

TUGAS AKHIR

Perancangan Model Turbin Air Aliran Silang (Cross Flow Turbine) Dengan Head 2 m Dan Debit 0,03 m³/s

Diajukan guna melengkapi sebagai syarat

Dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)



**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

Disusun Oleh :

Nama : Ridwan

NIM : 41308110025

Program Studi : Teknik Mesin

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA**

2014

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ridwan

N.I.M : 41308110025

Jurusan : Teknik Mesin

Judul Skripsi : **Perancangan Model Turbin Air Aliran Silang (Cross Flow Turbine) Dengan Head 2 m Dan Debit 0,03 m³/s**

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya, kecuali yang diberi keterangan.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar, sehat, dan tidak dipaksa.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Penulis,



(Ridwan)

LEMBAR PENGESAHAN



Disusun Oleh :

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Nama : Ridwan
NIM : 41308110025
Jurusan : Teknik Mesin

Pembimbing



(Prof.Dr.Usman sudjadi)

Mengetahui

Koordinator TA /KaProdi



(Dr.Ing.Darwin Sebayang)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Serta Shalawat berangkaikan salam kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW, yang telah menunjukkan jalan kebenaran kepada umatnya. Alhamdulillah dengan nikmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini

Penulis menyadari masih banyak kendala yang dihadapi dan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Penulis begitu banyak menerima bantuan dari berbagai pihak dan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, yang memberikan rahmat dan karunia kepada penulis.
2. Teristimewa buat kedua orang tua penulis, yang telah memberikan segala kasih sayang, perhatian, kesabaran dan pengorbanan, serta dorongan dan motivasi untuk penulis.
3. Bapak Prof.Dr. Usman Sudjadi selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan kesabaran dalam menulis membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh rekan-rekan teknik mesin di Universitas Mercu Buana yang yang memberi motivasi dan doanya.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin berusaha mencurahkan segenap kemampuan, tenaga dan waktu agar Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik, namun penulis menyadari masih banyak kekurangan didalamnya. Untuk itu saran dan kritikan yang bermanfaat dari berbagai pihak sangat diharapkan.

Jakarta, Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Turbin Air	3
2.2 Klasifikasi Turbin Air	3
2.2.1 Turbin Aksi	4
2.2.2 Turbin Reaksi.....	4
2.3 Kriteria Pemilihan Jenis Turbin Air	5
2.4 Konsep Turbin Aliran Silang (<i>Cross Flow</i>)	7
2.4.1 Segitiga kecepatan	9
2.4.2 Alur Pancaran Memintas Runner.....	10
2.4.3 Bentuk Konstruksi	11
2.4.3.1 Sudut Sudu	11
2.4.3.2 Diameter dan Panjang Runner	12
2.4.3.3 Geometri Sudu.....	13
2.4.3.4 Diameter dan Lebar Runner	16

2.4.4 Korelasi Antar Turbin.....	18
2.5 Poros dan Bantalan.....	20
2.5.1 Poros.....	20
2.5.2 Bantalan.....	21
2.5.3 Karakteristik Sistem Transmisi.....	27
BAB III METODOLOGI	
3.1 Pendahuluan	36
3.2 Segi Tiga Kecepatan	42
3.2.1 Komponen Segi Tiga Kecepatan Pada Tingkat 1	42
3.2.2 Perhitungan Diameter Dalam Turbin	43
3.2.3 Komponen Kecepatan Aliran Keluar Pada Tingkat 1.....	44
3.2.4 Komponen Kecepatan Pada Tingkat II.....	45
3.3 Perencanaan Runner	46
3.4 Perencanaan Sudu	47
3.4.1 Perhitungan Geometri Sudu	47
3.4.2 Spasi Atau Jarak Sudu Dan Lebar Sudu Turbin Prototipe	49
3.5 Lengkung Pemasukan.....	51
3.6 Titik Berat Sudu.....	53
3.7 Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada Sudu Gerak.....	56
3.8 Perencanaan Sabuk	59
3.8.1 Sabuk Datar (Flat Belt).....	60
3.8.2 Sabuk-V (V-Belt)	60
3.9 Perencanaan Poros.....	65
3.8.1 Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada Poros	66
3.8.2 Perhitungan Gaya-Gaya Pada Tumpuan.....	69
3.8.3 Diameter Poros	75
3.10 Perencanaan Pasak.....	77
3.11 Perhitungan Umur Bantalan	79
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Perhitungan Perancangan	81

4.2 Gambar Perancangan	86
-------------------------------------	-----------

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	87
----------------------------	-----------

