



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Pengangkutan material secara hidrolik	1
1.2 Pompa sentrifugal dalam <i>hydrotransportation</i>	1
BAB II TINJAUAN MASALAH	4
2.1 Latar belakang masalah	4
2.2 Gambaran proyek reklamasi	4
2.2.1 Sketsa Proyek reklamasi	4
2.2.2 Data-data lapangan proyek	5
2.3 Pra-rancangan pompa	6
2.3.1 Perhitungan kapasitas pompa	6
2.3.2 Perhitungan head pompa	6



2.3.2.1	Head statis	7
2.3.2.2	Head tekanan	8
2.3.2.3	Head kecepatan	8
2.3.2.4	Kerugian pada pipa isap	9
2.3.2.5	Kerugian pada pipa tekan	10
2.3.3	Pemilihan jenis pompa	12
2.3.4	Pemilihan motor penggerak pompa	13
2.3.5	Pemilihan bahan pompa	13
BAB III PERANCANGAN KOMPONEN-KOMPONEN UTAMA		15
3.1	Perancangan impeler	15
3.1.1	Kecepatan spesifik	15
3.1.1.1	Kecepatan spesifik kinematik	16
3.1.1.2	Kecepatan spesifik dinamik	16
3.1.1.3	Kecepatan spesifik menyatakan bilangan bentuk.....	16
3.1.2	Tipe impeler	17
3.1.3	Pemilihan tipe impeler	18
3.1.4	Efisiensi pompa dan daya pompa	20
3.1.5	Dimensi impeler	21
3.1.5.1	Diameter poros	21
3.1.5.2	Diameter sisi masuk impeler	23
3.1.5.3	Diameter sisi keluar impeler	30
3.1.5.4	Garis-garis alir impeler	33
3.1.5.5	Segitiga kecepatan	35
3.1.5.6	Perancangan sudu impeler	38



3.1.6	Bahan impeler	46
3.1.7	Pengecekan kekuatan impeler	47
3.1.8	Rangkuman hasil perhitungan impeler	48
3.2	Perencanaan saluran masuk dan rumah pompa	49
3.2.1	Saluran masuk	49
3.2.2	Rumah pompa	51
3.2.2.1	Bentuk penampang volut	52
3.2.2.2	Dimensi volute	52
3.2.2.3	Jarak antara impeler dan lidah volute	54
3.2.2.4	Jari-jari penampang volute dan jari-jari volute	56
3.2.2.5	Sudut lidah volute	58
3.2.2.6	Lebar sisi masuk volute	59
3.2.3	Perhitungan kekuatan casing	59
3.2.4	Rangkuman perencanaan saluran masuk dan rumah pompa	61
3.3	Perancangan poros pompa	62
3.3.1	Perhitungan gaya aksial	62
3.3.2	Perhitungan gaya radial	64
3.3.2.1	Gaya radial dinamis	64
3.3.2.2	Gaya radial statis	65
3.3.3	Kontruksi poros	67
3.3.4	Pemeriksaan kekuatan poros	68
3.3.4.1	Pemeriksaan poros terhadap tegangan geser	70
3.3.4.2	Pemeriksaan poros terhadap defleksi lengkung	71
3.3.4.3	Pemeriksaan poros terhadap defleksi puntiran	72



3.3.4.4	Pemeriksaan pengaruh konsentrasi tegangan poros .	74
3.3.4.5	Pemeriksaan terhadap putaran kritis	79
3.3.4.6	Pemeriksaan poros terhadap pembebanan dinamis .	80
3.4	Pemilihan bantalan	81
3.4.1	Bantalan terdekat dengan impeler	83
3.4.2	Bantalan terjauh dari impeler	85
3.4.3	Pelumasan bantalan	86
BAB IV PERANCANGAN KOMPONEN-KOMPONEN PENDUKUNG		88
4.1	Kopling	88
4.1.1	Pemeriksaan kekuatan kopling flens	89
4.1.2	Pemeriksaan kekuatan baut pengikat	90
4.2	Pasak	91
4.2.1	Pasak pada kopling flens luwes	91
4.2.2	Pasak pada impeler	93
4.3	Stuffing Box	94
4.4	Ulir pengikat impeler	95
4.5	Motor penggerak	97
4.6	Lock Nut	98
BAB V PERHITUNGAN EFISIENSI POMPA DAN KAVITASI		100
5.1	Efisiensi pompa	100
5.1.1	Efisiensi hidrolis	100
5.1.2	Efisiensi volumetris	101
5.1.3	Rasio kerugian mekanis terhadap daya fluida	101
5.1.4	Rasio gesekan piringan imepeler terhadap daya fluida	102



