

7.3.4 Perhitungan Kekuatan Pena Kepala Silang 92

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.4 Perancangan Batang Penghubung 93

7.4.1 Definisi dan Fungsi 93

7.4.2 Material Batang Penghubung 94

7.4.3 Dimensi Batang Penghubung 94

7.4.3.1 Dimensi Small End 94

7.4.3.2 Dimensi Shank 95

7.4.3.3 Dimensi Big End 95

7.4.4 Perhitungan Kekuatan Batang Penghubung 97

7.4.4.1 Perhitungan Kekuatan Small End 97

7.4.4.2 Perhitungan Kekuatan Shank 99

7.4.4.3 Perhitungan Kekuatan Big End 103

7.5 Perancangan Poros Engkol 105

7.5.1 Definisi dan Fungsi Poros Engkol 105

7.5.2 Material Poros Engkol 105

7.5.3 Dimensi Poros Engkol 106

7.5.4 Perhitungan Kekuatan Poros Engkol 107

7.5.4.1 Perhitungan Kekuatan terhadap Beban Utama 107

7.5.4.2 Perhitungan Kekuatan terdap Defleksi dan Getaran Puntir 110

BAB VIII BANTALAN UTAMA DAN LUBRIKASI 122

8.1 Bantalan Utama 122

8.1.1 Definisi dan Fungsi 122

8.1.2 Klasifikasi Bantalan 122

8.1.3 Pemilihan Bantalan Utama 123

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.1.4 Perancangan bantalan Utama 124

8.2 Pelumasan 128

8.2.1 Definisi dan Fungsi Pelumasan 128

8.2.2 Pemilihan Pelumas 129

BAB IX TRANSMISI 134

9.1 Definisi dan Fungsi Transmisi 134

9.2 Pemilihan Jenis Transmisi 134

9.3 Perancangan roda Gigi 136

9.3.1 Material Roda Gigi 136

9.3.2 Dimensi Roda Gigi 136

9.3.3 Perhitungan kekuatan Roda Gigi 143

BAB X KOMPONEN PENDUKUNG POMPA 146

10.1 Motor Listrik 146

10.1.2 Definisi dan fungsi Motor Listrik 146

10.1.2 Daya Motor 146

10.1.3 Pemilihan Motor Listrik 147

10.2 Kopling 148

10.2.1 Definisi dan Fungsi Kopling 148

10.2.2 Klasifikasi Kopling 148

10.2.3 Material Kopling 149

10.2.4 Dimensi Kopling 149

10.2.5 Perhitungan kekuatan Flens Kopling 150

10.2.6 Perhitungan Kekuatan Baut Penghubung Kopling ... 152

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.2.7 Pasak Kopling 153

10.3 *Pulsation Dampener* 156

10.4 *Heat Exchanger* 159

BAB XI GANGGUAN PADA POMPA 161

11.1 Kavitasi 162

11.1.1 NPSHA 162

11.1.2 NPSHR 164

11.2 Resonansi Pipa 164

BAB XII KARAKTERISTIK POMPA 170

12.1 Hubungan Efisiensi Mekanis dengan Selisih Tekanan .. 169

12.2 Hubungan Efisiensi Mekanis dengan Kapasitas Pompa.. 170

12.3 Hubungan antara Selisih Tekanan, Kapasitas Pompa dengan Daya Keluaran 170

BAB XIII PENUTUP 173

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Sc
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1	Klasifikasi Reciprocating Pumps	6
Gambar 3.1	Proses Pengolahan Minyak	27
Gambar 3.2	Grafik Referensi Pemilihan Pompa	30
Gambar 3.3	Grafik Referensi Pemilihan Pompa	30
Gambar 4.1	Diagram Tekanan-Volume pada Siklus Pemompaan Single Acting	34
Gambar 4.2	Efisiensi Mekanis pada Beberapa Diameter Pompa Plunger	43
Gambar 4.3	Hubungan Pressure Ratio dengan Efisiensi Mekanis	43
Gambar 4.4	Clearance Volume	45
Gambar 5.1	Liquid End dan Power End	47
Gambar 5.2	Plunger	53
Gambar 5.3	Gaya-gaya yang Bekerja pada Plunger	54
Gambar 5.4	Area Katup	58
Gambar 5.5	Diagram Goodman	64
Gambar 6.1	Mekanisme Gaya yang bekerja pada Batang Penghubung	68
Gambar 6.1a	Gaya–gaya pada Batang Penghubung Pertama	69
Gambar 6.1b	Gaya–gaya pada Batang Penghubung Kedua	73
Gambar 6.1c	Gaya–gaya pada Batang Penghubung Ketiga	74
Gambar 6.2a	Gaya aksial yang bekerja pada poros engkol	75
Gambar 6.2b	Shear Force Diagram	75
Gambar 6.2c	Bending Momen Diagram (BMD)	75
Gambar 6.3a	Gaya koaksial yang bekerja pada poros engkol	78
Gambar 6.3b	Shear Force Diagram	78
Gambar 6.3c	Bending Momen Diagram (BMD)	78
Gambar 6.4	Bending Momen Diagram Resultant (BMD)	82
Gambar 7.1	Komponen-komponen Pompa	87
Gambar 9.1	Ukuran-ukuran Utama Roda Gigi Cacing	136
Gambar 10.1	Pemilihan Jenis Motor Listrik	148
Gambar 10.2	Kopling Flens dan ukurannya	150
Gambar 10.3	Bladder type of Pulsation Dampener	160

