

**PENENTUAN JENIS *DRAFT TUBE* BERDASARKAN NILAI *HEAD RECOVERY* DAN KINERJA TURBIN *HYDROCOIL*
MENGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***



FAHMI HIDAYAT
NIM : 41318010030

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVESITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENENTUAN JENIS *DRAFT TUBE* BERDASARKAN NILAI *HEAD RECOVERY*
DAN KINERJA TURBIN *HYDROCOIL* MENGGUNAKAN METODE
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS



Disusun Oleh:

Nama : Fahmi Hidayat
NIM : 41318010030
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JANUARI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

PENENTUAN JENIS *DRAFT TUBE* BERDASARKAN NILAI *HEAD RECOVERY* DAN KINERJA TURBIN *HYDROCOIL* MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Disusun Oleh:

Nama : Fahmi Hidayat
NIM : 41318010030
Program Studi : Teknik Mesin

Telah di periksa dan disetujui pada tanggal: 13 Januari 2023

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA


Alief Avicenna L, ST, M. Eng

NIP. 216910097

Penguji Sidang II


Andi Firdaus Sudarma, M.Sc

NIP. 217810112

Penguji Sidang I


Dafit Feriyanto, Ph.D

NIP. 118900633

Penguji Sidang III


Muhamad Firdaus, M.Si, Ph.D.

NIP. 118590617

Mengetahui

Kaprodi Teknik Mesin


Muhamad Firdaus, M.Si, Ph.D.

NIP. 118590617

Koordinator TA


Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T.

NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fahmi Hidayat
NIM : 41318010030
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Penentuan Jenis *Draft Tube* Berdasarkan Nilai *Head Recovery* Dan Kinerja Turbin *Hydrocoil* Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan serta bersedia menerima sanksi berdsarkan aturan di Universitas Mercu buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 26 Desember 2022



Fahmi Hidayat

PENGHARGAAN

Puji syukur selalu dan tak lupa penulis panjatkan kepada kehadiran Tuhan yang Maha Kuasa, Allah SWT, karena atas nikmat, ridho, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu dan dapat menyusun laporan Tugas Akhir. Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir dan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam proses melaksanakan kegiatan dan penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun langsung. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Muhamad Fitri M.Si, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan motivasi dan masukan kepada setiap mahasiswa Teknik Mesin.
2. Bapak Alief Avicenna L, ST, M. Eng selaku Sekretaris Program Studi Dan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana sekaligus sebagai dosen pembimbing yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan TA.
3. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T., M.T. koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin yang telah sumber informasi.
4. Keluarga dan sahabat, yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana angkatan 2018 yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.
6. Keluarga besar Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.
7. Semua pihak yang telah membantu seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini hal tersebut tidak lain karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Penulis dengan sangat terbuka menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, 26 Desember 2022



Fahmi Hidayat



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. MANFAAT PENELITIAN	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2. DASAR DINAMIKA FLUIDA	17
2.2.1. Persamaan Bernoulli	17
2.2.2. Bilangan <i>Reynold</i>	18
2.2.3. Debit Air	19
2.2.4. Tekanan Total	21
2.2.5. Laju Aliran Massa	22
2.2.6. <i>Head</i> Efektif	23
2.3. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO	23
2.3.1. Turbin Impuls	25
2.3.2. Turbin Reaksi	26
2.4. PARAMETER KINERJA TURBIN AIR	28