5.1.5 Efisiensi overall pompa	102
5.2 Kavitasi pada pompa	102
BAB VI KARAKTERISTIK POMPA	105
6.1 Hubungan head dengan kapasitas	105
6.1.1 Hubungan head euler dengan kapasitas.....	105
6.1.2 Hubungan head teoritis dengan kapasitas	106
6.1.3 Hubungan head aktual dengan kapasitas	107
6.1.4 Hubungan head sistem dengan kapasitas pompa	110
6.1.4.1 Head statis	111
6.1.4.2 Head tekanan	111
6.1.4.3 Head kecepatan keluar	111
6.1.4.4 Rugi head pada pipa isap	112
6.1.4.5 Rugi head pada sisi tekan	113
6.2 Karakteristik daya dan efisiensi pompa	116
PENUTUP	120
DAFTAR PUSTAKA	123
LAMPIRAN-LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sketsa proyek reklamasi	5
Gambar 2.2. Gambar sket instalasi pompa	7
Gambar 2.3. Faktor koreksi head dan efisiensi	12
Gambar 2.4. Diagram pemilihan jenis pompa	13
Gambar 2.5. Diagram harga kekerasan bahan-bahan	14
Gambar 3.1. Grafik efisiensi pompa dengan kecepatan spesifik	20
Gambar 3.2 Grafik hubungan koefisien kecepatan dengan n_s	25
Gambar 3.3. Penggambaran garis alir impeler	27
Gambar 3.4. Hubungan kapasitas dan efisiensi hidrolis	31
Gambar 3.5. Penggambaran garis alir rancangan impeler	33
Gambar 3.6. Pembagian segmen Δs dan jari-jari r pada garis alir A1A2	34
Gambar 3.7. Segitiga kecepatan pada Sisi Masuk Impeler	36
Gambar 3.8. Segitiga kecepatan pada Sisi Keluar Impeler	38
Gambar 3.9. Metode koordinat polar untuk menentukan bentuk impeler	39
Gambar 3.10. Pembagian segmen Δs dan jari-jari r pada garis alir A1A2	40
Gambar 3.11. Pembagian segmen Δs dan jari-jari r pada garis alir B1B2.....	41
Gambar 3.12. Pembagian segmen Δs dan jari-jari r pada garis alir C1C2	41
Gambar 3.13. Grafik distribusi kecepatan pada garis alir B1B2	45
Gambar 3.14. Grafik distribusi kecepatan pada garis alir A1A2	45
Gambar 3.15. Grafik distribusi kecepatan pada garis alir C1C2	46
Gambar 3.16. Bagian paling rawan dari impeler	47



Gambar 3.17. Saluran Masuk lurus dan miring	49
Gambar 3.18. Saluran masuk melengkung dan mengecil	50
Gambar 3.19. Saluran masuk konsentris	50
Gambar 3.20. Saluran masuk mulut lonceng	51
Gambar 3.21. Saluran masuk volute	51
Gambar 3.22. Bentuk penampang volute	52
Gambar 3.23. Grafik hubungan K_{cv} dan $\frac{d_3 - d_2}{d_2}$ dengan kecepatan spesifik .	53
Gambar 3.24. Bentuk rumah volute	55
Gambar 3.25. Dimensi sisi masuk volute	59
Gambar 3.26. Penampang volute	60
Gambar 3.27. Rancangan volut pompa	61
Gambar 3.28. Grafik hubungan K_r dengan N_s dan Q	65
Gambar 3.29. Impeler yang dirancang	65
Gambar 3.30. Kontruksi poros	67
Gambar 3.31. Distribusi gaya pada poros	68
Gambar 3.32. Diagram momen lengkung	70
Gambar 3.33. Posisi gaya radial pada poros	71
Gambar 3.34. Konsentrasi tegangan untuk poros bertingkat (β)	74
Gambar 3.35. Faktor konsentrasi tegangan untuk alur pasak (α)	77
Gambar 3.36. Bagan pemilihan awal bantalan	81
Gambar 4.1. Kopling flens luwes	87
Gambar 4.2. Grafik hubungan kecepatan sinkron dengan daya	97



