

**PENGARUH KERUGIAN ENERGI BERDASARKAN
SUDUT KEMIRINGAN *PENSTOCK* TERHADAP
KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH) TURBIN
*CROSS-FLOW***



**PRASETYO DWI SAPUTRO
NIM: 41318010011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023**

PENGARUH KERUGIAN ENERGI BERDASARKAN SUDUT KEMIRINGAN
PENSTOCK TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH) TURBIN *CROSS-FLOW*



UNIVERSITAS
Disusun oleh:
MERCU BUANA

Nama	: Prasetyo Dwi Saputro
NIM	: 41318010011
Program Studi	: Teknik Mesin

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

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH KERUGIAN ENERGI BERDASARKAN SUDUT KEMIRINGAN
PENSTOCK TERHADAP KINERJA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH) TURBIN *CROSS-FLOW*

Disusun oleh:

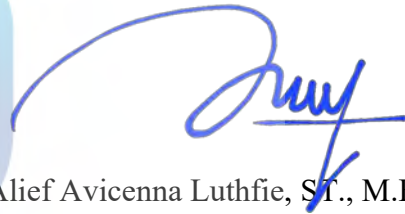
Nama : Prasetyo Dwi Saputro
NIM : 41318010011
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 07 Februari 2023

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Penguji Sidang I



(Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini)

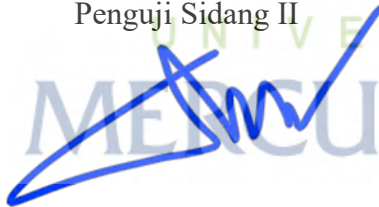
(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIK/NIP. 216890126

NIK/NIP. 216910097

Penguji Sidang II

Penguji Sidang III



(Prof. Dr. Chandrasa Soekardi)

(Dr. Abdul Hamid)

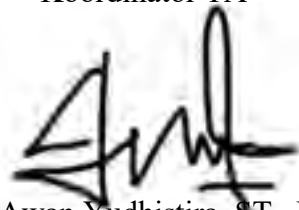
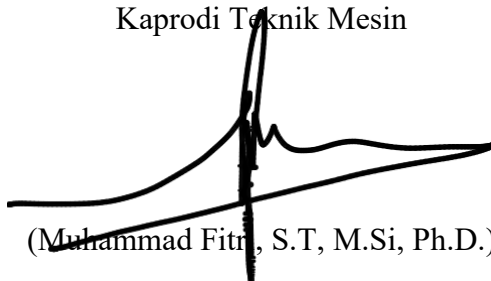
NIK/NIP: 114570409

NIK/NIP: 616460096

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Muhammad Fitri, S.T, M.Si, Ph.D.)

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

NIK/NIP. 118690617

NIK/NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Prasetyo Dwi Saputro

NIM : 41318010011

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kerugian Energi Berdasarkan Sudut Kemiringan
Penstock Terhadap Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga
Mikrohidro (PLTMH) Turbin *Cross-Flow*

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, 07 Februari 2023



Prasetyo Dwi Saputro

PENGHARGAAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan Kerja Praktik dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak yang memudahkan urusan penulis dengan memberikan berbagai bantuan baik materil maupun moril. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Muhammad Fitri, S.T, M.Si, Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
2. Bapak Gilang Awan Yudhistira, S.T, M.D selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
3. Bapak Dr. Eng. Deni Shidqi Khaerudini selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
4. Keluarga besar yang telah memberikan *support* baik moril maupun *materil* dalam segala kegiatan yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini
5. Keluarga Besar Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Angkatan 2018 yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.
6. Tesi Dwi Mulyani yang selalu memberikan *support* dalam segala kegiatan yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut dan tanpa mengurangi rasa hormat saya. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Jakarta, 07 Februari 2023



Prasetyo Dwi Saputro

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	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-DASAR DINAMIKA FLUIDA	18
2.2.1. Persamaan <i>Bernoulli</i>	18
2.2.2. Luas Penampang Pipa	19
2.2.3. Debit	19
2.2.4. Kecepatan Rata-rata Air	20
2.3. PEMBANGKIT LISRIK TENAGA MIKROHIDRO	20
2.4. KOMPONEN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO	22

