

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
INTISARI	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Metode Perancangan	3
1.5. Tujuan Perancangan	3
1.6. Manfaat Perancangan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1. Mikrohidro	10
3.2. Instalasi Mikrohidro	11

3.3.	Turbin Air	13
3.4.	Persamaan Kontinuitas	17
3.5.	Persamaan Bernoulli	18
3.6.	Pembagian Energi Pada Turbin Propeller	20
3.7.	Kecepatan Spesifik	22
3.8.	Roda Jalan Turbin Propeller	24
3.9.	Persamaan Euler Turbin	25
3.10.	Pipa isap (<i>Draft Tube</i>)	28
3.11.	Kavitasi	31
BAB IV PERANCANGAN TURBIN PROPELLER		33
4.1.	Daya	33
4.2.	Kecepatan Putaran Turbin	36
4.3.	Kecepatan Spesifik	37
4.4.	Putaran Liar Turbin	38
4.5.	Karakteristik Turbin Propeller	39
4.6.	Roda Jalan Turbin	42
4.7.	Sudu pengarah	66
4.8.	Pipa Isap Konis (<i>Conical Draft Tube</i>)	75
4.9.	Kavitasi	83
BAB V PERANCANGAN KOMPONEN PENDUKUNG		85
5.1.	Poros	85
5.2.	Sambungan Roda Jalan dan Poros	89
5.3.	Bantalan	93
5.4.	<i>Casing</i> atas	97
5.5.	Plat atas	100
5.6.	<i>Casing</i> bawah	100
5.7.	<i>Whirl chamber</i>	103

5.8.	Dudukan bantalan	104
5.9.	Tutup roda jalan	105
5.10.	Penggerak sudu pengarah	105
5.11.	Dudukan generator/alternator	108
5.12.	Alternator	110
5.13.	Transmisi	112
BAB VI PEMBUATAN DAN PENGUJIAN		114
6.1.	Pembuatan Turbin Propeller	114
6.2.	Pengujian Turbin Propeller	121
BAB VII PENUTUP		122
7.1.	Kesimpulan	122
7.2.	Saran	125
DAFTAR PUSTAKA		126
LAMPIRAN		127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Efisiensi turbin pada variasi tinggi air jatuh	6
Gambar 2.2. Pengujian turbin propeller pada putaran 3000 rpm	7
Gambar 2.3. Efisiensi beberapa macam turbin air	7
Gambar 2.4. Daya turbin LH1000	8
Gambar 3.1. Instalasi <i>Open flume</i>	12
Gambar 3.2. Instalasi Pipa pesat	12
Gambar 3.3. Gaya dorong pada turbin impuls	13
Gambar 3.4. Turbin Pelton	14
Gambar 3.5. Turbin reaksi	15
Gambar 3.6. Turbin Kaplan	16
Gambar 3.7. Aliran melewati saluran dengan luas penampang yang berbeda	17
Gambar 3.8. Kekekalan energi pada aliran air	20
Gambar 3.9. Sistem kerja tinggi jatuh air pada turbin propeller	20
Gambar 3.10. Pembagian energi tinggi jatuh air pada turbin propeller	22
Gambar 3.11. Gaya pada sudu jalan turbin propeller	25
Gambar 3.12. Segitiga kecepatan masuk sudu roda jalan	25
Gambar 3.13. Segitiga kecepatan keluar sudu roda jalan	26
Gambar 3.14. kecepatan relatif pada sudu roda jalan	26
Gambar 4.1. Grafik karakteristik turbin propeller	41
Gambar 4.2. Grafik tinggi jatuh air vs putaran turbin	41
Gambar 4.3. roda jalan turbin propeller	42
Gambar 4.4. Kecepatan pada segitiga roda jalan	44
Gambar 4.5. Segitiga kecepatan pada sudu roda jalan	45
Gambar 4.6. Potongan silinder pada beberapa radius sudu roda jalan	45
Gambar 4.7. <i>Tragflügeltheorie</i>	53
Gambar 4.8. <i>Pitch</i> dan <i>chord</i> sudu roda jalan	57

