

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
MOTTO	
LEMBAR PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	i
HALAMAN SOAL	iii
INTISARI	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Mengenal pompa dan penggunaannya	1
1.2. Jenis-jenis pompa	2
1.2.1. Pompa kerja positif (positive displacement pump)	2
1.2.2. Pompa kerja dinamis	6
BAB II TINJAUAN MASALAH	12
2.1. Latar belakang masalah	12
2.2. Kondisi air isian	16
2.3. Data-data perencanaan	18
2.3.1. Spesifikasi kerja mesin <i>reverse osmosis</i>	18



2.3.2. Instalasi pemipaan	18
2.4. Kapasitas total dan head total pompa	20
2.4.1. Kapasitas total pompa	20
2.4.2. Head total pompa	21
2.4.2.1. Head statis	21
2.4.2.2. Head dinamis	23
2.5. Pemilihan jenis pompa	28
2.6. Menentukan jumlah tingkat	29
2.7. Pemilihan penggerak mula pompa	32
2.8. Daya input pompa	36

BAB III PERANCANGAN IMPELER

3.1. Kecepatan Spesifik dan Type Impeler	39
3.1.1. Kecepatan Spesifik	39
3.1.1.1. Kecepatan Spesifik Kinematik	40
3.1.1.2. Kecepatan Spesifik Dinamik	41
3.1.1.3. Bilangan Bentuk	41
3.2. Pemilihan Tipe Impeler	42
3.3. Dimensi Impeler	46
3.3.1. Diameter Poros	46
3.3.2. Diameter Sisi Masuk	50
3.3.3. Sudut Sisi Masuk (β_1)	55
3.3.4. Lebar Sisi Masuk Impeler	57
3.3.5. Diameter Sisi Keluar Impeler	59



3.3.6. Lebar Sisi Keluar Impeler	62
3.3.7. Koreksi Terhadap $1 + C_p$	64
3.3.8. Koreksi Terhadap Jumlah Sudu	65
3.3.9. Lebar Impeler Untuk Tiap Titik	66
3.4. Segitiga Kecepatan	67
3.4.1. Segitiga Kecepatan Sisi Masuk Impeler	67
3.4.2. Segitiga Kecepatan Sisi Keluar Impeler	68
3.5. Perancangan Sudu Impeler	72
3.6. Pemeriksaan Ulang Kekuatan Impeler	75
3.7. Rangkuman Hasil Perhitungan Impeler	78
BAB IV SALURAN MASUK DAN SALURAN KELUAR	84
4.1. Saluran Masuk	84
4.2. Saluran Keluar	86
4.2.1. Difuser	86
4.2.1.1. Sudu Cincin Difuser	87
4.2.2. Sudu Pengarah Balik	94
4.3. Perhitungan Kekuatan Casing	100
BAB V PERANCANGAN POROS	101
5.1. Gaya Aksial dan Gaya Radial	101
5.1.1. Gaya Aksial	101
5.1.1.1. Perhitungan Gaya Aksial	105
5.1.1.2. Perhitungan Dimensi Celah dan Cakram	107
5.1.2. Gaya Radial	112



5.1.2.1. Perhitungan Berat Impeler	113
5.1.2.2. Perhitungan Berat Cakram	119
5.1.2.3. Perhitungan Berat Kopling	120
5.2. Konstruksi Poros	121
5.3. Pemeriksaan Kekuatan poros	124
5.3.1. Pemeriksaan Terhadap Tegangan Geser	132
5.3.2. Pemeriksaan Terhadap Defleksi	133
5.3.2.1. Pemeriksaan terhadap Defleksi Puntiran	133
5.3.2.2. Defleksi Lengkung Poros	135
5.3.3. Kecepatan Kritis Poros	139
5.3.4. Pemeriksaan Terhadap Pengaruh Konsentrasi Tegangan	141
5.3.4.1. Pemeriksaan Konsentrasi Tegangan pada Poros Tempat Impeler	141
5.3.4.2. Pemeriksaan Konsentrasi Tegangan pada Poros Tempat Kopling	145
BAB VI BANTALAN DAN KOMPONEN PENDUKUNG	148
6.1. Bantalan	148
6.1.1. Bantalan Kanan	150
6.1.2. Bantalan Kiri	152
6.1.3. Pelumasan Bantalan	153
6.2. Stuffing Box	154
6.3. Kopling	155
6.3.1. Pemeriksaan Kopling	158