2.4.1.	Daya Potensial Air	28
2.4.2.	Daya Turbin	29
2.4.3.	Efisiensi Turbin	30
2.4.4.	Torsi	30
2.5.	TURBIN <i>HYDROCOIL</i>	31
2.6.	<i>DRAFT TUBE</i>	35
2.4.1.	Prinsip Cara Kerja <i>Draft Tube</i>	36
2.4.2.	Fungsi <i>Draft Tube</i>	37
2.4.3.	Jenis <i>Draft Tube</i>	38
2.7.	<i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS</i>	41
2.7.1.	<i>Physical Modeling</i>	42
2.7.2.	<i>Mathematical Modeling</i>	43
BAB III METODOLOGI		46
3.1.	DIAGRAM ALIR	46
3.2.	ALAT DAN BAHAN	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		63
4.1.	<i>CONTOUR</i> KECEPATAN TURBIN <i>HYDOROCOIL</i> PADA SETIAP VARIASI DESAIN <i>DRAFT TUBE</i>	63
4.1.1.	<i>Contour</i> Kecepatan Turbin <i>Hydrocoil</i> pada <i>Draft Tube Conical Straight</i>	63
4.1.2.	<i>Contour</i> Kecepatan Turbin <i>Hydrocoil</i> pada <i>Draft Tube Curved Elbow</i>	64
4.1.3.	<i>Contour</i> Kecepatan Turbin <i>Hydrocoil</i> pada <i>Draft Tube Simple Elbow</i>	65
4.2.	<i>CONTOUR</i> TEKANAN TURBIN <i>HYDOROCOIL</i> PADA SETIAP VARIASI DESAIN <i>DRAFT TUBE</i>	66
4.2.1.	<i>Contour</i> Tekanan Turbin <i>Hydrocoil</i> pada <i>Draft Tube Conical Straight</i>	66
4.2.2.	<i>Contour</i> Tekanan Turbin <i>Hydrocoil</i> pada <i>Draft Tube Curved Elbow</i>	68

4.2.3.	<i>Contour Tekanan Turbin Hydrocoil pada Draft Tube Simple Elbow</i>	69
4.3.	<i>STREAMLINE TURBIN HYDOROCOIL PADA SETIAP VARIASI DESAIN DRAFT TUBE</i>	70
4.4.	<i>KINERJA TURBIN HYDROCOIL PADA SETIAP VARIASI DRAFT TUBE</i>	71
4.4.1.	Torsi	71
4.4.2.	Daya Turbin	72
4.4.3.	Efisiensi Turbin	74
4.5.	<i>ANALISIS HEAD RECOVERY PADA DRAFT TUBE</i>	76
BAB V PENUTUP		80
5.1.	KESIMPULAN	80
5.2.	SARAN	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN		85



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Desain <i>Draft Tube Conical Straight</i> dan <i>Draft Tube Curved</i>	14
Gambar 2.2.	Hasil Simulasi Kecepatan dan Tekanan Aliran	14
Gambar 2.3.	<i>Contour</i> Tekanan Pada Bagian <i>Draft Tube</i>	15
Gambar 2.4.	Variasi Desain <i>Draft Tube</i>	15
Gambar 2.5.	Skematik Sistem <i>Draft Tube</i>	15
Gambar 2.6.	<i>Contour Velocity Draft Tube</i>	15
Gambar 2.7.	<i>Streamline Velocity Draft Tube</i>	16
Gambar 2.8.	Desain <i>Draft Tube</i>	16
Gambar 2.9.	Optimalisasi Desain <i>Draft Tube</i>	16
Gambar 2.10.	Keran Tekanan <i>Flush</i> Dipasang Di Dinding Sepanjang Elemen Kerucut <i>Draft Tube</i>	16
Gambar 2.11.	Skematik Sistem PLTMH Turbin <i>Hydrocoil</i>	17
Gambar 2.12.	<i>Contour</i> Kecepatan Turbin Propeller	17
Gambar 2.13.	<i>Rectangular Channel</i>	20
Gambar 2.14.	Kemiringan Aliran Kanal Terbuka	20
Gambar 2.15.	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	24
Gambar 2. 16	Turbin <i>Cross Flow</i>	25
Gambar 2. 17	Turbin Pelton	26
Gambar 2. 18	Turbin Francis	27
Gambar 2. 19	Turbin Kaplan	28
Gambar 2.20.	Ilustrasi Bentuk <i>Ribbon Drive</i> Menlengkung	31
Gambar 2.21.	Bagian Kumparan <i>Ribbon Drive</i>	32
Gambar 2.22.	Turbin <i>Hydrocoil</i>	32
Gambar 2.23.	Grafik Kecepatan Putaran Terhadap Daya Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada <i>Head</i> Konstan 4,2 m	33
Gambar 2.24.	Grafik Kecepatan Putaran Terhadap Efisiensi Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada <i>Head</i> Konstan 4,2 m	34
Gambar 2.25.	Daya Turbin	34
Gambar 2.26.	Efisiensi Turbin	35
Gambar 2.27.	<i>Conical Draft Tube</i>	39
Gambar 2.28.	<i>Simple Elbow Draft Tube</i>	40