Gambar 4.9. Diagram ζ_a/ζ_A vs t/l	58
Gambar 4.10. Diagram ζ_W vs ζ_A untuk beberapa profil airfoil	59
Gambar 4.11. Diagram deviasi sudut serang	60
Gambar 4.12. Roda jalan turbin propeller	62
Gambar 4.13. Gaya pada sudu roda jalan	62
Gambar 4.14. diagram kecepatan spesifik vs konstanta turbin propeller	67
Gambar 4.15. Profil sudu pengarah	71
Gambar 4.16. Segitiga kecepatan masuk sudu roda jalan saat beban sebagian	73
Gambar 4.17. Ukuran pada pipa isap	77
Gambar 5.1. Poros turbin propeller	88
Gambar 5.2. Macam-macam sambungan pada poros	89
Gambar 5.3. Dimensi sambungan tirus	90
Gambar 5.4. <i>Tapered roller bearing</i>	94
Gambar 5.5. <i>Casing</i> atas turbin propeller	98
Gambar 5.6. Plat atas	100
Gambar 5.7. <i>Casing</i> bawah	100
Gambar 5.8. Ukuran pada <i>whirl chamber</i>	103
Gambar 5.9. <i>Whirl chamber</i>	104
Gambar 5.10. Dudukan bantalan	104
Gambar 5.11. Tutup roda jalan	105
Gambar 5.12. Penggerak sudu pengarah	106
Gambar 5.13. Cakram penggerak sudu pengarah	106
Gambar 5.14. Susunan sudu pengarah	107
Gambar 5.15. Mekanisme penggerak sudu pengarah	107
Gambar 5.16. Dudukan alternator	108
Gambar 5.17. Analisis profil L horisontal dudukan alternator	109
Gambar 5.18. Hasil analisis batang horisontal dudukan alternator	110
Gambar 5.19. Komponen penyusun alternator	110

Gambar 6.1. Turbin propeller yang sudah selesai	114
Gambar 6.2. Grafik daya turbin teoritis dan pengujian	121
Gambar 7.1. Turbin Propeller	127

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Perbedaan turbin impuls dan turbin reaksi	16
Tabel 3.2. Kecepatan spesifik N_{QE} untuk berbagai turbin	23
Tabel 3.3. Kecepatan spesifik N_s untuk berbagai turbin	24
Tabel 4.1. Daya turbin dan generator pada beberapa tinggi jatuh air dan debit	35
Tabel 4.2. Kecepatan putar generator sinkron	36
Tabel 4.3. Karakteristik turbin propeller	41
Tabel 4.4. Jumlah sudu pada turbin propeller	44
Tabel 4.5. Segitiga kecepatan pada beberapa diameter roda jalan	52
Tabel 4.6. Karakteristik sudu roda jalan	61
Tabel 4.7. Sudut puntir sudu roda jalan	61
Tabel 4.8. Ketebalan sudu roda jalan	66
Tabel 4.9. Jumlah sudu pengarah	69
Tabel 4.10. Sudut sudu pengarah pada perubahan debit/pembebanan	75
Tabel 5.1. Spesifikasi bantalan yang digunakan	94
Tabel 5.2. Komponen yang membebani bantalan	95
Tabel 5.3. Hasil analisis silinder casing atas	99
Tabel 5.4. Komponen yang ditahan baut sudu pengarah	101
Tabel 5.5. Data alternator 90 A	111
Tabel 5.6. Diameter minimal puli	113

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L1. Rancangan turbin propeller 3D	127
Gambar L2. Diagram untuk mencari <i>friction factor</i>	130
Gambar L3. Analisis silinder <i>casing</i> atas	133
Gambar L4. Analisis batang horisontal dudukan bantalan	134
Gambar L5. Komponen turbin propeller yang dibuat	136
Gambar L6. Rancangan turbin propeller 2D	137
Tabel L1. Baja karbon untuk konstruksi mesin	128
Tabel L2. Al <i>cast alloy</i> DIN 1725	129
Tabel L3. Ukuran pipa PVC	131
Tabel L4. Bantalan kerucut	132

DAFTAR NOTASI

A	=	luas penampang lintang saluran (m^2)
A_4	=	luas penampang keluar roda jalan (m^2)
A_∞	=	luas penampang aliran pada roda jalan (m^2)
B_0	=	tinggi sudu pengarah (m)
C	=	<i>basic dynamic load rating</i> (N)
c	=	kecepatan absolut (m/s)
c_4	=	kecepatan aliran keluar roda jalan (m/s)
c_5	=	kecepatan aliran keluar turbin (m/s)
c_m	=	kecepatan absolut rata-rata (m/s)
c_{m1}	=	kecepatan aliran keluar sudu pengarah (m/s)
c_{m2}'	=	kecepatan absolut aksial masuk sudu roda jalan pada saat perubahan debit (m/s)
c_{u2}	=	kecepatan absolut tangensial masuk sudu roda jalan (m/s)
c_{u3}	=	kecepatan absolut tangensial keluar sudu roda jalan (m/s)
c_{u2}'	=	kecepatan absolut tangensial masuk sudu roda jalan pada saat perubahan debit (m/s)
c_{u3}'	=	kecepatan absolut tangensial keluar sudu roda jalan pada saat perubahan debit (m/s)
D	=	diameter poros besar (mm)
d	=	diameter poros kecil (mm)
d_s	=	diameter tengah tirus (mm)
D_1	=	diameter keluar sudu pengarah (m)
D_4	=	diameter masuk pipa isap (mm)

