



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS *TAILRACE* UNTUK MENGURANGI FENOMENA
BACKPRESSURE BERBENTUK *VORTEX* PADA UNIT PLTMH
NIAGARA PT. BUMIYASA INDONESIA ENERGI**

SKRIPSI

Oleh:

Muhammad Rifqi Alfarizi

NIM. 2102421020

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS *TAILRACE* UNTUK MENGURANGI FENOMENA
BACKPRESSURE BERBENTUK *VORTEX* PADA UNIT PLTMH
NIAGARA PT. BUMIYASA INDONESIA ENERGI**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa
Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Muhammad Rifqi Alfarizi

NIM. 2102421020

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2025



“Skripsi ini kupersembahkan untuk ayah ibu, bangsa dan almamater”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN SKRIPSI

**ANALISIS *TAILRACE* UNTUK MENGURANGI FENOMENA
BACKPRESSURE BERBENTUK *VORTEX* PADA UNIT PLTMH
NIAGARA PT. BUMIYASA INDONESIA ENERGI**

Oleh:

Muhammad Rifqi Alfarizi

NIM. 2102421020

Program Studi Sarjana Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Rahmat Subarkah, S.T., M.T.

NIP. 197601202003121001

Pembimbing 2

Adi Syuriadi, M.T.

NIP. 197611102008011011

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.

NIP. 19660519199031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN SKRIPSI**

**ANALISIS *TAILRACE* UNTUK MENGURANGI FENOMENA
BACKPRESSURE BERBENTUK *VORTEX* PADA UNIT PLTMH
NIAGARA PT. BUMIYASA INDONESIA ENERGI**

Oleh:

Muhammad Rifqi Alfarizi

NIM. 2102421020

Program Studi Sarjana Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 18 Juli dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Rahmat Subarkah, S.T., M.T. NIP. 197601202003121001	Ketua		
2.	Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. NIP. 196108011989031001	Anggota		
3.	Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP. 19660519199031002	Anggota		

Depok, Juli 2025

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE.

NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rifqi Alfarizi

NIM : 21024210020

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pebangkit Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

**POLITEK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 11 Juli 2025


Muhammad Rifqi Alfarizi
NIM. 2102421020

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS TAILRACE UNTUK MENGURANGI FENOMENA BACKPRESSURE BERBENTUK VORTEX PADA UNIT PLTMH NIAGARA PT. BUMIYASA INDONESIA ENERGI

Muhammad Rifqi Alfarizi 1), Rahmat Subarkah1), Adi Syuriadi1)

1)Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi,
Jurusan Teknik Mesin,

Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : muhammad.rifqi.alfarizi.tm21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Fenomena backpressure berupa vortex pada saluran tailrace Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dapat mengakibatkan penurunan kinerja dan kerusakan struktur saluran. Penelitian ini bertujuan membuktikan keberadaan fenomena tersebut pada saluran tailrace PLTMH Niagara di Desa Rantau Nipis, Sumatera Selatan, melalui simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) menggunakan Ansys Fluent dengan parameter teknis saluran nyata. Hasil simulasi mengungkap pola aliran vortex dan penurunan tekanan signifikan di daerah outlet, yang mengindikasikan adanya backpressure yang merugikan. Selanjutnya, dilakukan simulasi variasi desain saluran dengan penambahan gate pembatas untuk menghilangkan vortex tersebut. Hasil menunjukkan bahwa semakin panjang gate pembatas, semakin berkurang fenomena vortex sehingga tekanan total di outlet meningkat dan tekanan backpressure menurun. Studi ini memberikan bukti numerik yang mendetail mengenai pengaruh modifikasi desain tailrace dan gate terhadap performa aliran dan efisiensi PLTMH. Meski demikian, hasil ini spesifik pada kondisi PLTMH Niagara sehingga perlu divalidasi pada desain dan lingkungan lain. Temuan ini menjadi dasar penting untuk optimasi desain saluran tailrace mikrohidro demi peningkatan kinerja dan keandalan instalasi.