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 12.1 [illegible] ... 171
Gambar 12.2 Grafik Hubungan Kapasitas Pompa dengan Selisih Tekanan 172
Gambar 12.3 Grafik Hubungan Kapasitas Pompa dengan Daya Keluaran 172

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 3.1	Material Pompa yang Digunakan pada berbagai Macam pH	32
Tabel 4.1	Variasi Aliran untuk berbagai Jenis Pompa	39
Tabel 5.1	Harga untuk berbagai Tipe Pompa	50
Tabel 5.2	Gauge Line Diameter	60
Tabel 9.1	Tegangan Lengkung Material Gigi	137
Tabel 9.2	Tegangan Lentur yang diijinkan	143
Tabel 9.3	Faktor Bentuk Roda Gigi Cacing	144
Tabel 10.1	Variasi Aliran Pompa	158
Tabel 11.1	Konstanta C_1	164
Tabel 11.2	Faktor Frekuensi Alami dan Koefisien untuk Sistem Perpipaan Ideal dan Tekuk	166
Tabel 11.3	Faktor Koreksi untuk Sistem Pipa Ideal	167
Tabel 12.1	Harga Selisih Tekanan, Kapasitas Keluaran Dan Daya Output pada beberapa Harga Efisiensi Mekanis	171

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Notasi

A	luas permukaan plunger; variasi aliran maksimum
A_c	luas penampang cross head extension
A_s	luas penampang shank batang penghubung
A_v	luas efektif katup
a	diameter baut; jarak titik berat plunger dengan pusat beban pada setengah lingkaran; panjang shoes cross head; dimensi shank batang penghubung; tebal batang engkol; jarak poros wheel – worm
B	diameter lubang baut pada flens; variasi aliran minimum; lebar bantalan
b	diameter lubang baut pada flens; dimensi shank batang penghubung; beban shoes kepala silang; jarak antara titik berat plunger dengan pusat reaksi pada tumpuan; lebar pasak; lebar gigi
b_e	lebar gigi efektif
b_{ma}	lebar gigi rata-rata wheel
b_1	lebar gigi worm
b_2	lebar gigi wheel; panjang busur gigi wheel
C	diameter flens; faktor koreksi terhadap konsentrasi berat; kapasitas beban dinamis;
C_1	konstanta
c	dimensi shank
D	diameter ekivalen; displacement pompa
D_e	diameter efektif laluan
D_s	diameter pegas rata-rata
D_t	diameter tumpuan
D_1	diameter besar pegas
D_2	diameter kecil pegas
d	diameter plunger
d_{a2}	diameter luar wheel
d_{cs}	diameter pena engkol
d_{f1}	diameter inti worm
d_g	diameter cross head guide
d_{f2}	diameter diameter lingkaran kaki wheel
d_i	diameter dalam bantalan smal end; diameter dalam pipa isap
d_j	diameter dalam bantalan big end
d_{k1}	diameter luar worm
d_{k2}	diameter tenggorok wheel
d_{m1}	diameter jarak bagi cacing
d_{m2}	diameter jarak bagi wheel
d_o	diameter luar pipa isap
d_{o1}	diameter pitch circle cacing
d_{o2}	diameter pitch circle wheel
d_{pr}	diameter batang plunger
d_s	diameter kawat pegas; diameter poros
d_{tb}	diameter tie bolt

