

**SIMULASI *PITCH* RATIO TURBIN *HYDROCOIL* PADA PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN METODE CFD  
(*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*)**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
NIKO EKA SAPUTRA  
41318010002

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

SIMULASI *PITCH* TURBIN *HYDROCOIL* PADA RATIO PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN METODE CFD  
(*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*)



UNIVERSITAS Disusun Oleh: A S

MERCU BUANA

Nama : Niko Eka Saputra

NIM : 41318010002

Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
DESEMBER 2022

## HALAMAN PENGESAHAN

SIMULASI *PITCH* RATIO TURBIN *HYDROCOIL* PADA PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO MENGGUNAKAN METODE CFD  
(*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC*)

Disusun Oleh:

Nama : Niko Eka Saputra  
NIM : 41318010002  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 22 Desember 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



(Agung Wahyudi Biantoro, ST., MT)

NIP. 0329106901

Penguji Sidang II



(Muhamad Fitri, ST., M.Si., Ph.D)

NIP. 18690617

Penguji Sidang I



(Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T)

NIP. 221900211

Penguji Sidang III



(Alief Avicenna Luthfie, M.Eng)

NIP. 216910097

Mengetahui,

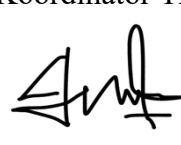
Kaprodi Teknik Mesin



(Muhamad Fitri, ST., M.Si., Ph.D)

NIP.118690617

Koordinator TA



(Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T)

NIP. 221900211

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Niko Eka Saputra  
NIM : 41318010002  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Tugas Akhir : Simulasi *Pitch Ratio* Turbin *Hydrocoil* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat 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 sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

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

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 03 Desember 2022



(Niko Eka Saputra)

## 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. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercubuana.
2. Bapak Dr. Mawardi, M.TI. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana.
3. Bapak Muhamad Fitri, ST., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana.
5. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana
6. Bapak Agung Wahyudi Biantoro, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
7. Kedua Orang Tua saya, dan keluarga besar yang telah mendoa“kan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dan tetap semangat dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
8. Teman–teman Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana angkatan 2018 yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini hal tersebut tidak lain karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, 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, 03 Desember 2022



(Niko Eka Saputra)



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iv</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.1.1. Pengaruh Perubahan Sudut Sudu Turbin <i>Hydrocoil</i> Terhadap Performasinya Menggunakan CFD	5
2.1.2. Analisis Penstock Terhadap Performasi Turbin <i>Hydrocoil</i>	6
2.1.3. Analisis Performasi Turbin <i>Hydrocoil</i> Menggunakan metode CFD	6
2.1.4. Perancangan Turbin <i>Hydrocoil</i> dengan <i>Pitch Blade</i> Konstan	8
2.2. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA <i>MICRO HYDRO</i>	16
2.2.1. Komponen Pembangkit Listrik PLTMH	17
2.2.2. Pemilihan Turbin Air	19
2.3. TURBIN AIR	20

2.3.1.	Turbin Impuls	22
2.3.2.	Turbin Reaksi	25
2.4.	TURBIN <i>HYDROCOIL</i>	27
2.5.	DASAR DINAMIKA FLUIDA	30
2.5.1.	Persamaan Bernoulli	30
2.5.2.	Debit Air	31
2.5.3.	Luas Penampang Aliran Sungai	32
2.5.4.	Laju Aliran Massa	33
2.5.5.	Kecepatan Rata - Rata Air	33
2.5.6.	Tekanan Total	33
2.5.7.	<i>Head</i> Efektif	34
2.6.	PARAMETER KINERJA TURBIN AIR	35
2.6.1.	Persamaan Daya Potensial Air	35
2.6.2.	Persamaan Daya Turbin	36
2.6.3.	Persamaan Efisiensi Turbin	36
2.7.	CFD ( <i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC</i> )	37
2.7.1.	Pengertian CFD ( <i>Computational Fluid Dynamic</i> )	37
2.7.2.	Pemodelan Sistem dan Simulasi	38
2.7.3.	Klasifikasi Model Simulasi	39
2.7.4.	Proses Simulasi CFD	40
2.7.5.	<i>Mathematical Modeling</i>	40
<b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>43</b>
3.1.	DIAGRAM ALIR	43
3.1.1.	Prosedur Simulasi CFD	52
3.1.2.	Tahap Geometri	52
3.1.3.	Tahap <i>Meshing</i>	53
3.1.4.	Tahap <i>Setup</i>	54
3.1.5.	Tahap <i>Solution</i>	56
3.1.6.	Tahap <i>Result</i>	57
3.2.	ALAT DAN BAHAN	57
3.2.1.	Alat yang digunakan	57



