UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Pengertian Istilah 1
1.2 Klasifikasi Pompa 1
1.2.1 Pompa kerja positif 1
1.2.2 Pompa kerja dinamis 4
1.3 Latar Belakang Penggunaan Pompa Torak 6
1.4 Penggunaan Pompa Torak 8

BAB 2 TINJAUAN MASALAH 11
2.1 Latar Belakang 11
2.2 Sistem Sirkulasi Lumpur 15
2.3 Lumpur Pengeboran 17
2.4 Pompa Lumpur 20
2.5 Pemilihan Pompa 22

BAB 3 PRINSIP DASAR PERENCANAAN POMPA TORAK 26
3.1 Prinsip Kerja 26
3.2 Ukuran Utama Pompa 27
3.3 Perhitungan Tekanan Head Total 29
3.3.1 Kerugian head pada saluran isap 30
3.3.2 Kerugian head pada saluran tekan 33
3.3.3 Kerugian head pada sistem sirkulasi lumpur 34
3.3.4 Head statis 38
3.4 Daya Pompa 38
3.5 Tenaga Penggerak 39

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB 4 PERANCANGAN LIQUID END 41
4.1 Silinder Piston 41
4.2 Piston 45
4.3 Batang Piston 47
4.4 Katup 52
4.4.1 Perancangan pot katup 52
4.4.2 Perancangan katup isap 53
4.4.3 Perancangan pegas katup isap 55
4.4.4 Perancangan katup tekan 60
4.4.5 Perancangan pegas katup tekan 62

BAB 5 PERANCANGAN POWER END 68
5.1 Kepala Silang 68
5.1.1 Perancangan kepala silang 68
5.1.2 Perancangan batang kepala silang 69
5.2 Batang Penghubung 73
5.2.1 Perancangan batang penghubung 73
5.2.2 Ujung kecil batang penghubung 80
5.2.3 Ujung besar batang penghubung 83
5.3 Poros Engkol 87
5.3.1 Gaya inersia pada poros engkol 90
5.3.2 Gaya-gaya yang bekerja pada poros engkol 91
5.3.3 Momen lengkung aksial pada poros engkol 98
5.3.4 Momen lengkung koaksial pada poros engkol 100
5.3.5 Momen resultan 102
5.4 *Wrist Pin* 104

BAB 6 TRANSMISI 107
6.1 Sabuk-V 107
6.1.1 Perancangan sabuk-V 107

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.1.3 Perancangan puley 116
6.2 Roda Gigi 118
6.2.1 Perancangan pinion dan roda gigi besar 119
6.2.2 Perancangan lengan roda gigi 123
6.2.3 Perancangan poros pinion 126
6.2.4 Perancangan poros roda gigi besar 137
6.2.5 Perancangan pasak pada poros roda gigi besar 143

BAB 7 BANTALAN UTAMA DAN PELUMASAN 145
7.1 Bantalan 145
7.1.1 Bantalan pada poros pinion 145
7.1.2 Bantalan pada poros engkol dan poros roda gigi besar 147
7.1.3 Bantalan pada ujung besar batang penghubung 148
7.2 Pelumasan 149