2.4.1.	Bendungan	22
2.4.2.	Saringan	22
2.4.3.	Pintu Pengambilan Air	23
2.4.4.	<i>Penstock</i>	23
2.4.5.	Katup	23
2.4.6.	Rumah Pembangkit	23
2.5.	PIPA PESAT (<i>PENSTOCK</i>)	24
2.5.1.	Diameter Pipa	24
2.5.2.	Rugi Aliran Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	24
2.6.	ALIRAN PADA SALURAN TERTUTUP (PIPA)	25
2.6.1.	Percobaan <i>Osborn Reynolds</i>	27
2.6.2.	Hukum Tekanan Gesek	29
2.6.3.	Aliran Laminar Dalam Pipa	30
2.6.4.	Aliran Turbulen dan Tegangan <i>Reynolds</i>	30
2.7.	KEHILANGAN ENERGI PADA SISTEM PERPIPAAN	32
2.7.1.	Kehilangan Energi Akibat Gesekan	32
2.7.2.	Kehilangan Energi Akibat Perubahan Penampang	34
2.8.	KLASIFIKASI TURBIN	38
2.8.1.	Turbin Impuls	38
2.8.2.	Turbin Reaksi	40
2.9.	TURBIN <i>CROSS-FLOW</i>	42
2.10.	PARAMETER TURBIN	45
2.10.1.	Daya Potensial	45
2.10.2.	Torsi	45
2.10.3.	Kecepatan Putaran	46
2.10.4.	Daya Turbin	46
2.10.5.	Efisiensi Total	47

2.10.6.	Koefisien Torsi	47
BAB III	METODOLOGI	48
3.1.	DIAGRAM ALIR	48
3.1.1.	Studi Literatur	49
3.1.2.	Persiapan Alat dan Bahan	49
3.1.3.	Desain Turbin <i>Cross-flow</i>	49
3.1.4.	Desain Rumah Turbin <i>Cross-flow</i>	50
3.1.5.	Desain <i>Penstock</i>	51
3.1.6.	Skematika Pengujian	54
3.1.6.	Analisis Data	55
3.1.7.	Langkah – Langkah Pengambilan Data	55
3.1.8.	Metode Pengambilan Data	59
3.1.9.	Hasil dan kesimpulan	61
3.2.	ALAT DAN BAHAN	62
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	66
4.1.	PENDAHULUAN	66
4.2.	DATA PENGUJIAN	66
4.2.1.	Luas Penampang Pipa	66
4.2.2.	Debit	67
4.2.3.	Kecepatan Rata-Rata Air	67
4.2.4.	Daya Potensial	68
4.2.5.	<i>Head</i>	68
4.3.	PERHITUNGAN <i>HEAD LOSSES PENSTOCK</i>	68
4.3.1.	Perhitungan Kecepatan Aliran pada <i>Penstock</i>	69
4.3.2.	Perhitungan <i>Head Losses Mayor Penstock</i>	69
4.3.3.	Perhitungan <i>Head Losses Minor Penstock</i>	71

4.3.4.	Perhitungan <i>Head Efektif</i>	74
4.4.	HASIL PENGUJIAN TURBIN	75
4.4.1.	<i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan 15° dengan Panjang Pipa 0,84 meter	75
4.4.2.	<i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan 30° dengan Panjang Pipa 0,86 meter	75
4.4.3.	<i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan 45° dengan Panjang Pipa 1 meter	80
4.5.	HASIL DAYA TURBIN PERHITUNGAN DAYA	83
4.5.1.	Hasil Perhitungan Daya pada Sudut Kemiringan <i>Penstock</i> 15°	83
4.5.2.	Hasil Perhitungan Daya pada Sudut Kemiringan <i>Penstock</i> 30°	85
4.5.3.	Hasil Perhitungan Daya pada Sudut Kemiringan <i>Penstock</i> 45°	88
4.6.	ANALISIS EFISIENSI TURBIN <i>CROSS-FLOW</i>	90
BAB V	PENUTUP	95
5.1.	KESIMPULAN	95
5.2.	SARAN	96
	DAFTAR PUSTAKA	97
	LAMPIRAN	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skematika Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	22
Gambar 2.2.	Alat Osborn Reynolds	27
Gambar 2.3.	Aliran Laminar (a), Kritik (b) dan Turbulen (c)	28
Gambar 2.4.	Kehilangan Energi Akibat Energi-Kecepatan	29
Gambar 2.5.	Transfer Momentum Dalam Aliran Zat Cair	31
Gambar 2.6.	Diagram Moody	36
Gambar 2.7.	Turbin <i>Turgo</i>	39
Gambar 2.8.	Turbin Pelton	39
Gambar 2.9.	Turbin <i>Cross-flow</i>	40
Gambar 2.10.	Turbin <i>Francis</i>	41
Gambar 2.11.	Turbin <i>Kaplan</i>	41
Gambar 2.12.	Turbin <i>Propeller</i>	42
Gambar 2.13.	Komponen-komponen utama Turbin <i>cross-flow</i>	44
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian.	48
Gambar 3.2.	Desain Turbin <i>Cross-flow</i>	50
Gambar 3.3.	Desain Rumah Turbin <i>Cross-flow</i>	51
Gambar 3.4.	Desain <i>Penstock</i> 15°	52
Gambar 3.5.	Desain <i>Penstock</i> 30°	52
Gambar 3.6.	Desain <i>Penstock</i> 45°	53
Gambar 3.7.	Skematika <i>Penstock</i>	54
Gambar 3.8.	Skematika Pengujian	54
Gambar 3.9.	Tempat Pengujian	56
Gambar 3.10.	Pengujian Putaran pada Turbin	57
Gambar 3.11.	Mengukur Tegangan Kuat Arus	58
Gambar 3.12.	Pengujian Torsi	58
Gambar 3.13.	Diagram Pengambilan Data	60
Gambar 3.14.	Turbin <i>Cross-flow</i>	62
Gambar 3.15.	Generator	63
Gambar 3.16.	<i>Multimeter</i>	63
Gambar 3.17.	<i>Tachometer</i>	64
Gambar 3.18.	Neraca Pegas	64

