

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
MOTTO	
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR	i
INTISARI	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Pemasalahan	2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Perancangan	2
1.5. Manfaat Perancangan	3
BAB II TINJAUAN MASALAH	4
2.1. Kondisi Kerja	4
2.2. Kondisi Fluida	4
2.3. Head dan Kapasitas	6
2.3.1. Menentukan Diameter Pipa Isap dan Pipa Tekan	7
2.3.2. Instalasi Pompa	8
2.3.3. Kerugian pada Pipa Isap	8
2.3.4. Kerugian pada Pipa Tekan	11

2.3.5. Head Total dan Kapasitas Pompa	13
2.4. Pemilihan Pompa	16
2.5. Pemilihan Putaran Pompa	19
2.6. Pemilihan Jumlah Tingkat	21
2.7. Kecepatan Spesifik	23
2.8. Daya Input Pompa	25
2.9. Pemilihan Penggerak Pompa	26

BAB III PERENCANAAN IMPELER	29
3.1. Pemilihan Bentuk Impeler	29
3.2. Poros Impeler	32
3.3. Perhitungan Impeler	35
3.3.1. Diameter Sisi Masuk Impeler	36
3.3.2. Diameter Sisi Keluar Impeler	38
3.3.3. Lebar Sisi Keluar Impeler	40
3.3.4. Penggambaran Garis Alir dan Ujung Masuk Sudu	42
3.3.5. Perhitungan Sudut β_1 untuk Garis Alir A1-A2	46
3.3.6. Pemeriksaan terhadap Jumlah Sudu (z)	46
3.3.7. Pemeriksaan terhadap Koefisien Kontraksi (φ_1)	48
3.3.8. Pemeriksaan terhadap Koefisien <i>Pfleiderer</i> (C_p)	48
3.3.9. Perhitungan Sudut β_1' untuk Garis Alir B1B2 dan C1C2	49
3.3.10. Segitiga Kecepatan pada Sisi Masuk	50
3.3.11. Segitiga Kecepatan pada Sisi Keluar	51
3.3.12. Menggambar Sudu Impeler	53
3.3.13. Menghitung Kekuatan Impeler	58

BAB IV PERENCANAAN SALURAN MASUK DAN RUMAH POMPA	61
4.1. Saluran Masuk	61
4.2. Rumah Pompa	64

4.2.1.	Bentuk Volute	65
4.2.2.	Perhitungan Volute	65
4.2.2.1.	Jarak antara Impeler dan Lidah Volute	67
4.2.2.2.	Lebar Volute pada Sisi Masuk	69
4.2.2.3.	Jari-jari Penampang Volute dan Jari-jari Volute	70
4.2.2.4.	Sudut Lidah Volute	72
4.2.2.5.	Tebal Volute	73
4.2.2.6.	Diameter Flens Saluran Keluar	74
BAB V POROS DAN PASAK		78
5.1.	Perencanaan Poros	78
5.1.1.	Gaya Aksial	78
5.1.2.	Gaya Radial	78
5.1.2.1.	Gaya Radial Dinamis	78
5.1.2.2.	Gaya Radial Statis	80
5.1.3.	Konstruksi Poros	81
5.1.4.	Berat Poros	81
5.1.5.	Pemeriksaan Kekuatan Poros	82
5.1.6.	Pemeriksaan terhadap Tegangan Geser	85
5.1.7.	Pemeriksaan terhadap Defleksi	86
5.1.7.1.	Defleksi Lengkungan	86
5.1.7.2.	Defleksi Puntiran	88
5.1.8.	Pemeriksaan terhadap Putaran Kritis	89
5.1.9.	Pemeriksaan terhadap Konsentrasi Tegangan	90
5.2.	Perencanaan Pasak	93
5.2.1.	Pasak antara Poros dan Impeler	93
5.2.2.	Pasak antara Poros dan Kopling	96
BAB VI KOMPONEN PELENGKAP		98
6.1.	Bantalan	98