BAB 8 PENUTUP 154

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Klasifikasi pompa torak 2
Gambar 1.2 Klasifikasi pompa putar 3
Gambar 1.3 Klasifikasi pompa sentrifugal 4
Gambar 1.4 Klasifikasi pompa kerja dinamis 6
Gambar 2.1 Pengeboran dengan metode *cable tool* 12
Gambar 2.2 Pengeboran putar 13
Gambar 2.3 Susunan instalasi pengeboran minyak 14
Gambar 2.4 Diagram sistem sirkulasi lumpur 16
Gambar 2.5 Pompa lumpur 20
Gambar 2.6 Power end dan fluid end 21
Gambar 2.7 Grafik referensi pemilihan pompa 23
Gambar 3.1 Diagram tekanan-volume siklus kerja pompa plunger isapan tunggal .. 26
Gambar 3.2 Diagram saluran isap pompa lumpur 30
Gambar 3.3 Grafik hubungan antara kerugian tekanan dan laju sirkulasi 33
Gambar 3.4 Diagram aliran lumpur didalam drilling pipe, collar, dan annulus 35
Gambar 4.1 Gaya tangensial dan radial pada silider berdinding tebal 41
Gambar 4.2 Dimensi batang piston dan badan piston pada pompa kerja tunggal 51
Gambar 4.3 Pot katup pada *slush pump* 53
Gambar 4.4 Dimensi katup 54
Gambar 5.1 Konstruksi kepala silang, batang kepala silang, dan batang piston 69
Gambar 5.2 Penampang tulang batang penghubung 73
Gambar 5.3 Desain ujung kecil dan ujung besar batang penghubung 80
Gambar 5.4 Distribusi beban dan tegangan pada ujung kecil batang penghubung ... 81
Gambar 5.5 Konstruksi ujung besar batang penghubung 85
Gambar 5.6 Mekanisme gaya pada poros engkol 91
Gambar 5.7 Gaya-gaya pada batang penghubung 1 93
Gambar 5.8 Gaya-gaya pada batang penghubung 2 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.10 Distribusi beban aksial pada poros engkol 98
Gambar 5.11 Diagram momen lengkung aksial pada poros engkol 100
Gambar 5.12 Distribusi beban koaksial pada poros engkol 100
Gambar 5.13 Diagram momen lengkung koaksial pada poros engkol 102
Gambar 5.14 Diagram momen resultan pada poros engkol 103
Gambar 6.1 Reduksi putaran motor pada pompa 107
Gambar 6.2 Geometri transmisi sabuk-V 108
Gambar 6.3 Penampang sabuk-v dan alur pulley 113
Gambar 6.4 Dimensi roda gigi 119
Gambar 6.5 Skema beban pada poros pinion 127
Gambar 6.6 Distribusi beban horizontal dan vertikal pada poros pinion 129
Gambar 6.7 Diagram momen lengkung horizontal pada poros pinion 130
Gambar 6.8 Diagram momen lengkung vertikal pada poros pinion 131
Gambar 6.9 Diagram momen resultan pada poros pinion 132
Gambar 6.10 Distribusi beban pada poros roda gigi besar 138
Gambar 6.11 Diagram momen lengkung horizontal pada poros roda gigi besar 139
Gambar 6.12 Diagram momen lengkung vertikal pada poros roda gigi besar 140
Gambar 6.13 Diagram momen resultan pada poros roda gigi besar 140
Gambar 7.1 Skema sistem pelumasan lift gravity 150
Gambar 7.2 Bak penampungan minyak pelumas 150

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis pompa multisilinder dan variasi aliran 24
Tabel 3.1 Perbandingan langkah piston dan diameter silinder berbagai tipe pompa 28
Tabel 3.2 Nilai efisiensi volumetris berbagai tipe pompa 29
Tabel 3.3 Nilai faktor percepatan langkah isap pompa 31
Tabel 4.1 Dimensi piston rod dan piston body pada pompa kerja tunggal (in) 51
Tabel 6.1 Dimensi sabuk-V standar (mm) 112

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI

a = tambahan tebal akibat kesalahan pengecoran dan karat (mm)

a_{cr} = panjang ujung kecil batang penghubung (in)

a_d = perepatan aliran fluida pada sisi tekan

a_p = percepatan piston

a_s = percepatan aliran fluida pada sisi isap

a_s = luas penampang sabuk (in^2)

a_{sh} = panjang sepatu kepala silang (in)

A = luas penampang piston (in^2)

A_{bush} = luas penampang bantalan (in^2)

A_{ce} = luas penampang batang kepala silang (in^2)

A_{cs} = luas permukaan sepatu kepala silang (in^2)

A_d = luas penampang melintang pipa tekan (in^2)

A_{dd} = addendum (in)

A_{end} = luas penampang ujung kecil (in^2)

A_p = luas penampang melintang piston (in^2)