Kata kunci: *CFD, Tailrace, Backpressure, Vortex, PLTMH Niagara*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS TAILRACE UNTUK MENGURANGI FENOMENA BACKPRESSURE BERBENTUK VORTEX PADA UNIT PLTMH NIAGARA PT. BUMIYASA INDONESIA ENERGI

Muhammad Rifqi Alfarizi 1), Rahmat Subarkah1), Adi Syuriadi1)

1)Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi,
Jurusan Teknik Mesin,

Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email : muhammad.rifqi.alfarizi.tm21@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

The phenomenon of backpressure in the form of vortex in the tailrace channel of Microhydro Power Plant (MHP) can result in decreased performance and damage to the channel structure. This study aims to prove the existence of this phenomenon in the tailrace channel of Niagara MHP in Rantau Nipis Village, South Sumatra, through Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations using Ansys Fluent with real channel technical parameters. The simulation results revealed vortex flow patterns and a significant pressure drop at the outlet region, indicating the presence of adverse backpressure. Subsequently, simulations of channel design variations with the addition of a restrictor gate to eliminate the vortex were carried out. The results show that the longer the restrictor gate is, the more the vortex phenomenon is reduced so that the total pressure at the outlet increases and the backpressure pressure decreases. This study provides detailed numerical evidence on the effect of tailrace and gate design modifications on the flow performance and efficiency of the MHP. However, these results are specific to the Niagara MHP conditions and need to be validated in other designs and environments. These findings provide an important basis for optimising the design of microhydro tailrace channels for improved plant performance and reliability.

Keywords: *CFD, Tailrace, Backpressure, Vortex, Niagara PLTMH*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Analisis Tailrace Untuk Mengurangi Fenomena Backpressure Berbentuk Vortex Pada Unit PLTMH Niagara PT. BumiYasa Indonesia Energi”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta. Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, S.T., M.T. IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Rahmat Subarkah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang sudah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Adi Syuriadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Ridwan selaku Pembimbing Akademik.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing dan memberikan ilmu, pengalaman, dukungan moril, dan bantuan lainnya selama masa studi dan penelitian
7. Seluruh tim PT. BumiYasa Indonesia Energi yang telah menerima saya dengan baik, mengayomi dalam pelaksanaan penelitian, dan memfasilitasi dengan baik.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan lainnya di masa kuliah dan membantu memberikan informasi mengenai penelitian.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Besar harapan dari penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Depok, 11 Juli 2024

Muhammad Rifqi Alfarizi
NIM. 2102421020





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro.....	6
2.1.1.1 Bak Penenang.....	6
2.1.1.2 <i>Penstock</i>	8
2.1.1.3 Turbin Air.....	9
2.1.1.4 <i>Draft Tube</i>	9
2.1.1.5 <i>Tailrace</i>	10
2.1.2 Aliran Fluida.....	11
2.1.3 Fenomena <i>Backpressure</i>	12
2.1.4 <i>Vortex</i>	13
2.1.5 Simulasi <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i>	13
2.1.6 Parameter Simulasi CFD.....	14
2.1.7 Hasil Simulasi CFD.....	15
2.2 Kajian Literatur.....	16
2.3 Kerangka Pemikiran.....	20