3.2.2.	Bahan yang digunakan	58
3.2.3.	Debit air anak sungai	59
3.3.	LOKASI PENELITIAN	59
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>60</b>
4.1.	<i>CONTOUR</i> KECEPATAN PUTARAN TURBIN <i>HYDROCOIL</i> PADA SETIAP VARIASI	60
4.1.1.	<i>Contour</i> Kecepatan Putaran 500 Rpm Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	60
4.1.2.	<i>Contour</i> Kecepatan Putaran 700 Rpm Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	61
4.1.3.	<i>Contour</i> Kecepatan Putaran 900 Rpm Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	62
4.1.4.	Perbedaan <i>Contour</i> Kecepatan Putaran Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	63
4.2.	<i>CONTOUR</i> TEKANAN PUTARAN TURBIN <i>HYDROCOIL</i> PADA SETIAP VARIASI	65
4.2.1.	<i>Contour</i> Tekanan Putaran 500 Rpm Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	65
4.2.2.	<i>Contour</i> Tekanan Putaran 700 Rpm Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	66
4.2.3.	<i>Contour</i> Tekanan Putaran 900 Rpm Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	67
4.2.4.	Perbedaan <i>Contour</i> Tekanan Putaran Turbin <i>Hydrocoil</i> Pada Setiap Variasi	67
4.3.	ANALISIS <i>STREAMLINE</i> TURBIN PADA TIAP VARIASI	68
4.4.	ANALISIS KINERJA TURBIN PADA TIAP VARIASI	71
4.5.	ANALISIS TORSI TURBIN PADA SETIAP VARIASI	72
4.6.	ANALISIS DAYA TURBIN TURBIN PADA TIAP VARIASI	73
4.7.	ANALISIS EFISIENSI TURBIN PADA TIAP VARIASI	74
4.8.	PENENTUAN <i>PITCH RATIO</i> TURBIN TERBAIK	75

<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>76</b>
5.1. KESIMPULAN	76
5.2. SARAN	77
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>82</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Desain Turbin <i>Hydrocoil</i> Menggunakan Pipa <i>PVC</i>	6
Gambar 2.2. Skema PLTMH Menggunakan Turbin <i>Hydrocoil</i>	7
Gambar 2.3. Desain Turbin <i>Hydrocoil</i> yang Berada di Iran	8
Gambar 2.4. Rancangan Turbin <i>Crossflow</i> untuk PLTMH	14
Gambar 2.5. Rancangan Turbin Propeler	14
Gambar 2.6. Rancangan Turbin Air Tipe Kaplan	15
Gambar 2.7. Rancangan Turbin Air Ulir	15
Gambar 2.8. Rancang Bangun Turbin Aliran Pipa	16
Gambar 2.9. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro	17
Gambar 2.10. Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	19
Gambar 2.11. Klasifikasi Berdasarkan Debit dan <i>Head</i>	20
Gambar 2.12. Klasifikasi Jenis Turbin Air Terhadap <i>Head</i>	21
Gambar 2.13. Turbin Pelton	23
Gambar 2.14. <i>Runner</i> Turbin Turgo	23
Gambar 2.15. <i>Runner</i> Turbin <i>Crossflow</i>	24
Gambar 2.16. <i>Runner</i> Turbin Francis	25
Gambar 2.17. Turbin Kaplan	26
Gambar 2.18. Turbin <i>Screw</i>	27
Gambar 2.19. Bentuk Turbin <i>Hydrocoil</i>	27
Gambar 2.20. Dimensi $D_w$ , $Y$ , $D_{cb}$ , dan $t$	28
Gambar 2.21. Aliran di Dalam <i>Helical Vane Tube</i>	29
Gambar 3.1. Diagram Alir Penulisan	43
Gambar 3.2. Turbin <i>Hydrocoil</i>	47
Gambar 3.3. Desain <i>pitch</i> Turbin Tipe 1	47
Gambar 3.4. Desain <i>Pitch</i> Turbin Tipe 2	48
Gambar 3.5. Desain <i>Pitch</i> Turbin Tipe 3	48
Gambar 3.6. Skematik Sistem PLTMH yang Menggunakan Turbin <i>Hydrocoil</i> dan <i>Draft Tube</i>	49
Gambar 3.7. Diagram Alir Simulasi	51
Gambar 3.8. Tahap Geometri <i>Stator</i>	52
Gambar 3.9. Tahap Geometri <i>Rotor</i>	53