A_{pr} = luas penampang batang piston (in^2)

A_s = luas penampang melintang pipa isap (in^2)

A_{shank} = luas penampang batang kepala silang (in^2)

A_v = valve through area (in^2)

b = lebar sabuk (in)

b_{gg} = tebal gigi (in)

b_{sh} = lebar sepatu kepala silang (in)

B = lebar sabuk dan alur pulley (in)

B_p = lebar puley (in)

BHP = daya pompa (daya input) (HP)

c = koefisien yang harganya tergantung pada jenis katup

c_m = kecepatan batang piston (m/s)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

C_g = *clearance* (in)

C_r = faktor reliabilitas

C_s = faktor ukuran

C_v = faktor kecepatan

d = diameter kawat pegas (in)

d_b = diameter baut (in)

d_{ce} = diameter batang kepala silang (in)

d_o = diameter luar liner (in)

d_p = diameter piston (in)

d_{pd} = diameter dalam pipa tekan (in)

d_{pr} = diameter batang piston (in)

d_{ps} = diameter dalam pipa isap (in)

d_{wp} = diameter dalam *wrist pin* (in)

D = diameter dalam silinder (in)

D_P = diameter pitch pinion (in)

D_b = diameter luar bantalan (in)

D_{dd} = dedendum (in)

D_e = diameter efektif dudukan katup (in)

D_g = diameter gauge line pada lubang (in)

D_g = diameter pitch roda gigi besar (in)

D_{gg} = diameter poros roda gigi besar (in)

D_{hub} = diameter hub pada pulley (in)

D_{hg} = diameter hub roda gigi besar (in)

D_i = diameter dalam pegas katup tekan (in)

D_i = diameter poros pada titik i (in)

D_P = diameter pitch pinion (in)

D_{p1} = diameter poros pinion terbesar (in)

D_{p2} = diameter poros pinion pada pulley (in)

D_{p3} = diameter poros dudukan bantalan (in)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

D_{wp} = diameter luar wrist pin (in)

E = modulus elasitas bahan (psi)

E_{bush} = modulus elastisitas bahan bantalan (psi)

E_{rod} = modulus elastisitas bahan ujung kecil (psi)

f = koefisien gesekan

F = gaya pada katup (lb)

F_{buck} = gaya tekuk pada batang piston (lb)

F_c = gaya yang bekerja pada pegas pada waktu katup tertutup (lb)

F_{co} = gaya yang menyebabkan terjadinya defleksi pegas (lb)

F_{cr} = gaya pada batang penghubung (lb)

F_D = gaya yang menyebabkan momen lengkung (lb)

F_{Dx} = gaya pada arah sumbu-x (lb)

F_{Dy} = gaya pada arah sumbu-y (lb)

F_{din} = beban dinamis rata-rata (lb)

F_{ek} = beban ekuivalen (lb)

F_i = gaya pada pegas saat katup tertutup (lb)

F_{in} = gaya inersia pada poros engkol (lb)

F_L = gaya pada pegas saat katup terangkat penuh (lb)

F_N = gaya normal pada liner (lb)

F_N = gaya pada pulley (lb)

F_r = beban radial yang bekerja pada bantalan (lb)

F_{wp} = gaya yang terjadi pada tumpuan *wrist pin* (lb)

FPM = kecepatan piston (FPM)

g = percepatan gravitasi (in/s^2)

G = modulus elastisitas geser (psi)

h_{fd} = rugi-rugi gesekan (psia)

h_{fs} = rugi-rugi gesekan (psia)

i = rasio kecepatan

I = momen inersia batang piston (in^4)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

I_{ce} = momen inersia batang kepala silang (in^4)

I_{xx} = momen inersia batang penghubung terhapap sumbu-x (in^4)

