

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
INTISARI	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 4
 BAB III DASAR TEORI	 8
3.1 Sejarah Turbin Air	8
3.2 Klasifikasi PLTA	12
3.3 Kincir Air	12
3.4 Turbin Air	14

3.5	Turbin Impuls	14
3.6	Turbin Reaksi	17
3.7	Penggolongan Turbin Air	19
3.8	Prinsip Kontinuitas	22
3.9	Teori Dasar Aliran	24
3.10	Persamaan Impuls dan Momentum	27
3.11	Perubahan Bentuk Energi	28
3.12	Segitiga Kecepatan	32
3.13	Persamaan Euler	33
3.14	Konsep Turbin Aliran Aksial	35
3.15	Bagian-bagian Utama Turbin Propeller	36
3.16	Kavitasi	38
BAB IV PERANCANGAN TURBIN PROPELLER		40
4.1	Menentukan Daya Turbin	40
4.2	Putaran Turbin	41
4.3	Kecepatan Spesifik Turbin	42
4.3.1	Penentuan Kecepatan Spesifik (N_s)	42
4.3.2	Penentuan Kecepatan Spesifik (N_{QE})	43
4.4	Putaran Liar Turbin	45
4.5	Kavitasi	45
4.6	Perencanaan Sudu Pengarah	46
4.7	Perencanaan Roda Jalan Turbin	50
4.7.1	Hub roda Jalan	51
4.7.2	Jumlah Sudu Roda Jalan	52
4.7.3	Segitiga Kecepatan Roda Jalan	52

4.7.4	Pitch Roda Jalan	57
4.7.5	Panjang Chord Roda Jalan	58
4.7.6	Koefisien Gaya Angkat	58
4.7.7	Koefisien Drag	60
4.7.8	Angle of Slip	60
4.7.9	Deviasi Sudut Serang	61
4.8	Perencanaan Pipa Hisap	62
4.8.1	Panjang Pipa Hisap	63
4.8.2	Sudut Pipa Hisap	63
4.8.3	Tinggi Jatuh Efektif	64
4.8.4	Efisiensi Pipa Hisap	64
4.8.5	Pipa Hisap Lurus	65
4.9	Perencanaan Poros	67
4.10	Pemilihan Bantalan	69
4.11	Perencanaan Casing Bagian Atas	69
4.12	Perencanaan Plat Atas	70
4.13	Perencanaan Casing Bawah	71
4.14	Perencanaan Whirl Chamber	71
4.15	Perencanaan Dudukan Bantalan	72
4.16	Perencanaan Tutup Roda Jalan	73
4.17	Penggerak Sudu Pengarah	73
4.18	Perencanaan Cakram Sudu Pengarah	74
4.19	Perencanaan Dudukan Generator	74
4.20	Perhitungan Kekuatan Roda Jalan	75
4.21	Perhitungan Kekuatan Sambungan Roda Jalan	77

4.22	Mekanisme Penggerak Sudu Pengarah	80
BAB V PEMBUATAN KOMPONEN TURBIN		82
5.1	Alat Yang Digunakan	82
5.2	Proses Pembuatan Prototipe	88
BAB VI PENGUJIAN TURBIN		98
6.1	Metode Pengujian	98
6.2	Karakteristik Turbin Propeller	100
6.3	Uji Torsi	103
6.4	Pembahasan	106
BAB VII PENUTUP		112
7.1	Kesimpulan	112
7.2	Saran	113
DAFTAR PUSTAKA		114
LAMPIRAN		116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Overshot water wheel	13
Gambar 3.2 Breast water wheel	13
Gambar 3.3 Undershot water wheel	13
Gambar 3.4 Roda jalan turbin pelton	15
Gambar 3.5 Skema turbin turgo	16
Gambar 3.6 Turbin banki	17
Gambar 3.7 Turbin Francis	18
Gambar 3.8 Turbin Kaplan	19
Gambar 3.9 Aliran melewati saluran stream tube	23
Gambar 3.10 Skema instalasi Turbin reaksi	24
Gambar 3.11 Perubahan energy tekan di dalam pipa saluran tekan	31
Gambar 3.12 Segitiga kecepatan roda jalan	32
Gambar 4.1 Diagram kecepatan spesifik vs konstanta turbin	47
Gambar 4.2 Gambar segitiga kecepatan pada turbin	52
Gambar 4.3 $\frac{\zeta_a}{\zeta_A} v_s \frac{t}{l}$	59
Gambar 4.4 Drag koefisien pada profil yang berbeda	60
Gambar 4.4 Perbandingan ζ_A pada berbagai profil	61
Gambar 4.5 Bantalan Konis	69