Gambar 2.29.	<i>Moody Spreading Draft Tube</i>	40
Gambar 2.30.	<i>Elbow Draft Tube With Varying Cross-section</i>	41
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 3.2.	<i>Draft Tube Conical Straight</i>	48
Gambar 3.3.	<i>Draft Tube Curved Elbow</i>	48
Gambar 3.4.	<i>Draft Tube Simple Elbow</i>	49
Gambar 3.5.	<i>Hydrocoil Draft Tube Conical Straight</i>	49
Gambar 3.6.	<i>Hydrocoil Draft Tube Curved Elbow</i>	50
Gambar 3.7.	<i>Hydrocoil Draft Tube Simple Elbow</i>	50
Gambar 3.8.	Skematik Sistem PLTMH yang Menggunakan Turbin <i>Hydrocoil</i> dan <i>Draft Tube</i>	51
Gambar 3.9.	Diagram Alir Simulasi	55
Gambar 3.10.	Tahap <i>Geometry</i>	56
Gambar 3.11.	Tahap <i>Meshing</i>	57
Gambar 3.12.	Tahap <i>Set Up</i>	59
Gambar 3.13.	Tahap <i>Solution</i>	60
Gambar 3.14.	Lokasi Pengambilan Data	62
Gambar 4.1.	<i>Contour</i> Kecepatan Fluida Turbin <i>Draft Tube Conical Straight</i> (a) 350 rpm (b) 500 rpm (c) 650 rpm (d) 800 rpm (e) 950 rpm (f) 1.100 rpm (g) 1.250 rpm	64
Gambar 4.2.	<i>Contour</i> Kecepatan Fluida Turbin <i>Draft Tube Curved Elbow</i> (a) 350 rpm (b) 500 rpm (c) 650 rpm (d) 800 rpm (e) 950 rpm (f) 1.100 rpm (g) 1.250 rpm	65
Gambar 4.3.	<i>Contour</i> Kecepatan Fluida Turbin <i>Draft Tube Simple Elbow</i> (a) 350 rpm (b) 500 rpm (c) 650 rpm (d) 800 rpm (e) 950 rpm (f) 1.100 rpm (g) 1.250 rpm	66
Gambar 4.4.	<i>Contour</i> Tekanan Fluida Turbin <i>Draft Tube Conical Straight</i> (a) 350 rpm (b) 500 rpm (c) 650 rpm (d) 800 rpm (e) 950 rpm (f) 1.100 rpm (g) 1.250 rpm	67
Gambar 4.5.	<i>Contour</i> Tekanan Fluida Turbin <i>Draft Tube Curved Elbow</i> (a) 350 rpm (b) 500 rpm (c) 650 rpm (d) 800 rpm (e) 950 rpm (f) 1.100 rpm (g) 1.250 rpm	68