I_{yy} = momen inersia batang penghubung terhadap sumbu-y (in^4)

k = konstanta pegas (lb/in)

k = harga koefisien untuk bantalan

k_e = koefisien yang tergantung pada jenis belokan

k_s = konstanta untuk tebal kepala silinder

K_{bb} = suatu koefisien

K_c = faktor Wahl

K_m = faktor kombinasi shock atau fatigue untuk bending

K_t = faktor kombinasi shock dan fatigue untuk torsi

l = panjang batang piston (in)

l_b = jarak antara pusat baut (in)

l_{ce} = panjang batang kepala silang (in)

l_t = jarak antara pusat baut dengan sumbu axis bagian 2-2 (in)

L = tinggi angkat katup (in)

L_b = panjang sabuk (in)

L_{cr} = panjang batang penghubung (in)

L_{ce} = panjang ekuivalen batang kepala silang (in)

L_d = panjang pipa tekan (in)

L_e = panjang ekuivalen batang piston (in)

L_{ecr} = panjang ekuivalen batang penghubung (in)

L_f = panjang pegas bebas (in)

L_{hub} = panjang hub (in)

L_{hr} = waktu kerja bantalan (jam)

L_k = panjang pasak (in)

L_L = panjang ruang pegas (in)

L_{rev} = umur bantalan (rev)

L_s = panjang pipa isap (in)

L_s = panjang silinder (in)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

L_{wp} = jarak antar tumpuan *wrist pin* (in)

m = modul (cm)

m_b = massa sabuk (kg)

m_{cr} = massa batang penghubung (lbm)

m_{total} = massa total elemen yang bergerak bolak-balik (lbm)

M = momen (lb-in)

M_{arm} = momen lengkung maksimum pada lengan (lb-in)

M_o = momen normal pada titik $\varphi = 0^o$ (lb-in)

M_x = momen pada sumbu-x (lb-in)

M_y = momen pada sumbu-y (lb-in)

n = jumlah baut

n_p = putaran pompa (RPM)

N = faktor keamanan

N_a = jumlah koil aktif

N_g = kecepatan roda gigi besar (RPM)

N_o = gaya normal pada titik $\varphi = 0^o$ (lb)

N_p = kecepatan putar pinion (RPM)

p_c = circular pitch (in)

p_d = tekanan pada sisi tekan (psia)

p_s = tekanan pada sisi isap (psia)

p_{sl} = tekanan pada silinder (psi)

p_{td} = tekanan total (psia)

p_{td} = tekanan pada saat katup masih tertutup (mulai membuka) (psia)

P_m = daya yang ditransmisikan (HP)

POSIVA = pounds per square in of valve area

Q = kapasitas pompa (GPM)

Q_b = gaya pada seat bore (lb)

Q_c = gaya per keliling (lb)

Q_{min} = kapasitas minimum (GPM)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Q_p = kapasitas total pompa (GPM)

R = jari-jari engkol (in)

r_m = radius rata-rata (in)

r_{p1} = radius pulley penggerak (cm)

r_{p2} = radius pulley yang digerakkan (cm)

Re = Bilangan Reynolds

S = panjang langkah piston (in)

s_i = tegangan akibat F_i

s_L = tegangan akibat F_L

s_{pack} = panjang sisi penampang melintang paking (in)

SF = faktor keamanan

t = tebal sabuk (in)

t = umur pipa (tahun)

t_c = tebal cap bantalan (in)

t_{ch} = tebal dinding kepala silang (in)

t_{ds} = tebal dinding silinder (in)

t_{gg} = tinggi gigi total (in)

t_k = tebal pasak (in)

t_{ks} = tebal kepala silinder (in)

t_r = tebal *rim* pada puley (in)

t_R = tebal rim pada roda gigi besar (in)

t_w = tebal dinding ujung kecil batang penghubung (in)

T = torsi yang ditransmisikan poros (lb-in)

T_1 = tegangan pada sisi kencang (kg, lb)

T_2 = tegangan pada sisi kendor (kg, lb)

T_c = tegangan sentrifugal (kg)

T_e = momen puntir ekuivalen (lb-in)

TPF = Taper per foot on diameter

v = kecepatan keliling sabuk (m/s)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

v_s = kecepatan fluida melewati pipa isap (m/s)