Gambar 3.10. Proses <i>Meshing Stator</i> dan <i>Rotor</i>	54
Gambar 3.11. Tahap <i>Setup</i>	55
Gambar 3.12. Proses <i>Running</i> Simulasi	57
Gambar 3.13. Lokasi Penelitian	59
Gambar 4.1 <i>Contour</i> Kecepatan Putaran 500 Rpm Pada Tiap Variasi	61
Gambar 4.2 <i>Contour</i> Kecepatan Putaran 700 Rpm Pada Tiap Variasi	62
Gambar 4.3 <i>Contour</i> Kecepatan Putaran 900 Rpm Pada Tiap Variasi	63
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kecepatan Putar Terhadap Kecepatan Aliran Pada Setiap Variasi.	64
Gambar 4.5 <i>Contour</i> Tekanan Putaran 500 Rpm Pada Tiap Variasi	65
Gambar 4.6. <i>Contour</i> Tekanan Putaran 700 Rpm Pada Tiap Variasi	66
Gambar 4.7. <i>Contour</i> Tekanan Putaran 900 Rpm Pada Tiap Variasi	67
Gambar 4.8. Grafik Hubungan Kecepatan Putar Terhadap <i>Absolute Pressure</i> Pada Setiap Variasi.	68
Gambar 4.9. <i>Streamline</i> Putaran 500 Rpm Pada Tiap Variasi	69
Gambar 4.10. <i>Streamline</i> Putaran 700 Rpm Pada Tiap Variasi	70
Gambar 4.11. <i>Streamline</i> Putaran 900 Rpm Pada Tiap Variasi	70
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kecepatan Putar Terhadap <i>Streamline Velocity</i> / Torsi Pada Setiap Variasi.	73
Gambar 4.13. Grafik Hubungan Kecepatan Putar Terhadap Daya Turbin Pada Setiap Variasi.	74
Gambar 4.14. Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Terhadap Efisiensi Pada Tiap Variasi.	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	9
Tabel 2.2. Klasifikasi sistem pembangkit listrik tenaga air	20
Tabel 3.1. Ukuran diameter <i>pitch</i> turbin pada tiap variasi	49
Tabel 3.2. Jumlah <i>element</i> dan <i>nodes</i>	54
Tabel 3.3. Tahap <i>Setup</i>	57
Tabel 3.4. Alat proses perancangan	57
Tabel 3.4. Alat pengambilan data pengujian	58
Tabel 3.5. Bahan dan Material yang digunakan	58
Tabel 4.1 <i>Fluid velocity</i>	64
Tabel 4.2 <i>Absolute pressure</i>	68
Tabel 4.3 Kinerja turbin variasi 1	71
Tabel 4.4 Kinerja turbin variasi 2	71
Tabel 4.5 Kinerja turbin variasi 3	71
Tabel 4.6 Nilai torsi pada tiap variasi	72
Tabel 4.7 Nilai daya turbin pada tiap variasi	73
Tabel 4.8 Nilai efisiensi turbin pada tiap variasi	74

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
P1	Tekanan statik fluida
P2	Kerapatan fluida cair
V	Kecepatan rata – rata fluida cair
Z	Titik elevasi
H <sub>L</sub>	<i>Head</i> karena rugi – rugi mayor
H <sub>Lm</sub>	<i>Head</i> karena rugi – rugi minor
A <sub>pipa</sub>	Luas penampang pipa
D	Diameter dalam pipa
$\pi$	3,14
$\dot{m}$	Laju aliran massa
Q	Debit fluida
P <sub>tot</sub>	Tekanan total
P <sub>statis</sub>	Tekanan statis
P <sub>dinamis</sub>	Tekanan dinamis
P <sub>potensial</sub>	Daya potensial
G	Percepatan gravitasi
H <sub>t</sub>	<i>Head</i> turbin
$\eta$	Efisiensi turbin
$\omega$	Kecepatan angular
T	Torsi turbin
v'	Fluktuasi Kecepatan (m/s)
v <sub>r</sub>	Kecepatan relatif (domain yang berputar) [m/s]
t	Waktu
P	Daya [kW]
N	Kecepatan Putaran [rpm]
F <sub>t</sub>	Gaya Turbin [N]