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Objek Penelitian	26
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	27
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	27
3.5 Metode Pengambilan Data Penelitian	28
3.6 Metode Analisis Data	28
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Penelitian.....	30
4.1.1 Geometri Keadaan Aktual.....	30
4.1.2 Geometri Improvisasi.....	31
4.1.3 <i>Grid Independence Test (GIT) & Validasi Desain</i>	32
4.1.4 <i>Setup Meshing</i>	33
4.1.5 <i>Setup Boundary Condition</i>	34
4.1.6 Hasil Simulasi Keadaan Aktual.....	36
4.1.7 Hasil Simulasi Sesudah.....	38
4.2 Pembahasan	42
4.2.1 Analisa Hasil Simulasi Aktual	42
4.2.2 Analisa Hasil Perbaikan Geometri <i>Tailrace</i>	43
4.2.3 Analisa Hasil <i>Velocity</i> Perbaikan Geometri <i>Tailrace</i>	46
4.2.4 Analisa Hasil Countour Perbaikan Geometri <i>Tailrace</i>	47
BAB V.....	48
PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bak Penenang PLTMH Niagara	7
Gambar 2. 2 Penstock PLTMH Niagara.....	8
Gambar 2. 3 Turbin kaplan.....	9
Gambar 2. 4 Draft tube PLTMH	10
Gambar 2. 5 Tailrace PLTMH Niagara	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 4. 1 Geometri <i>Tailrace</i> Keadaan Aktual.....	30
Gambar 4. 2 Geometri Tailrace Improvisasi	31
Gambar 4. 3 Grid Independence Test.....	32
Gambar 4. 4 Setup Meshing.....	33
Gambar 4. 5 Skewness Mesh Metric Spectrum	34
Gambar 4. 6 Setup Boundary Condition.....	35
Gambar 4. 7 Simulasi Keadaan Aktual	36
Gambar 4. 8 Simulasi keadaan Aktual	37
Gambar 4. 9 Simulasi Keadaan Aktual dengan vector arah.....	42
Gambar 4. 10 ΔP (Inlet - Outlet)	45
Gambar 4. 11 ΔP (Inlet - Outlet).....	46



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Variasi Panjang Gate dengan Vektor Arah.....	38
Tabel 4. 2 Variasi Panjang Gate dengan Kontur Total Pressure.	39
Tabel 4. 3 Variasi Posisi Gate Tengah dengan Vektor Arah	40
Tabel 4. 4 Variasi Posisi Gate Tengah (6.8m) dengan Kontur Total Pressure	41
Tabel 4. 5 Variasi Panjang Gate dengan dengan Kontur Total Pressure	43
Tabel 4. 6 Variasi Panjang Gate dengan dengan Kontur Total Pressure	45