6.1.2.	Bantalan <i>Inboard</i>	99
6.1.3.	Bantalan <i>Outboard</i>	101
6.1.4.	Pelumasan Bantalan	101
6.1.5.	<i>Locknut</i> pada Bantalan	102
6.2.	Kopling	103
6.2.1.	Kekuatan Kopling Flens	105
6.2.2.	Baut Pengikat Kopling Flens	107
6.3.	<i>Stuffing Box</i>	108
6.4.	Pelapis Poros (<i>Shaft Sleeve</i>)	109
BAB VII EFISIENSI, KAVITASI DAN KARAKTERISTIK POMPA		110
7.1.	Efisiensi	110
7.1.1.	Efisiensi Volumetris	110
7.1.2.	Efisiensi Hidrolis	111
7.1.3.	Efisiensi Mekanis	112
7.1.4.	Efisiensi Total atau <i>Overall Efficiency</i>	113
7.2.	Kavitasi	113
7.2.1.	Pengaruh Kavitasi	113
7.2.2.	Pemeriksaan terhadap Kavitasi	114
7.2.3.	Menghitung $NPSH_A$	115
7.2.4.	Menghitung $NPSH_R$	116
7.2.5.	Kesimpulan	116
7.3.	Karakteristik Pompa	116
7.3.1.	Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head	116
7.3.1.1.	Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Euler	116
7.3.1.2.	Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Teoritis	117
7.3.1.3.	Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Aktual	117
7.3.2.	Hubungan Kapasitas Pompa dengan Efisiensi	119
7.3.3.	Hubungan Kapasitas Pompa dengan Head Sistem	120
7.4.	Tabel Hasil Perhitungan	122

7.4.2. Hubungan Kapasitas Aliran dengan Head Aktual dan Head Sistem	123
7.4.3. Hubungan Kapasitas Aliran dengan Efisiensi Pompa	124
7.4.4. Hubungan Kapasitas Aliran dengan Daya Poros Pompa	125
BAB VIII PENUTUP	128
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN	ix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Moody untuk mencari nilai f	11
Gambar 2.2. Diagram koreksi untuk fluida kental berkapasitas besar	15
Gambar 2.3. Grafik pemilihan jenis pompa	18
Gambar 2.4. Grafik penentuan jenis <i>suction</i> berdasarkan besar head dan kapasitas pada pompa sentrifugal	19
Gambar 2.5. Grafik penentuan η berdasarkan n_s dan Q	21
Gambar 2.6. Grafik karakteristik motor listrik	27
Gambar 3.1. Penentuan jenis impeler berdasarkan nilai kecepatan spesifik	30
Gambar 3.2. Profil impeler <i>double curvature</i> dan segitiga kecepataannya	31
Gambar 3.3. Ukuran utama impeler	32
Gambar 3.4. Grafik penentuan efisiensi volumetris	35
Gambar 3.5. Hubungan antara K_{cm1} dan K_{cm2} dengan n_{sQ}	37
Gambar 3.6. Grafik penentuan efisiensi hidrolis	40
Gambar 3.7. Gambar awal impeler	43
Gambar 3.8. Penggambaran garis alir	43
Gambar 3.9. Penggambaran garis alir rancangan	44
Gambar 3.10. Rancangan tip impeler	45
Gambar 3.11. Pembagian segmen dan jari-jari Δs	47
Gambar 3.12. Segitiga kecepatan pada sisi masuk	51
Gambar 3.13. Segitiga kecepatan pada sisi keluar	52
Gambar 3.14. Grafik hubungan r terhadap cm , w dan sudut β garis A1A2	55
Gambar 3.15. Grafik hubungan r terhadap cm , w dan sudut β garis B1B2	56
Gambar 3.16. Grafik hubungan r terhadap cm , w dan sudut β garis C1C2	57
Gambar 3.17. Rancangan kelengkungan sudu impeler	57
Gambar 4.1. Saluran masuk lurus atau miring	61
Gambar 4.2. Saluran masuk melengkung dan mengecil	62
Gambar 4.3. Saluran masuk konsentris	62

Gambar 4.5. Saluran masuk <i>volute</i>	63
Gambar 4.6. Saluran masuk yang dirancang	64
Gambar 4.7. Jenis penampang <i>volute</i>	65
Gambar 4.8. Grafik hubungan K_{cv} dan $\frac{d_3 - d_2}{d_2}$ dengan kecepatan spesifik	66
Gambar 4.9. Bentuk rumah <i>volute</i>	68
Gambar 4.10. Penampang <i>volute</i>	73
Gambar 4.11. Bentuk keluaran rumah <i>volute</i>	75
Gambar 4.12. Sudut tirus saluran keluar δ	76
Gambar 4.13. Hubungan antara δ dan kecepatan c_v	76
Gambar 4.14. Rumah <i>volute</i> yang dirancang	77
Gambar 5.1. Grafik hubungan n_{sf} dan Q terhadap K_r	79
Gambar 5.2. Konstruksi poros yang direncanakan	81
Gambar 5.3. Gaya-gaya yang bekerja pada poros	82
Gambar 5.4. Momen lengkung pada poros	85
Gambar 5.5. Luasan momen untuk mencari defleksi	86
Gambar 5.6. Faktor konsentrasi tegangan akibat poros bertingkat	91
Gambar 5.7. Faktor konsentrasi tegangan akibat pasak	92
Gambar 5.8. Penampang pasak dan alur pasak	94
Gambar 6.1. Ukuran utama bantalan bola baris tunggal alur dalam	101
Gambar 6.2. <i>Locknut</i>	103
Gambar 6.3. Kopling flens luwes	105
Gambar 6.4. Daerah geseran pada flens	105
Gambar 6.5. <i>Gland</i>	109
Gambar 7.1. Grafik hubungan antara kapasitas aliran dengan head pompa	126
Gambar 7.2. Grafik hubungan antara kapasitas aliran dengan head aktual dan head sistem	126
Gambar 7.3. Grafik hubungan Kapasitas Aliran dengan efisiensi pompa	127
Gambar 7.4. Grafik hubungan kapasitas aliran dengan daya pompa	127