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

d_w diamet
d_1 diameter dalam pena engkol
E modulus elastisitas
F gaya pada working machine; beban aksial pada bantalan; gaya tangensial permukaan poros
F_{ab} beban lentur ijin pada worm gear
F_{ac} beban permukaan gigi yang diijinkan
F_{cg} gaya pada dinding plunger
F_{cr} beban kritis Euler
F_i gaya yang diijinkan pada pegas
F_L gaya pada angkatan pegas maksimum
F_{maks} beban maksimum yang diijinkan
F_r beban radial bantalan
F_t beban tangensial pada wheel
F_z gaya maksimum
F_1 tebal flens
f frekuensi alami
f_c frekuensi operasi poros engkol
f_p frekuensi alami terkoreksi konsentrasi berat
f_{pl} frekuensi plunger
f_{tet} beban kritis Tetmajer
G modulus geser
H lead worm
h kedalaman dovetail; dimensi shank batang penghubung
I momen inertia bidang
I_x momen inertia bidang terhadap sumbu x
I_y momen inertia bidang terhadap sumbu y
i perbandingan transmisi
J momen inertia polar
J_{tot} momen inertia polar total
K radius girasi; konstanta tipe pompa
K_b faktor koreksi
K_c faktor Wahl; faktor keausan
K_γ faktor sudut kisar
k kostanta pegas
L panjang pipa total; tinggi angkat pegas
L_c panjang batang penghubung
L_e panjang ekivalen poros engkol
L_f panjang bebas pegas
L_h umur bantalan
L_L penajng rapat pegas
l jarak batang penghubung dengan bantalan utama; panjang pasak
l_a jarak bantalan maksimum
l_{cs} panjang pena engkol
l_i panjang bantalan small end
l_j panjang bantalan big end
l_p panjang plunger
l_{pr} panjang batang plunger

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP | Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

M_A momen pada tumpuan A
M_B momen pada tumpuan B
M_{maks} momen lengkung maksimum
M_T momen maksimum pada plunger
M_1 momen oleh tekanan mud
M_2 momen oleh reksi tumpuan
m modul worm
m_n modul normal worm
N komponen aksial gaya batang penghubung makismum; putaran poros engkol
N_a jumlah koil pegas aktif
N_m putaran motor
n jumlah katup keluaran; jumlah silinder
n_e jumlah baut efektif
P beban dinamis ekivalen bantalan
P_a tekanan permukaan yang diijinkan;
P_g tekanan pada cross head
P_i daya input
P_m tekanan spesifik yang diijinkan; daya motor
P_o daya keluaran pompa
p_a tekanan atmosfer; tekanan maksimum yang diijinkan
p_{ac} tekanan akibat percepatan aliran
p_{be} tekanan spesifik pada bantalan big end
p_d tekanan keluaran pompa
p_f rugi tekanan akibat gesekan pipa
p_g tekanan terukur pada tangki
p_s tekanan isap
p_{se} tekanan pada bantalan small end
p_{vp} tekanan uap jenuh
p_z tekanan akibat perbedaan elevasi
Q kapasitas pompa
q_{er} tekanan kerja spesifik plunger rod
r jari-jari poros engkol
S specific gravity
s_f faktor keamanan
s tebal babbit metal; principal stress maksimum; panjang langkah pompa
s_i besar tegangan pada F_i
s_L besar tegangan pada F_L
T torsi; total pulsation pressure ijin
t tebal dinding cross head
t_i tebal bantalan small end
t_j tebal bantalan big end
t_{pr} tebal dinding plunger
V_g volume dampener
v faktor beban aksial untuk bantalan
v_v kecepatan tangensial wheel
W momen tahanan lengkung
W_{cr} massa batang penghubung

PERANCANGAN POMPA TORAK UNTUK MENGALIRKAN MINYAK LIMBAH (SLOP OIL) PADA PROSES PEMURNIAN AIR PENGISI GENERATOR UAP
I Wayan Sadwika, Ir. Hermawan, M.Si
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

W_g massa
W_p massa plunger
W_{pr} massa plunger rod
W_1 massa kompoen yang bergerak bolak-balik
W_2 masa pena engkol
W_3 massa batang engkol
Ww berat pipa per satuan panjang
Xx faktor beban radial untuk bantalan
x_2 faktor perpindahan bentuk wheel
y faktor bentuk roda gigi
z tinggi permukaan mud pada tangki dari saluran isap
z_f faktor bentuk gigi cacing
z_{m2} faktor bentuk gigi wheel
z_1 jumlah gigi worm
z_2 jumlah gigi wheel
α sudut antara batang penghubung dengan sumbu cross head; faktor cadangan
Δp selisih tekanan; pulsation pressure
γ sudut lengkungan wheel
τ torsional stress
τ_b tegangan geser pada baut
τ_f tegangan geser pada flens
τ_k tegangan geser pada pasak
τ_m lead angle rata – rata
τ_o lead angle pitch circle worm
τ_{af} tegangan geser ijin pada flens
τ_{ak} tegangan geser ijin pada pasak
η_m efisiesi mekanis
η_t efisiensi transmisi
η_v efisiensi volumetris
μ faktor koreksi; faktor keamanan
θ defleksi puntiran; sudut rotasi engkol
ρ densitas
σ_T tegangan tarik bahan
σ_a tegangan ijin bantalan
σ_b tegangan lengkung maksimum
σ_{ba} tegangan lentur ijin permukaan wheel
σ_{tb} tegangan tarik bahan baut
σ_{tf} tegangan tarik bahan flens
σ_y tegangan luluh
ω frekuensi alami poros engkol