Gambar 4.6 Casing atas	70
Gambar 4.7 Plat Atas	70
Gambar 4.8 Casing Bawah	71
Gambar 4.9 Whirl Chamber	71
Gambar 4.10 Dudukan Bantalan	72
Gambar 4.11 Tutup Roda Jalan	73
Gambar 4.12 Penggerak sudu pengarah	73
Gambar 4.13 Cakram sudu pengarah	74
Gambar 4.14 Dudukan generator	75
Gambar 4.15 Sambungan roda jalan	77
Gambar 4.16 Susunan Sudu Pengarah	80
Gambar 4.17 Mekanisme Penggerak Sudu Pengarah	81
Gambar 5.1 Mesin fris	83
Gambar 5.2 Mesin bubut	84
Gambar 5.3 Mesin bor	85
Gambar 5.4 Mesin gergaji	86
Gambar 5.5 Mesin roll	88
Gambar 5.6 Ujung Poros Turbin	89
Gambar 5.7 Dudukan Bearing Aksial	90
Gambar 5.8 Tutup Roda Jalan	90
Gambar 5.9 Plat atas	91

Gambar 5.10 Whirl Chamber	92
Gambar 5.11 Cakram Penggerak	92
Gambar 5.12 Sudu Pengarah	93
Gambar 5.13 Runner Turbin	94
Gambar 5.14 Silinder Casing Atas	95
Gambar 5.15 Casing Bawah	96
Gambar 5.16 Tuas Penggerak Sudu Pengarah	97
Gambar 6.1 Skema pengujian Turbin Propeller	99
Gambar 6.2 Pengujian Torsi	103
Gambar 6.3 Grafik torsi vs putaran	106
Gambar 6.4 Sudu pengarah tidak terendam sempurna	107
Gambar 6.5 Grafik daya vs putaran	108
Gambar 6.6 Grafik daya turbin teoritis dan pengujian	108
Gambar 6.6 Grafik efisiensi vs putaran	109

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perkembangan PLTA di dunia	9
Tabel 3.2 Perbandingan PLTA dengan pembangkit jenis lain	11
Tabel 3.3 Perbandingan turbin aksi dan reaksi	21
Tabel 3.4 Perubahan Energi	29
Tabel 4.1 Daya turbin dan generator pada variasi head dan debit	41
Tabel 4.2 Penentuan jumlah sudu pada variasi kecepatan spesifik	52
Tabel 4.3 Segitiga kecepatan pada berbagai diameter roda jalan	57
Tabel 4.4 Karakteristik roda jalan pada berbagai diameter roda jalan	61
Tabel 4.5 Ketebalan sudu roda jalan pada tiap diameter roda jalan	77
Tabel 6.1 Karakteristik turbin propeller	102
Tabel 6.2 Nilai teoritis untuk kondisi pengujian	102
Tabel 6.3 Hasil pengujian pada berbagai sudut dan beban	105
Tabel 6.4 Presentase daya hasil pengujian dengan daya teoritis	109
Tabel 6.5 Efisiensi Turbin Prototype pada berbagai kondisi	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi Turbin Propeller	118
Lampiran 2. Baja Karbon untuk Konstruksi Mesin	119
Lampiran 3. Al Cast Alloy to DIN 1725	120

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	= basic dynamic load rating (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_{2u}'	= kecepatan absolut tangensial masuk sudu roda jalan pada saat perubahan debit (m/s)
C_{3u}'	= 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 (mm)
D_h	= diameter hub roda jalan (mm)
dm	= diameter minimum poros (m)
Dr	= 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 m/s ²)
H	= tinggi jatuh air / <i>head</i> (m)
H_n	= net head (m)
$H_{s\ max}$	= tinggi hisap maksimum (m)
H_s	= tinggi hisap (m)
h_f	= kerugian <i>head</i> (m)
h_{fDT}	= kerugian head pada pipa isap (m)
K	= nilai karakteristik profil
$K_{cm\ 1}$	= koefisien kecepatan aliran keluar sudu pengarah
K_b	= faktor koreksi untuk momen lentur
K_s	= slip safety
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)
n	= kecepatan putaran turbin (rpm)
N_s	= kecepatan spesifik fungsi dari daya dan head
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)
r_{pull}	= jari – jari puli (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_o	= jumlah sudu pengarah
α	= sudut tirus
β_2	= Sudut masuk sudu
β_3	= Sudut keluar sudu
β_∞	= Sudut rata-rata pada sudu
$\sigma_t (ijin)$	= tegangan tekan yang diijinkan (MPa)
σ_{req}	= tegangan pada permukaan sambungan (MPa)
$\sigma_s (ijin)$	= tegangan geser yang diijinkan material (MPa)

$\sigma_{b\ perm}$	= 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	= angle of slip
η_h	= efisiensi hidrolis
η_{gen}	= efisiensi generator
η_{trans}	= efisiensi transmisi
ρ	= massa jenis air (1000 kg/m ³)