Gambar 4.6.	<i>Contour Tekanan Fluida Turbin Draft Tube Simple Elbow</i> (a) 350 rpm (b) 500 rpm (c) 650 rpm (d) 800 rpm (e) 950 rpm (f) 1.100 rpm (g) 1.250 rpm	69
Gambar 4.7.	<i>Streamline Turbin Hydrocoil pada Draft Tube (a) Conical Straight</i> (b) <i>Curved Elbow</i> (c) <i>Simple Elbow</i> Pada Putaran 950 rpm	70
Gambar 4.8.	Grafik Hubungan Kecepatan Putar Terhadap Torsi Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	72
Gambar 4.9.	Grafik Hubungan Kecepatan Putar Terhadap Daya Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	73
Gambar 4.10.	Daya Turbin Pada Kecepatan Putar 1.100 rpm Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	74
Gambar 4.11.	Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Terhadap Efisiensi Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	75
Gambar 4.12.	Efisiensi Turbin Pada Kecepatan Putar 1.100 rpm Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	75
Gambar 4.13.	Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Terhadap <i>Head Recovery</i> Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2.	Parameter Turbin <i>Hydrocoil</i>	33
Tabel 3.1.	Karakteristik PLTMH Turbin <i>Hydrocoil</i>	54
Tabel 3.2.	Data <i>Element</i> dan <i>Nodes Meshing</i>	58
Tabel 3.3.	Data <i>Quality Meshing</i>	57
Tabel 3.4.	Tahap <i>Set Up</i>	59
Tabel 3.5.	Alat dan Bahan	61
Tabel 4.1.	Nilai Torsi Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	71
Tabel 4.2.	Nilai Daya Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	72
Tabel 4.3.	Nilai Efisiensi Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi <i>Draft Tube</i>	74
Tabel 4.4.	Data Perhitungan <i>Head Recovery</i> Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada <i>Draft Tube</i> <i>Conical Straight</i>	76
Tabel 4.5.	Data Perhitungan <i>Head Recovery</i> Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada <i>Draft Tube</i> <i>Curved Elbow</i>	76
Tabel 4.6.	Data Perhitungan <i>Head Recovery</i> Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada <i>Draft Tube</i> <i>Simple Elbow</i>	77
Tabel 4.7.	<i>Head Recovery</i> Setiap Turbin <i>hydrocoil</i> Variasi Pada <i>Draft Tube</i>	77

MERCU BUANA

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
P_{atm}	Tekanan Atmosfer [Pa]
H_s	<i>Suction Head</i> [m]
h_f	<i>Head Losses</i> [m]
v_1, v_2	Kecepatan Aliran [m/s^2]
α_1	Faktor Koreksi Kecepatan <i>Inlet Draft Tube</i>
α_2	Faktor Koreksi Kecepatan <i>Outlet Draft Tube</i>
ρ	Massa Jenis Air [Kg/m^3]
g	Percepatan Gravitasi [m/s^2]
h_d	<i>Head Recovery</i> Dari <i>Draft Tube</i> [m]
V_{inlet}^2	Kecepatan Rata-rata Air di Sisi Masukan <i>Draft Tube</i> [m/s]
V_{outlet}^2	Kecepatan Rata-rata Air di Sisi Keluaran <i>Draft Tube</i> [m/s]
H_{LD}	<i>Head Loss</i> Yang Terjadi di Dalam <i>Draft Tube</i> [m]
TP_{in}	Tekanan Total di Sisi Masukan <i>Draft Tube</i> [Pa]
TP_{out}	Tekanan Total di Sisi Keluaran <i>Draft Tube</i> [Pa]
p_1, p_2	Tekanan [kPa]
γ	Berat Jenis Fluida [kN/m^3]
z	<i>Head</i> Ketinggian [m]
h_l	Kerugian <i>head</i> [m]
Re	Bilangan Reynold
D	Diameter Pipa [m]
μ	Viskositas Dinamik [Ns/m^2]
A	Luas Penampang Basah [m^2]
R_h	Jari-jari hidrolis [m]
y	Kedalaman sungai [m]
b	Lebar sungai [m]
V	Kecepatan Aliran Sungai [m/s]
S_0	Kemiringan dasar kanal [m]
n	Koefisien <i>Manning</i> [-]
Q	Debit Air [m^3/s]

Simbol	Keterangan
H_{eff}	Head Efektif [m]
Z_1	Elevasi Permukaan Air Waduk [m]
Z_2	Elevasi Sensor Tekanan <i>Draft Tube</i> [m]
P_h	Daya Potensial Air [W]
H	Tinggi Jatuh Air
P_t	Daya Turbin [W]
P_i	Daya Generator [W]
T	Torsi [Nm]
ω	Kecepatan Sudut [$^{Rad}/s$]
η_t	Efisiensi Turbin [%]
N	Kecepatan Putaran [rpm]
F_t	Gaya Turbin [N]
v'	Fluktuasi Kecepatan [m/s]
v_r	Kecepatan relatif (domain yang berputar) [m/s]