Gambar 5.1. Grafik perbandingan rugi daya mekanis dengan daya air sebagai fungsi kecepatan spesifik dan kapasitas	100
Gambar 5.2. Grafik hubungan koefisien Thoma (σ) dan kecepatan spesifik untuk berbagai harga efisiensi berbeda	103
Gambar 6.1. Grafik kerugian hidrolis terhadap kapasitas	107
Gambar 6.2. Grafik hubungan antara head dengan kapasitas pompa	114
Gambar 6.3. Grafik hubungan head pompa dan head sistem dengan debit	114
Gambar 6.4. Grafik hubungan antara daya (HP) dan kapasitas pompa (m^3/s)	118
Gambar 6.5. Grafik hubungan antara efisiensi dengan kapasitas pompa	118



DAFTAR NOTASI

A_h	= luas penampang <i>impeler hub</i> (m^2)
A_0	= luas penampang <i>impeler eye</i> (m^2)
A_{thr}	= luas penampang <i>throat volute</i> (m^2)
A_2	= luas penampang pada sisi keluar (m^2)
BHP	= daya kuda rem (HP)
b	= lebar sudu (m)
b_3	= lebar sisi masuk volut (mm)
C	= harga faktor aliran
C	= kapasitas beban dinamis (N)
C_{m1}	= kecepatan sisi masuk impeler (m/s)
C_{m2}	= kecepatan meridian setelah keluar impeler (m/s)
C_m	= kecepatan meridional (m/s)
C_o	= kecepatan aksial (m/s)
C_p	= <i>pfleiderer's correction</i>
C_u	= komponen tangensial dari kecepatan absolut (m/s)
C_{u2}	= komponen periperal dari kecepatan absolut sisi keluar (m/s)
C_{u2}'	= kecepatan absolut keluar impeler (m/s)
C_v	= konsentrasi volume (%)
D	= diameter dalam pipa (m)
d_{A1}	= diameter sisi masuk pada garis aliran utama (m)
d_o	= diameter sisi masuk impeler (m)
d_2	= diameter sisi keluar (m)
d_3	= diameter posisi lidah <i>volute</i> (m)
d_h	= diameter <i>impeler hub</i> (m)
d_h'	= diameter <i>hub</i> bagian belakang (m)
d_{sh}	= diameter poros (cm)
d_{50}	= diameter rata-rata partikel solid (m)
f	= koefisien pipa



F	= gaya geser (kg)
F_a	= beban aksial (kg)
F_r	= beban radial (kg)
F_{rd}	= gaya radial pompa (kg)
FHP	= daya kuda fluida (HP)
G	= modulus geser (kg/cm^2)
g	= kecepatan gravitasi (m/s^2)
H	= head total pompa (m)
h_{sta}	= head statis sistem (m)
h_d	= head kerugian kecepatan keluar (m)
h_{eq}	= head kerugian peralatan-peralatan lain (m)
H_l	= head kerugian gesekan (m)
h_d	= rugi head pada pipa tekan (m)
h_s	= kerugian head didalam pipa isap (m)
h_p	= head tekanan sistem (m)
HP_{DF}	= daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi gesekan
HP_{HY}	= daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kerugian hidrolis
HP_L	= daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kebocoran (HP)
HP_M	= daya kuda yang diperlukan untuk mengatasi kerugian mekanis
H_{th}	= head teoritis (m)
$H_{th\infty}$	= head Euler (m)
h_{fd}	= rugi-rugi gesekan dan difusi (m)
h_h	= kerugian-kerugian hidrolis pada pompa (m)
h_{pd}	= kerugian gesekan pada cakram (HP)
h_s	= rugi-rugi turbulensi (m)
I	= momen inersia (cm^4)
J	= momen inersia polar (cm^4)
k	= koefisien hambatan
K	= faktor gaya radial
K_a	= koefisien experimental gaya aksial pompa