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Energi terbarukan menjadi salah satu fokus utama dalam upaya memenuhi kebutuhan energi dunia secara berkelanjutan dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia adalah energi hidro, khususnya pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTMH)(Ubadari & Fakfak, 2025). PLTMH memiliki keunggulan dalam hal biaya investasi yang relatif rendah, dampak lingkungan yang minimal, serta kemampuan untuk menyediakan listrik di daerah terpencil seperti desa Rantau Nipis, Sumatera Selatan. Namun, dalam operasional PLTMH, terdapat beberapa tantangan teknis yang perlu diatasi agar kinerja dan keandalan pembangkit tetap optimal(Ubadari & Fakfak, 2025). Salah satu masalah yang sering muncul adalah fenomena *backpressure* pada saluran *tailrace*, yaitu tekanan balik yang terjadi akibat aliran air yang tidak lancar keluar dari turbin. *Backpressure* ini dapat menyebabkan terbentuknya *vortex* atau pusaran air di belokan *outlet tailrace*, yang mana berpotensi mengganggu aliran air serta merusak struktur saluran. Fenomena *vortex* ini menjadi perhatian penting karena dapat meurunkan kinerja aliran dimana terjadi perubahan aliran air. Berbagai penelitian dan rekayasa desain *tailrace* telah dilakukan untuk mengurangi dampak *vortex*, seperti modifikasi bentuk saluran, penambahan struktur pengarah aliran, dan optimasi sudut belokan (Wang et al., 2022). Namun, solusi yang ada belum sepenuhnya efektif atau belum disesuaikan dengan kondisi spesifik di lapangan, terutama untuk unit PLTMH di Rantau Nipis yang memiliki karakteristik aliran dan topografi unik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi kasus pada unit PLTMH Niagara milik PT. BumiYasa Indonesia Energi dengan fokus pada fenomena *backpressure* berbentuk *vortex* di saluran *tailrace*. Penelitian ini akan mengkaji kondisi aktual, melakukan rekayasa desain *tailrace* dengan variasi desain, serta melakukan simulasi aliran menggunakan software *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yaitu Ansys Fluent untuk menemukan posisi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan desain yang ideal guna mengurangi dampak *vortex* (Yang et al., 2018) (Ishak, 2023). Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan kinerja dan keandalan PLTMH serta menjadi referensi bagi pengembangan pembangkit minihidro lainnya.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah memahami karakteristik fenomena *backpressure* berbentuk *vortex* di saluran *tailrace* PLTMH Niagara dan menemukan desain *tailrace* yang paling efektif untuk mengurangi dampak tersebut. Melalui simulasi CFD, penelitian ini akan menganalisis perilaku aliran dan tekanan balik untuk mengidentifikasi solusi desain yang dapat meminimalkan *vortex* dan meningkatkan kinerja aliran yang keluar dari turbin. Adapun untuk penelitian ini memiliki batasan yang telah ditentukan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas fenomena *backpressure* dan *vortex* yang terjadi pada saluran *tailrace* unit PLTMH Niagara di Desa Rantau Nipis.
2. Analisis dan simulasi difokuskan pada variasi desain *tailrace* yang diusulkan untuk mengurangi *vortex* menggunakan Ansys Fluent R2 2021.
3. Simulasi menggunakan kondisi aliran *steady state* dengan asumsi aliran air bersifat turbulen dan tidak memperhitungkan perubahan debit secara dinamis.
4. Penelitian tidak membahas aspek mekanis turbin atau sistem pembangkit listrik secara keseluruhan, hanya fokus pada saluran *tailrace*.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang disampaikan, dalam penelitian ini memiliki beberapa permasalahan yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana karakteristik fenomena *backpressure* berbentuk *vortex* yang terjadi pada saluran *tailrace* unit PLTMH Niagara?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Desain *tailrace* seperti apa yang paling efektif dalam mengurangi dampak *backpressure* dan meningkatkan kinerja aliran air di saluran *tailrace* berdasarkan simulasi menggunakan Ansys Fluent?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dari penulisan skripsi ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis fenomena *backpressure* berbentuk *vortex* yang terjadi pada saluran *tailrace* unit PLTMH Niagara.
2. Menentukan desain *tailrace* yang efektif dalam mengurangi dampak *backpressure* dan memperbaiki kinerja aliran air di saluran *tailrace* menggunakan Ansys Fluent.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis bagi berbagai pihak, khususnya mahasiswa, kampus, dan perusahaan terkait desain *tailrace* untuk PLTMH. Manfaat yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
Bagi Mahasiswa Penelitian ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan di bidang pembangkit tenaga listrik, khususnya dalam operasi dan analisis PLTMH terkhusus pada bagian *tailrace*. Mahasiswa juga akan mendapatkan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi *backpressure* berbentuk *vortex* dan bagaimana hal ini berdampak pada *outlet* dari turbin menuju sungai, sehingga dapat mengoptimalkan operasional PLTMH dengan memanfaatkan pemodelan dan simulasi aliran menggunakan Ansys Fluent.
2. Bagi Politeknik Negeri Jakarta
Penelitian ini membantu kampus memperluas dan memperkaya basis pengetahuan dalam bidang sistem PLTMH. khususnya pada analisis desain pada *tailrace* PLTMH. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi tambahan materi ajar dalam empat kurikulum teknik mesin dan energi terbarukan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain itu, penelitian ini membuka peluang kerjasama dengan industri dalam kegiatan praktik kerja lapangan atau sebagai asisten penelitian, memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam menggunakan *software* simulasi seperti Ansys Fluent.

3. Bagi Perusahaan

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan yang bergerak di bidang energi, khususnya PLTMH, dengan menyediakan data dan analisis terkait pengaruh desain tailrace terhadap aliran keluar menuju sungai. Informasi ini dapat dimanfaatkan dalam evaluasi dan optimalisasi desain sistem eksisting, serta menjadi referensi dalam pengembangan proyek PLTMH di masa depan. Selain itu, kerja sama dengan institusi pendidikan melalui penelitian ini juga membuka peluang bagi perusahaan untuk merekrut tenaga kerja yang kompeten dan berpengalaman melalui program magang atau proyek penelitian bersama.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Berikut ini adalah sistematika penulisan skripsi, yaitu:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bagian awal penelitian yang menguraikan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan secara keseluruhan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat pembahasan mengenai kajian pustaka yang mendukung penelitian, mencakup pembahasan teoritis serta topik-topik yang menjadi fokus utama dalam penulisan skripsi ini.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian, termasuk prosedur kerja, metode pengumpulan data, teknik pengolahan data, serta proses analisis data yang diterapkan.