V = nilai koefisien untuk bantalan

V_p = kecepatan piston (m/s)

w_{gg} = lebar gigi (in)

w_k = lebar pasak (in)

W = modulus penampang dari ujung besar batang penghubung (in^3)

W_A = beban aksial pada pinion (lb)

Wr = beban radial pada pinion (lb)

W_s = *stalling load* (lb)

W_T = beban tangensial (lb)

x = jarak sumbu

X = kedalaman seat (in)

Xr = faktor radial

y' = faktor bentuk

z = jumlah lengan

Z_E = jumlah gigi ekuivalen

Z_g = jumlah gigi roda gigi besar

Z_P = jumlah gigi pinion

α = konstanta pada pipa

α = sudut taper (°)

α_a = sudut kemiringan alur (°)

α_h = sudut helical (°)

β = sudut koefisien gesek (°)

γ = tegangan akibat torsi pada poros engkol (psi)

Δd = tebal liner (in)

ε_o = kekasaran absolut pipa baru

ε_t = kekasaran absolut pipa setelah t tahun

φ = sudut yang dibentuk oleh garis tegak lurus sabuk dengan sumbu vertikal

φ' = sudut yang ditinjau (deg)

η = shrinkage allowance

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

η_m = efisiensi pompa yaitu efisiensi mekanik pompa (%)

η_t = efisiensi transmisi (%)

η_v = efisiensi volumetris (%)

λ = perbandingan R/L_{cr}

μ = koefisien gesek bahan sabuk

ρ = massa jenis fluida kerja pompa (kg/m^3)

σ_c = kekuatan tekan maksimum (psi)

σ_{int} = tegangan sisi dalam ujung kecil batang penghubung (psi)

σ_L = tegangan pada liner (psi)

σ_{max} = tegangan maksimum akibat momen (psi)

σ_n' = ketahanan rata-rata (psi)

σ_s = kekuatan geser izin bahan (psi)

σ_{st} = tegangan statis ijin (psi)

σ_{tb} = tegangan tarik bahan baut (psi)

σ_{ti} = tegangan tarik ijin (psi)

σ_{tm} = tegangan tarik maksimum (psi)

σ_y = tegangan luluh bahan (psi)

τ_A = tegangan karena beban aksial (psi)

τ_{1-1} = tegangan geser pada bagian 1-1 (psi)

τ_{2-2} = tegangan geser pada bagian 2-2 (psi)

τ_{max} = tegangan maksimum yang terjadi pada poros engkol (psi)

τ_{max} = tegangan geser maksimum (psi)

τ_{min} = tegangan geser minimum (psi)

τ_{si} = tegangan geser ijin (psi)

τ_s = tegangan geser pada poros pinion (psi)

τ_{sp} = tegangan geser utama (psi)

ν = viskositas kinematis (m^2/s)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

θ = sudut engkol (°)

θ = sudut tekan (= 20 °)

θ_n = sudut tekan normal (°)

ψ_s = sudut pada pulley penggerak (°)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pompa Lumpur Pada Instalasi Pengeboran Minyak
Andri Prayudi , Ir. Prajitno, MT.
Universitas Gadjah Mada, 2005 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Spesifikasi Motor Penggerak

Lampiran 2 Tabel Pemilihan Pot Katup

Lampiran 3 Dimensi *Taper Valve Seat*

Lampiran 4 Diameter Kawat Pegas dan Tegangan Tarik Minimumnya

Lampiran 5 Dimensi Kepala Silang, Batang Kepala Silang, Batang Piston

Lampiran 6 Tipe-tipe Poros Engkol

Lampiran 7 Grafik Hubungan S_{BCN} dengan (Q_s / Q)

Lampiran 8 Grafik Hubungan S_{BCN} dengan $(R_p / c)f$

Lampiran 9 Grafik Hubungan S_{BCN} dengan $Q / R_p.c.n_p.L_{Bp}$

Lampiran 10 Grafik Pemilihan Minyak Pelumas

Lampiran 11 Tabel Pemilihan Usia Bantalan