K_3	= koefisien empiris yang diambil untuk mengoreksi distribusi kecepatan
K_{cm1}	= koefisien kecepatan
K_{cv}	= koefisien kecepatan absolut
K_m	= faktor koreksi momen lengkung
K_r	= faktor koreksi momen puntir
K_t	= konstanta pegas puntir (kg.cm/rad)
K_r	= koefisien experimental gaya radial pompa
k_{2cu}	= faktor sirkulasi
k_{sh}	= konstanta yang diperoleh dari percobaan
L	= panjang pipa (m)
L_h	= umur nominal bantalan (jam)
L_n	= umur nominal bantalan setelah dikoreksi (jam)
M	= momen lengkung (kg/cm ²)
Mst	= momen statis (m ²)
$NPSH_{tersedia}$	= NPSH yang tersedia (m)
$NPSH_{dibutuhkan}$	= NPSH yang diperlukan (m)
n	= kecepatan putar (rpm)
n_{cr}	= kecepatan kritis (rpm)
n_{sf}	= kecepatan spesifik yang menyatakan bilangan bentuk
n_{sp}	= kecepatan spesifik dinamik
n_{sq}	= kecepatan spesifik kinematik
p	= tekanan pada pompa (kg)
P	= daya penggerak (HP)
P_a	= tekanan absolut dipermukaan cairan yang akan dipompa (kg/cm ²)
p_v	= tekanan uap jenuh (kgf/m ²)
P_{bf}	= kerugian daya akibat gesekan pada bantalan (HP)
P_m	= kerugian mekanis total (HP)
P_r	= beban dinamis ekivalen (kg)
P_{sh}	= daya poros pompa (HP)
P_v	= tekanan uap jenuh cairan pada temperatur pemompaan (kg/cm ²)



Q	= kapasitas pompa (m^3)
Q'	= kapasitas aliran yang melalui impeler (m^3/s)
Q_L	= kapasitas akibat kebocoran (m^3/s)
Q_R	= kapasitas keluar dari pompa (m^3/s)
Q_s	= kapasitas pompa tanpa adanya <i>shock losses</i> (m^3/s)
Re	= bilangan Reynolds
r_{thr}	= jari-jari leher <i>throat</i> (m)
r_4	= jarak antara pusat leher <i>volute/throat</i> dari sumbu impeler (m)
q_a	= tekanan kontak yang diijinkan (kg/mm^2)
s	= tebal sudu (mm)
S	= tebal <i>volute</i> pompa (m)
S_f	= faktor keamanan
SG_m	= <i>specific gravity</i> fluida (kg/m^3)
t	= jarak antara impeler dengan lidah <i>volute</i> (m)
t_1	= jarak <i>pitch</i> (mm)
T	= torsi (kg.mm)
T_a	= gaya aksial pompa (kg)
u	= kecepatan keliling (m/s)
u_2	= kecepatan periperal impeler (keliling) pada sisi keluar (m/s)
u_{A1}	= kecepatan keliling pada titik A_1A_2 (m/s)
u_{B1}	= kecepatan keliling pada titik B_1B_2 (m/s)
u_{C1}	= kecepatan keliling pada titik C_1C_2 (m/s)
V	= faktor rotasi
V_a	= kecepatan aliran (m/s)
V_d	= kecepatan keluar (m/s)
V_s	= volume sudu (mm^3)
V_{shroud}	= volume <i>shroud</i> (mm^3)
X	= faktor beban radial
Y	= faktor beban aksial
Y	= defleksi lengkung maksimum (mm)
w_{A1}	= kecepatan relatif pada garis alir A_1A_2 (m/s)



w_{B1}	= kecepatan relatif pada garis alir B_1B_2 (m/s)
w_{C1}	= kecepatan relatif pada garis alir C_1C_2 (m/s)
w_2	= kecepatan relatif pada sisi keluar (m/s)
$W_{impeler}$	= berat impeler (kg)
z	= jumlah sudu impeler
ν	= viskositas kinematis (m^2/s)
γ	= berat jenis fluida (kg/m^3)
$\frac{V^2}{2g}$	= head kecepatan (m)
θ	= defleksi puntiran (rad)
ϕ_1	= faktor penyempitan
ϕ_v	= sudut sentral ($^\circ$)
ϕ_t	= sudut lidah volute ($^\circ$)
μ	= faktor slip
σ_a	= kekuatan tarik (kg/mm^2)
σ	= koefisien kavitasi Thoma
μ	= koefisien gesekan bantalan
β_1	= sudut sudu masuk ($^\circ$)
β_2	= sudut sisi keluar ($^\circ$)
σ_a	= tegangan desak (kg/cm^2)
η_h	= efisiensi hidrolis
τ_a	= tegangan geser diijinkan (kg/mm^2)
τ_{max}	= tegangan geser maksimal (kg/mm^2)
η_m	= efisiensi mekanis
η_t	= efisiensi overall
η_v	= efisiensi volumetris