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat-sifat bubur kertas	6
Tabel 2.2. Panjang ekivalen elemen-elemen pada perpipaan sisi isap	10
Tabel 2.3. Panjang ekivalen elemen-elemen pada perpipaan sisi tekan	12
Tabel 2.4. Putaran sinkron motor listrik	20
Tabel 2.5. Efisiensi pompa pada putaran 1450 rpm	22
Tabel 2.6. Efisiensi pompa pada putaran 975 rpm	22
Tabel 2.7. Penentuan besarnya daya cadangan	26
Tabel 3.1. Perhitungan sudut sentral untuk garis alir A1A2	54
Tabel 3.2. Perhitungan sudut sentral untuk garis alir B1B2	55
Tabel 3.3. Perhitungan sudut sentral untuk garis alir C1C2	56
Tabel 3.4. Perpaduan logam yang harus dihindari dalam pemilihan bahan	58
Tabel 4.1. Perhitungan A_v dan r_v pada berbagai sudut sentral	71
Tabel 4.2. Perhitungan r_v dengan kecepatan rata-rata aliran konstan pada berbagai sudut sentral	72
Tabel 5.1. Hasil perhitungan volume dan berat poros	82
Tabel 5.2. Hasil perhitungan luasan	87
Tabel 5.3. Hasil perhitungan defleksi puntiran	89
Tabel 5.4. Hasil perhitungan kecepatan kritis poros	90
Tabel 5.5. Ukuran pasak dan alur pasak	94
Tabel 6.1. Harga faktor keandalan a_1	100
Tabel 6.2. Harga batas $d.n$	102
Tabel 7.1. Hubungan antara kapasitas dengan head	122
Tabel 7.2. Hubungan kapasitas aliran dengan head aktual dan head sistem	123
Tabel 7.3. Hubungan kapasitas aliran dengan efisiensi pompa	124
Tabel 7.4. Hubungan kapasitas aliran dengan daya poros pompa	125

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Ukuran Baut dan Mur
- Lampiran 2. Tabel Properties Beberapa Besi Tuang
- Lampiran 3. Tabel Properties Paduan Besi pada Temperatur Kamar
- Lampiran 4. Tabel Properties Beberapa Paduan *Stainless Steel*
- Lampiran 5. Ukuran Flens
- Lampiran 6. Ukuran Kopleng Flens Luwes dan Bautnya
- Lampiran 7. Ukuran Bantalan
- Lampiran 8. Ukuran *Locknut*
- Lampiran 9. Tabel Properties Air
- Lampiran 10. Tahanan dari Katup dan Alat Penyambung dari Aliran Cairan
- Lampiran 11. Tabel Properties Dasar dari Pipa Komersial
- Lampiran 12. Gambar Instalasi Pompa

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- u = kecepatan suatu titik pada impeler tersebut relatif terhadap tanah (m/s)
- w = kecepatan partikel fluida relatif terhadap impeler (m/s)
- c = kecepatan absolut partikel fluida yang mengalir melalui impeler relatif terhadap tanah (m/s)
- α = sudut antara c dan u (°)
- β = sudut antara w dan perpanjangan u (°)
- \dot{m} = laju aliran massa fluida (kg/s)
- P = daya (Watt)
- ω = kecepatan sudut (rad/s)
- H_{th} = head teoritis pompa (m)
- γ = berat jenis fluida (N/m³)
- g = percepatan gravitasi = 9,81 m/s²
- n = kecepatan putar poros pompa (rpm)
- Q = kapasitas pompa [SI \rightarrow (m³/s), British \rightarrow (gpm)]
- H = tinggi tekan pompa [SI \rightarrow (m), British \rightarrow (ft)]
- n_{sq} = kecepatan spesifik kinematik (rpm,)
- n_{sp} = kecepatan spesifik dinamik (rpm)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
- n_{sf} = bilangan bentuk
- P_{sh} = daya poros yang dibutuhkan pompa (Watt)
- η_t = efisiensi total pompa
- σ_u = kekuatan tarik material (MPa)
- σ_y = batas elastis (ksi atau MPa)
- τ_a = tegangan geser poros yang diijinkan (MPa)
- K_t = faktor koreksi momen puntir jika terjadi tumbukan / kejutan
- C_b = faktor koreksi jika terjadi pembebanan lentur.