6.3.2. Pemeriksaan terhadap Baut Pengikat Kopling	160
6.4. Pasak	161
6.4.1. Pasak pada Impeler dan Cakram Pengimbang	162
6.4.2. Pasak pada Kopling	165
BAB VII EFISIENSI DAN KAVITASI	169
7.1. Efisiensi	169
7.1.1. Efisiensi Volumetris	169
7.1.2. Efisiensi Hidrolis	170
7.1.3. Efisiensi Mekanis	171
7.2. Kavitasi	173
7.2.1. NPSH (<i>Net Positive Suction Head</i>)	175
7.2.1.1. NPSH yang Dibutuhkan	176
7.2.1.2. NPSH yang Tersedia	178
7.2.2. Pencegahan Kavitasi	179
BAB VIII KARAKTERISTIK POMPA	180
8.1. Hubungan Head dengan Kapasitas Pompa	180
8.1.1. Head Euler dengan Kapasitas Pompa	180
8.1.2. Head Teoritis dengan Kapasitas	181
8.1.3. Head Aktual dengan Kapasitas	182
8.2. Hubungan Head Sistem dengan Kapasitas	186
8.3. Hubungan Efisiensi dengan Kapasitas Pompa	190
BAB IX PENUTUP	195
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil perhitungan efisiensi pompa dalam berbagai tingkat	31
Tabel 2.2	Kecepatan putar sinkron motor listrik induksi	35
Tabel 2.3	Besar daya cadangan yang harus diberikan berdasar daya yang dibutuhkan	37
Tabel 3.1	Pemilihan jenis impeler berdasarkan kecepatan spesifik	44
Tabel 3.2	Harga β dan θ dalam berbagai titik	79
Tabel 3.3	Lebar laluan (b) untuk setiap titik	81
Tabel 5.1	Perhitungan harga k_t	134
Tabel 5.2	Perhitungan defleksi lengkungan	137
Tabel 5.3	Hasil perhitungan kecepatan kritis	140
Tabel 6.1	Umur perencanaan bantalan yang disarankan	150
Tabel 8.1	Hasil perhitungan head Euler, head teoritis, dan head aktual pada berbagai kapasitas pompa	186
Tabel 8.2	Perhitungan head sistem dalam berbagai kapasitas	189
Tabel 8.3	Perhitungan efisiensi pompa dalam berbagai kapasitas	193

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram alir pemurnian air	13
Gambar 2.2	Instalasi pemipaan mesin <i>reverse osmosis</i>	19
Gambar 2.3	Grafik daerah operasi berbagai jenis pompa	29
Gambar 2.4	Grafik efisiensi pompa sebagai fungsi kapasitas dan <i>specific speed</i>	31
Gambar 3.1	Grafik untuk menentukan efisiensi volumetris pompa	51
Gambar 3.2	Grafik koefisien kecepatan K_{cm1} dan K_{cm2} terhadap kecepatan spesifik	52
Gambar 3.3	Profil impeler pompa sentrifugal	55
Gambar 3.4	Bentuk sudu sisi inlet	58
Gambar 3.5	Grafik untuk menentukan sudut sudu sisi keluar impeler	60
Gambar 3.6	Grafik untuk menentukan efisiensi hidrolis pompa	61
Gambar 3.7	Sudu sisi outlet	63
Gambar 3.8	Segitiga kecepatan sisi inlet	67
Gambar 3.9	Segitiga kecepatan sisi outlet	68
Gambar 3.10	Bentuk laluan impeler. Sudut inlet β_1 , sudut outlet β_2 , serta Jumlah blade sama untuk semua impeler	72
Gambar 3.11	Metode <i>point by point</i> untuk menggambar sudu	73
Gambar 3.12	Desain sudu impeler	80
Gambar 3.13	Sudu hasil perancangan	82



Gambar 3.14	Grafik variasi Cm dan w terhadap jari-jari	83
Gambar 4.1	Saluran masuk lurus	84
Gambar 4.2	Saluran masuk melengkung	85
Gambar 4.3	Saluran masuk tipe konsentris	85
Gambar 4.4	Saluran masuk volut dengan hisapan ganda	86
Gambar 4.5	Grafik hubungan $K_{cv} = f(n_s)$ dan $\frac{d_3 - d_2}{d_2} = f(n_s)$	91
Gambar 4.6	Pengaruh jumlah sudu yang terbatas pada distribusi kecepatan pada outlet difuser ring	94
Gambar 5.1	Gaya geser aksial	101
Gambar 5.2	Cakram penyeimbang gaya aksial	104
Gambar 5.3	Penampang impeler	118
Gambar 5.4	Cakram pengimbang	119
Gambar 5.5	Penampang flens koping luwes	120
Gambar 5.6	Konstruksi poros	122
Gambar 5.7	Diagram gaya-gaya yang bekerja pada poros	125
Gambar 5.8	Titik-titik pada poros yang akan dihitung defleksinya	136
Gambar 5.9	Grafik faktor konsentrasi tegangan β untuk poros bertingkat	142
Gambar 5.10	Grafik faktor konsentrasi tegangan α untuk poros bulat beralur pasak	143
Gambar 6.1	Bantalan bola	148
Gambar 6.2	Stuffing box dengan <i>lantern-ring</i>	154



Gambar 6.3	Kopling flens luwes	157
Gambar 6.4	Geseran pada flens	158
Gambar 6.5	Gaya geser pada pasak	162
Gambar 7.1	Grafik hubungan antara kecepatan spesifik, efisiensi Hidrolis, serta koefisien kavitasi Thoma	177
Gambar 8.1	Kerugian-kerugian hidrolis	183
Gambar 8.2	Grafik hubungan antara kapasitas pompa (Q) dengan head pompa (H)	194
Gambar 8.3	Grafik hubungan antara kapasitas pompa (Q) dengan efisiensi (η)	194



