

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



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 <i>Wrist Pin</i>	104
BAB 6 TRANSMISI.....	107
6.1 Sabuk-V.....	107
6.1.1 Perancangan sabuk-V	107



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

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 <i>cable tool</i>	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 <i>slush pump</i>	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



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



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

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_{-}	= kekenatan batang piston (m/s)



- 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 kedudukan 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 kedudukan bantalan (in)



- D_{wp} = diameter luar wrist pin (in)
- E = modulus elastisitas 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_{∞} = 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_{fi} = rugirugi gesekan (psia)
- h_{fs} = rugirugi gesekan (psia)
- i = rasio kecepatan
- I = momen inersia batang piston (in^4)

- I_{ce} = momen inersia batang kepala silang (in^4)
- I_{xx} = momen inersia batang penghubung terhadap 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 = panjang silinder (in)



- 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 $\phi = 0^\circ$ (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 $\phi = 0^\circ$ (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)



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 <i>rim</i> 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 kancang (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)



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)
W_R	= beban radial pada pinion (lb)
W_s	= <i>stalling load</i> (lb)
W_T	= beban tangensial (lb)
x	= jarak sumbu
X	= kedalaman seat (in)
X_r	= 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 ($^\circ$)
α_a	= sudut kemiringan alur ($^\circ$)
α_h	= sudut helical ($^\circ$)
β	= sudut koefisien gesek ($^\circ$)
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)
n	= shrinkage allowance



- 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)



θ = sudut engkol (°)

θ = sudut tekan (= 20 °)

θ_n = sudut tekan normal (°)

ψ_s = sudut pada pulley penggerak (°)

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 $Q / R_p \cdot c \cdot n_p \cdot L_{Bp}$
- Lampiran 10 Grafik Pemilihan Minyak Pelumas
- Lampiran 11 Tabel Pemilihan Usia Bantalan