5.2 Saran	87
------------------------	-----------

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Pengelompokan Turbin ^{/3/}	4
Tabel 2.2 Run-away speed Turbin, N maks/N ^{/4/}	7
Tabel 2.3 Tetapan ASME Code ^{/11/}	22
Tabel 2.4 Klasifikasi ball bearing ^{/10/}	26
Tabel 2.5 Faktor beban dan dampak ^{/11/}	28
Tabel 2.6 Tetapan faktor aksial dan radial ball bearing ^{/10/}	29
Tabel 2.7 Ukuran Puli -V ^{/11/}	31
Tabel 2.8 Flat belt data ^{/12/}	32
Tabel 2.9 Faktor tumbuk ^{/12/}	34
Tabel 2.10 Faktor koreksi untuk sudut kontak ^{/12/}	34
Tabel 2.11 Faktor koreksi untuk panjang sabuk ^{/12/}	34
Tabel 2.12 Karakteristik material elektroda lasan ^{/11/}	
Tabel 3.1 Hasil perhitungan korelasi antar turbin (turbin prototipe dari Turbin Cross Flow)	40
Tabel 3.2 Hasil perhitungan lengkung pemasukan	52
Tabel 3.3 Tabel pipa baja standar ^{/9/}	54
Tabel 3.4 Faktor koreksi sabuk ^{/12/}	59
Tabel 3.5 Panjang sabuk-V standar ^{/12/}	62
Tabel 3.6 Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan ^{/10/}	65
Tabel 3.7 Faktor-faktor koreksi untuk momen puntir ^{/11/}	75
Tabel 3.8 Faktor-faktor koreksi untuk momen puntir ^{/11/}	75
Tabel 3.9 Ukuran alur pasak ^{/12/}	76
Tabel 4.1 Data Perancangan	81
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Diameter Runner	81
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Segitiga Kecepatan	81
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Perencanaan Dinding Runner	82
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Perencanaan Sudu	82
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Lengkung Pemasukan	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Skema : Konstruksi Dasar Turbin Air	5
Gambar 2.2 Diagram Aplikasi berbagai jenis Turbin Air (Head Vs Debit) ^{/4/}	8
Gambar 2.3 Turbin Crossflow T-12 ^{/4/}	9
Gambar 2.4 Turbin Crossflow T-14 ^{/4/}	10
Gambar 2.5 Runner dan sudu turbin Crossflow ^{/16/}	10
Gambar 2.6 Skema Alur Air Memintas Turbin ^{/2/}	11
Gambar 2.7 Alur Air Memintas Turbin ^{/5/}	12
Gambar 2.8 Persilangan Aliran Memintas Turbin ^{/2/}	13
Gambar 2.12 Diagram-diagram Kecepatan ^{/2/}	14
Gambar 2.15 Rancangan Alur Aliran Mutlak di Tingkat Pertama Runner ^{/1/}	16
Gambar 2.16 Konstruksi Geometri Sudu ^{/1/}	17
Gambar 2.20 Rancangan Spiral Logaritmik Pemasukan Geometri Sudu ^{/4/}	19
Gambar 2.21 Luasan Pemasukan Aliran Turbin Aliran Silang ^{/1/}	20
Gambar 2.22 Konstruksi bantalan gelinding ^{/10/}	24
Gambar 2.23 Bantalan radial ^{/10/}	24
Gambar 2.24 Bantalan aksial ^{/10/}	25
Gambar 2.25 Bantalan kombinasi ^{/10/}	25
Gambar 2.26 Macam-macam bantalan gelinding ^{/10/}	25
Gambar 2.29 Sabuk V tipe standar (satuan : mm) ^{/9/}	30
Gambar 2.30 Sabuk V kapasitas tinggi (satuan : mm) ^{/9/}	31
Gambar 2.31 Grafik untuk menentukan jenis sabuk ^{/11/}	31
Gambar 2.32 Profil alur sabuk -V ^{/11/}	32
Gambar 2.33 Sudut kontak pada puli penggerak ^{/10/}	34
Gambar 2.34 Hubungan antara daya dan kecepatan sabuk-V (1 tk \approx 0,75 kW) ^{/8/}	35
Gambar 3.4 Komponen segi tiga kecepatan pada Tingkat 1 ^{/1/}	37
Gambar 3.2 Variabel-variabel yang dihitung pada runner	42