DAFTAR SIMBOL

- A = luas penampang aliran dalam pipa (m^2)
- A_h = luas penampang *impeller hub* (m^2)
- A_o = luas penampang *impeller eye* (m^2)
- A_1 = luas penampang sisi masuk impeler (m^2)
- BHP = daya kuda rem (HP)
- b = lebar sudu (m)
- b_1 = lebar sisi masuk impeler
- b_3 = lebar sisi masuk olut (mm)
- b_m = lebar sudu rata-rata (mm)
- C = kapasitas beban dinamis (Newton)
- C_3 = kecepatan rata-rata di dalam volut (m/s)
- C_b = faktor koreksi beban lentur
- C_m = kecepatan meridional (m/s)
- C_0 = kecepatan aksial (m/s)
- C_p = *Pfleiderer's correction*
- C_u = komponen tangensial dari kecepatan absolut (m/s)
- c_{dr} = kecepatan rata-rata fluida di sisi tekan (m/s)
- C_m = kecepatan meredian (m/s)
- c_{sr} = kecepatan rata-rata fluida di sisi isap (m/s)
- D = diameter pipa (m)
- d = diameter impeler (m)



- d_h = diameter *impeller hub* (m)
- d_{sh} = diameter poros (cm)
- d_0 = diameter inlet impeler (m)
- d_1 = diameter ujung sisi masuk impeler (m)
- F = gaya tangensial (kg)
- F_a = beban aksial (kg)
- FHP = daya kuda fluida (HP)
- F_r = beban radial (kg)
- f = koefisien gesek
- G = modulus geser (kg/cm^2)
- g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
- H = head total pompa (m)
- H_{act} = head aktual (m)
- H_d = head dinamis (m)
- H_{eq} = head kerugian pada peralatan-peralatan lain (m)
- HP_{DF} = daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi gesekan pada impeler (HP)
- HP_H = daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kebocoran (HP)
- HP_L = daya kuda yang digunakan untuk mengatasi kebocoran (HP)
- HP_M = daya kuda yang digunakan untuk mengatasi kerugian mekanis (HP)
- H_p = head pompa (m)
- H_{st} = head statis (m)
- H_{th} = head teoritis (m)
- H_{thco} = head Euler (m)



H_z = perbedaan tinggi muka air antara sisi isap dan sisi tekan (m)

h_{fs} = head kerugian pada pipa lurus (m)

h_m = head kerugian kecil (m)

h_h = kerugian-kerugian hidrolis pada pompa (m)

h_s = rugi-rugi turbulensi (m)

I = momen inersia (cm^4)

J = momen inersia polar (cm^4)

K_{cm} = koefisien kecepatan

K_t = faktor koreksi beban kejut

k = koefisien kerugian head

l = panjang pipa (m)

M = momen lengkung (kg/cm^2)

$NPSH_A$ = NPSH yang tersedia (m)

$NPSH_R$ = NPSH yang diperlukan (m)

n = kecepatan putar poros (rpm)

n_{cr} = kecepatan kritis (rpm)

n_{sf} = bilangan bentuk

n_{sp} = kecepatan spesifik dinamik

n_{sq} = kecepatan spesifik kinematik

P = daya penggerak (HP)

P = beban ekivalen (kg)

P_{dr} = tekanan pada *delivery reservoir* (psi)

P_{sh} = daya poros pompa (HP)



- P_{sr} = tekanan pada reservoir isap (psi)
- Q = kapasitas pompa (m^3/s)
- Q' = kapasitas aliran melalui impeler (m^3/s)
- Q_s = kapasitas pompa tanpa adanya *shock losses* (m^3/s)
- Re = bilangan Reynold
- S = tebal sudu (mm)
- S_f = faktor keamanan
- S_u = tebal sudu dalam arah keliling (mm)
- s.g. = berat jenis spesifik fluida yang dipompa
- T = momen torsi (kg mm)
- t_1 = panjang lingkaran antar sudu (m)
- u = kecepatan keliling (m/s)
- V = kecepatan aliran (m/s)
- V_d = kecepatan keluar (m/s)
- V_{sudu} = volume sudu (mm^3)
- W = berat impeler (kg)
- z = jumlah sudu
- ν = viskositas kinematis (m^2/s)
- γ = berat jenis fluida (kN/m^3)
- θ = defleksi puntiran (rad)
- ε = faktor penyempitan
- η_t = efisiensi total pompa
- η_v = efisiensi volumetris pompa



- η_h = efisiensi hidrolis pompa
- η_m = efisiensi mekanis
- τ = tegangan geser (kg/mm^2)
- σ = kekuatan tarik (kg/cm^2)
- σ = koefisien kavitasi Thoma
- β = sudut sudu ($^\circ$)
- φ = koefisien penyempitan
- ϑ = sudut overlap
- μ = faktor slip