- d_h = diameter untuk *hub* depan impeler (mm)
- d_h' = diameter untuk *hub* belakang impeler (mm)
- K_{cm1} = koefisien kecepatan pada sisi masuk impeler
- c_{m1} = kecepatan meridian fluida (m/s)
- ϕ_1 = koefisien penyempitan (*constriction coefficient*) pada sisi masuk
- A_o = luas penampang sisi masuk impeler (m^2)
- c_o = kecepatan fluida masuk impeler (m/s)
- A_o' = luas penampang masuk total (m^2)
- d_o = diameter impeler pada sisi masuk (mm)
- H_{th} = tinggi tekan teoritis untuk impeler dengan jumlah sudu terbatas (m)
- c_{m2} = kecepatan meridian pada sisi keluar (m/s)
- β_2 = sudut sisi keluar
- C_p = koefisien Pfliderer untuk impeler dengan jumlah sudu terbatas
- H = head pompa per tingkat (m)
- η_h = efisiensi hidrolis
- d_2 = diameter sisi keluar impeler (m)
- A_2 = luas penampang sisi keluar impeler yang telah dikoreksi
- A_v = luas penampang *volute*
- A_{thr} = luas enampang leher *volute*
- ϕ_2 = koefisien kontraksi pada sisi keluar impeler
- ϕ_t = sudut lidah *volute*
- Q' = kapasitas fluida yang melewati impeler
- t_2 = lebar *pitch* pada sisi keluar sudu (mm)
- s_{u2} = ketebalan sudu pada sisi keluar dalam arah keliling (mm)
- z = jumlah sudu
- d_2 = diameter sisi keluar impeler (mm)
- s_{u1} = tebal sudu pada sisi masuk dalam arah keliling (mm)
- s_2 = tebal sudu pada sisi keluar impeler (mm)

- e = panjang garis alir tengah (A1A2) (mm)
- s_1 = tebal sudu pada sisi *inlet* (mm)
- t_1 = lebar *pitch* pada sisi masuk impeler (mm)
- λ'_1 = sudut antara *tip* dengan garis alir A1A2 (°)
- r_2 = jari-jari lingkaran terluar impeler (mm)
- ψ' = koefisien untuk menentukan C_p
- u_{1A} = kecepatan tangensial sudu pada titik A1 (m/s)
- u_{1B} = kecepatan tangensial sudu pada titik B1 (m/s)
- u_{1C} = kecepatan tangensial sudu pada titik C1 (m/s)
- Q_L = kebocoran aliran (m³/s)
- c = *Clearance*
- H_L = perbedaan tinggi-tekan antara sisi-sisi cincin
- ν = sudut overlap (°)
- d_4 = diameter sisi masuk difuser (mm)
- s_4 = tebal awal sudu difuser (mm)
- b_3 = lebar awal difuser (mm)
- G = modulus geser elastis (MPa)
- J = momen inersia polar (m⁴)
- θ = defleksi puntir (°)
- p = kapasitas beban bantalan luncur (N)
- f = koefisien gesek bantalan
- σ_c = tegangan desak (MPa)
- σ_{ca} = tegangan desak yang diijinkan (MPa)
- E = modulus elastisitas (MPa)
- η_v = efisiensi volumetris
- η_h = efisiensi hidrolis
- η_m = efisiensi mekanis
- η_{tot} = efisiensi total
- NPSH = *Net Positif Suction Head* (m)
- $H_{th\infty}$ = head Euler (m)

H_{act} = head aktual (m)

h_h = rugi-rugi hidrolis selama pemompaan (m)

h_s = kerugian hidrolis karena adanya *shock loss* atau *turbulence loss*(m)

h_{fd} = *friction and diffusion loss* (m)

T = momen puntir (N.m)

r_v = jari-jari volute