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini menjelaskan hasil penelitian berupa pengumpulan data dan pengolahan data beserta pembahasan.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari penelitian serta saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis data di atas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin panjang gate pembatas pada saluran *tailrace*, semakin stabil dan terarah aliran air yang mengalir. Hal ini menyebabkan pengurangan signifikan pada pembentukan vortex dan fenomena backpressure yang dapat mengganggu performa saluran.
2. Modifikasi geometri dengan penambahan gate pembatas berhasil mengurangi penurunan tekanan total yang ekstrem. Distribusi tekanan menjadi lebih merata dan tekanan balik yang merugikan berkurang, sehingga aliran lebih efisien dan risiko kerusakan struktural dapat diminimalkan.
3. Variasi posisi gate juga memberikan dampak signifikan terhadap pola aliran dan kecepatan fluida. Penempatan gate yang tepat dapat mengarahkan aliran sehingga meminimalkan area pusaran, dan memungkinkan performa saluran yang lebih optimal.
4. Secara keseluruhan, perubahan geometri *tailrace* dengan gate pembatas terbukti efektif dalam meningkatkan kestabilan aliran, mengurangi turbulensi, dan menjaga efisiensi sistem penyaluran air dari turbin.
5. Kelemahan dari solusi ini adalah jika gate diletakkan di bagian inlet *tailrace*, dapat mengakibatkan penurunan ekspansi daya turbin karena aliran masuk ke *tailrace* menjadi terhambat atau tidak terbuka secara optimal akibat adanya gate tersebut.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terkait nilai eksergi, penulis dapat memberikan beberapa saran, yaitu:

1. **Optimalisasi Panjang dan Posisi Gate Pembatas**
Dilakukan studi lanjutan untuk menentukan panjang dan posisi gate pembatas yang paling efektif dalam mengeliminasi *vortex* dan menyeimbangkan distribusi tekanan. Parameter ini harus dioptimalkan sesuai dengan kondisi operasional dan geometris saluran *tailrace*.
2. **Pengujian Eksperimental**
Untuk mendukung validasi simulasi numerik, disarankan dilakukan pengujian eksperimental di lapangan atau model fisik guna mengonfirmasi efek perbaikan geometri secara nyata dan mengukur parameter-parameter kunci seperti tekanan, kecepatan, dan pola aliran.
3. **Penggunaan Material dan Struktur Gate yang Tepat**
Mempertimbangkan bahan dan desain struktur gate yang tahan lama dan mampu menahan tekanan serta kondisi lingkungan operasional yang dinamis, agar modifikasi ini aman dan ekonomis dalam jangka panjang.
4. **Pemodelan Dinamis dan Kondisi Operasi Berbeda**
Simulasi lanjutan dengan mempertimbangkan berbagai kondisi operasi yang realistis (misalnya variasi debit aliran dan tekanan) perlu dilakukan untuk memastikan performa gate pembatas tetap optimal dalam berbagai skenario.
5. **Evaluasi Dampak Jangka Panjang**
Melakukan analisis dampak jangka panjang terhadap struktur *tailrace* dan efisiensi turbin untuk memastikan perubahan geometri ini tidak menimbulkan efek negatif lain yang mungkin baru muncul setelah waktu pemakaian tertentu.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Chowdhury, I. A. (2024). State-of-the-Art CFD Simulation: A Review of Techniques, Validation Methods, and Application Scenarios. *Journal of Recent Trends in Mechanics*, 9(2), 45–53. <https://doi.org/10.46610/jortm.2024.v09i02.005>
- Eswanto, E., & Syahputra, D. (2017). Analisa distribusi kapasitas aliran fluida di daerah percabangan pada sistem perpipaan. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(1).
- Ishak, M. A. (2023). *Studi Perencanaan Pikohidro pada Tailrace PLTMH Tombolo Energi*.
- Journal, N., Sukadana, I. G. K., Suarda, M., Widiarta, I. P., & Danus, I. (n.d.). *Natural Sciences Engineering Technology Journal CFD (Computational Fluid Dynamics) Simulation of Hydrodynamic Vortex Turbine Performance: Influence of Notch Angle Variation on Flow Patterns and Efficiency*. 2807–2820.
- Kumar Shukla, P., Mani, S., & Desmuhk, T. . (2016). Effect of Tail Race Levels on Performance of Draft Tube for Small Hydro Plants. *International Journal of Engineering Science and Computing (IJESC)*, 6(8). <https://www.researchgate.net/publication/340264034>
- Maika, N., Lin, N., & Khatamifar, M. (2023). *A review of gravitational water vortex hydro turbine systems for hydropower generation*. *Energies*, 16, 5394.
- Mohammed, M., Sarip, S., Aziz, S. A., & Mustafa, W. A. (2024). Systematic Review of Computational Fluid Dynamics Modelling and Simulation Techniques Employed in Vertical Axis Hydrokinetic Turbines. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 117(1), 51–71. <https://doi.org/10.37934/ARAM.117.1.5171>
- Rajpara, P., Banerjee, J., Patel, P. L., Tiwari, H., & Bhawe, S. (2012). Cfd Analysis of the Entire Hydraulic Passage of a Hydro-Electric Power Plant. *Proceeding of the Thirty Ninth National Conference on Fluid Mechanics and Fluid Power, December 2012*, 1–10.
- Slama, V., Simurda, D., & Lenhard, R. (2022). Pressure Losses Downstream of a Compact Valve in the Inlet Chamber of an Intermediate-Pressure Steam Turbine. *Energies*, 15(22). <https://doi.org/10.3390/en15228753>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Tiwari, G., Kumar, J., Prasad, V., & Patel, V. K. (2020). Utility of CFD in the design and performance analysis of hydraulic turbines — A review. *Energy Reports*, 6, 2410–2429. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.09.004>
- Tobo, Y. M., Ramayya, A. V., & Tibba, G. S. (2015). CFD simulation and optimization of very low head axial flow turbine runner. *International Journal of Renewable Energy Development*, 4(3), 181–188. <https://doi.org/10.14710/ijred.4.3.181-188>
- Ubadari, K., & Fakfak, K. (2025). *Studi Potensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Jurnal JEETech*. 79, 109–115.
- Vinayakumar, B., Antony, R., Binson, V. A., & Youhan, S. (2024). Experimental and numerical study on gravitational water vortex power plant for small water bodies. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 7, 100460. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100460>
- Wang, L., Cui, J., Shu, L., Jiang, D., Xiang, C., Li, L., & Zhou, P. (2022). Research on the Vortex Rope Control Techniques in Draft Tube of Francis Turbines. *Energies*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/en15249280>
- Wu, R., Wang, G., Yang, Z., Liao, R., & Cheng, Y. (2023). Influence of Wellbore Trajectory on Pressure Drop and Fluid Discharge. *Fluid Dynamics and Materials Processing*, 19(8), 2053–2066. <https://doi.org/10.32604/fdmp.2023.026301>
- Yang, J., Andreasson, P., Höglström, C. M., & Teng, P. (2018). The tale of an intake vortex and its mitigation countermeasure: A case study from akkats hydropower station. *Water (Switzerland)*, 10(7), 1–14. <https://doi.org/10.3390/w10070881>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Riwayat Hidup



1. Nama Lengkap : Muhammad Rifqi Alfarizi
2. NIM : 2102421020
3. Tempat, Tanggal Lahir : Tangerang, 16 Januari 2003
4. Jenis Kelamin : Laki – Laki
5. Alamat : Komplek Mutiara Garuda Blok A3 No.10, Kampung Melayu Timur, Teluknaga, Kabupaten Tangerang, Banten
6. Email : rifqialfarizi938@gmail.com
7. Pendidikan
 - SD (2008-2014) : SDIT At-Taqwa Garuda
 - SMP (2014-2017) : MTsN 1 Kota Tangerang
 - SMA (2017-2020) : SMAN 6 Kota tangerang
8. Program Studi : Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
9. Bidang Peminatan : PLTA & PLTGU
10. Tempat/Topik OJT : PT. Bekasi Power

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**