Gambar 3.5 Alur Pancaran Dalam Runner ^{/2/}	46
Gambar 3.6 Luasan pemasukan aliran Turbin Aliran Silang ^{/1/}	47
Gambar 3.7 Konstruksi Geometri Sudu ^{/1/}	48
Gambar 3.8 Jarak Antar Sudu	50
Gambar 3.9 Rancangan Spiral Logaritmik Pemasukan Geometri Sudu ^{/4/}	52
Gambar 3.10 Segitiga Kecepatan yang terjadi pada Tingkat I dan II ^{/1/}	56
Gambar 3.11 Gaya Impuls yang terjadi pada tingkat I dan II ^{/1/}	59
Gambar 3.8 Gaya-gaya yang terjadi di poros	66
Gambar 3.9 Gaya-gaya yang terjadi di pully.....	66
Gambar 3.10 Gaya impuls pada rotor turbin.....	67
Gambar 3.11 Resultan gaya impuls pada rotor turbin.....	67
Gambar 3.12 Ukuran pasak ^{/12/}	78
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Turbin Aliran Silang.....	79
Gambar 4.2 Hasil Pembuatan Turbin Aliran Silang	79

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Arti	Satuan
A_s	Luas penampang sudu	mm^2
A_{sb}	Luas penampang sabuk	mm^2
b	Lebar pasak	mm
b_0	Panjang runner	m
c	Jarak Sumbu poros	mm
C_1	Kecepatan absolut air masuk tingkat I	m/s
C_2	Kecepatan absolut air keluar tingkat II	m/s
C_3	Kecepatan absolut air masuk tingkat III	m/s
C_4	Kecepatan absolut air keluar tingkat IV	m/s
D_1	Diameter luar turbin	m
D_1	Diameter dalam turbin	m
D_p	Diameter pully besar	mm
d_s	Diameter poros	mm
F_c	Gaya sentrifugal	N
F_{sb}	Gaya sentrifugal sabuk	N
F_I	Resultan gaya pada tingkat I	N
F_{II}	Resultan gaya pada tingkat II	N
f_c	Faktor koreksi	-
g	Grafitasi bumi	m/s^2
H	Head ketinggian	m
i	Perbandingan putaran	-
I_x	Momen inersia penampang sudu	mm^4
k	Koefisien kecepatan	-
L	Panjang Sabuk	mm
m_s	Massa sudu	kg
n	Putaran turbin	rpm
n_s	Kecepatan spesifik	rpm
N	Jumlah sabuk	buah

P_t	Daya turbin	kW
P_w	Daya yang dibangkitkan air	kW
P_{dp}	Daya rencana poros	kW
P_{ds}	Daya rencana sabuk	kW
Q	Debit air	m^3/s
Q_z	Debit air yang masuk tiap celah sudu	m^3/s
R_1	Jari-jari luar turbin	mm
R_2	Jari-jari dalam turbin	mm
r_b	Jari-jari kelengkungan sudu	mm
r_p	Jari-jari lingkaran pitch	mm
s_1	Ketebalan jet masuk tingkat I	mm
s_2	Ketebalan jet masuk tingkat II	mm
S_{f1}	Faktor keamanan	-
S_{f2}	Faktor koreksi	-
T_p	Momen punter	N.mm
t	Jarak antar sudu	m
t	Tebal sudu	mm
t_1	Kedalaman alur pasak pada poros	mm
t_2	Kedalaman alur pasak pada naf	mm
U_1	Kecepatan tangensial air masuk tingkat I	m/s
U_2	Kecepatan tangensial air keluar tingkat II	m/s
U_3	Kecepatan tangensial air masuk tingkat III	m/s
U_4	Kecepatan tangensial air keluar tingkat IV	m/s
V_{sb}	Kecepatan linier sabuk	m/s
V_s	Volume sudu	mm^3
V_{maks}	Gaya geser maksimum	N
W_1	Kecepatan relatif air pada sisi masuk tingkat I	m/s
W_2	Kecepatan relatif air pada sisi keluar tingkat II	m/s
W_3	Kecepatan relatif air pada sisi masuk tingkat III	m/s
W_4	Kecepatan relatif air pada sisi keluar tingkat IV	m/s
W_s	Berat sudu	kg
Y_0	Titik berat sudu	mm

Z	Jumlah sudu	buah
α_1	Sudut kec. absolut dengan tangensial air masuk	$^\circ$
α_2	Sudut kec. absolut dengan tangensial air keluar	$^\circ$
β_1	Sudut kec. relatif dengan tangensial	$^\circ$
η_t	Efisiensi turbin	%
ρ_a	Massa jenis air	kg/m^3
ρ_p	Massa jenis pipa	kg/m^3
ρ_{sb}	Massa jenis sabuk	kg/dm^3
σ_a	Tegangan yang terjadi pada poros	kg/mm^2
σ_B	Kekuatan tarik bahan poros	kg/mm^2
τ_g	Tegangan geser yang terjadi pada poros	kg/mm^2
τ_{maks}	Tegangan geser maksimum	N/mm^2
δ	Sudut kelengkungan sudu	$^\circ$