Gambar 3.19. Lampu DC	65
Gambar 3.20. Pipa PVC	65
Gambar 4.1. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 15° terhadap Kecepatan Rotasi (RPM)	76
Gambar 4.2. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 15° terhadap Tegangan (volt)	77
Gambar 4.3. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 15° terhadap Arus (Amp)	77
Gambar 4.4. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 15° terhadap Torsi (Nm)	77
Gambar 4.5. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 30° terhadap Kecepatan Rotasi (RPM)	79
Gambar 4.6. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 30° terhadap Tegangan (volt)	79
Gambar 4.7. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 30° terhadap Arus (Amp)	79
Gambar 4.8. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 30° terhadap Torsi (Nm)	80
Gambar 4.9. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 45° terhadap Kecepatan Rotasi (RPM)	81
Gambar 4.10. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 45° terhadap Tegangan (volt)	82
Gambar 4.11. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut kemiringan Pipa 45° terhadap Arus (Amp)	82
Gambar 4.12. Hubungan Antara <i>Head Efektif</i> Sudut Kemiringan Pipa 45° terhadap Torsi (Nm)	82
Gambar 4.13. Grafik Efisiensi Setiap Variasi Sudut Kemiringan <i>Penstock</i>	92
Gambar 4.14. Grafik Koefisien Torsi Setiap Variasi Sudut Kemiringan <i>Penstock</i>	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2. Klasifikasi PLTA	21
Tabel 2. 3. Aliran Viskositas	27
Tabel 2. 4. Koefisien Jenis Pipa	34
Tabel 2. 5. Klasifikasi Turbin	38
Tabel 3. 1. Data Kecepatan Sungai	59
Tabel 4. 1. Variasi Head Aktual	68
Tabel 4. 2. <i>Head Efektif</i>	75
Tabel 4. 3. Data Sudut Kemiringan Pipa 15° dan Panjang Pipa 0,84 Meter	76
Tabel 4. 4. Data Sudut Kemiringan Pipa 30° dan Panjang Pipa 0,86 Meter	78
Tabel 4. 5. Data Sudut Kemiringan Pipa 45° dan Panjang Pipa 1 Meter	80
Tabel 4. 6. Data Efisiensi pada Turbin <i>Cross-flow</i>	91



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
P_1	Tekanan <i>statik</i> fluida kondisi 1
P_2	Tekanan <i>statik</i> fluida kondisi 2
A	Luas Penampang [m^2]
Q	Debit [m^3/s]
V	Kecepatan aliran rata-rata [m/s]
ρ	Massa jenis fluida [kg/m^3]
\dot{m}	Laju aliran massa [kg/s]
g	Percepatan gravitasi [$9,8 m/s^2$]
h	Kedalaman titik pada fluida diam [m]
ω	Kecepatan sudut [rad/s]
η	Efisiensi total [%]
μ	<i>mu</i>
ρ	<i>rho</i>
π	<i>Phi</i>
hf	Kehilangan Energi
k	Koefisien Jenis Pipa
\emptyset	Sudut [derajat]

MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTMH	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
BBWS	Balai Besar Pengawas Sungai
FK	Faktor Korosi
PLN	Perusahaan Listrik Negara
PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
Re	<i>Reynolds</i>
Log	Logaritma
PVC	Polimer Termoplastik