D_5	=	diameter keluar pipa isap (m)
D_h	=	diameter hub roda jalan (m)
d_m	=	diameter minimum poros (m)
D_r	=	diameter roda jalan turbin (m)
E	=	hidraulik energi (j/kg)
F_a	=	gaya aksial (N)
F_t	=	gaya tangensial (N)
F_r	=	gaya resultan pada sudu (N)
f	=	<i>friction factor</i>
g	=	percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
H	=	tinggi jatuh air / <i>head</i> (m)
H_n	=	<i>net head</i> (m)
$H_{s \text{ max}}$	=	tinggi hisap maksimum (m)
H_s	=	tinggi hisap (m)
h_f	=	kerugian <i>head</i> (m)
h_{fDT}	=	kerugian <i>head</i> pada pipa isap (m)
K	=	nilai karakteristik profil
$K_{C_{m1}}$	=	koefisien kecepatan aliran keluar sudu pengarah
K_b	=	faktor koreksi untuk momen lentur
K_s	=	<i>slip safety</i>
K_t	=	faktor koreksi untuk momen puntir
L	=	panjang tirus (mm)
m_1	=	massa pembebanan (kg)
m_2	=	massa yang terbaca pada timbangan (kg)
n_{max}	=	putaran liar turbin (s^{-1})
n	=	kecepatan putaran turbin (s^{-1})

N_s	=	kecepatan spesifik fungsi dari daya dan <i>head</i>
N_{QE}	=	kecepatan spesifik fungsi dari debit dan hidraulik energi
p_{atm}	=	tekanan atmosfer (m)
P_{gen}	=	daya yang dihasilkan generator (watt)
P_{mek}	=	daya mekanis turbin (watt)
P_{min}	=	tekanan air minimal (m)
p_v	=	tekanan uap air (Pa)
P_t	=	daya turbin (watt)
P_t'	=	daya turbin pada saat perubahan debit (watt)
Q	=	kapasitas aliran / debit (m^3/s)
R_1	=	jari-jari keluar sudu pengarah (mm)
R_2	=	jari-jari masuk roda jalan (mm)
r_{cp}	=	radius <i>center of pressure</i> (m)
R_r	=	jari-jari roda jalan (m)
R_h	=	jari-jari hub (m)
t	=	<i>pitch</i> (m)
T	=	torsi roda jalan (Nm)
T_o	=	koefisien penyempitan akibat ketebalan sudu
u	=	kecepatan tangensial (m/s)
v	=	<i>clamping factor</i> (0,005-0,5)
w	=	kecepatan relatif (m/s)
w_2	=	kecepatan relatif pada bagian masuk sudu (m/s)
w_3	=	kecepatan relatif pada bagian keluar sudu (m/s)
W_m	=	kecepatan relatif aksial sudu (m/s)
W_{u2}	=	kecepatan relatif tangensial masuk sudu roda jalan (m/s)
W_{u3}	=	kecepatan relatif tangensial keluar sudu roda jalan (m/s)

$W_{u\infty}$	=	kecepatan relatif tangensial tengah sudu roda jalan (m/s)
W_{∞}	=	kecepatan relatif bagian tengah sudu (m/s)
X	=	faktor beban radial
Y	=	faktor beban aksial
y	=	ketebalan sudu pada radius yang ditinjau (mm)
Z	=	jumlah sudu roda jalan
Z_0	=	jumlah sudu pengarah
α	=	sudut tirus
β_2	=	sudut masuk sudu
β_3	=	sudut keluar sudu
β_{∞}	=	sudut rata-rata pada sudu
$\sigma_{t \text{ ijin}}$	=	tegangan tekan yang diijinkan (MPa)
σ_{req}	=	tegangan pada permukaan sambungan (MPa)
$\sigma_s \text{ ijin}$	=	tegangan geser yang diijinkan material (MPa)
$\sigma_b \text{ ijin}$	=	tegangan bending yang diijinkan (MPa)
σ	=	koefisien kavitasi
ω	=	kecepatan sudut roda jalan (rad)
ζ_a	=	koefisien gaya angkat
η_s	=	efisiensi perubahan energi
λ	=	<i>angle of slip</i>
η_h	=	efisiensi hidrolis
η_{gen}	=	efisiensi generator
η_{trans}	=	efisiensi transmisi
ρ	=	massa jenis air (1000 kg/m ³)