



© 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 *HEADLOSSES* PADA *PENSTOCK* TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PT BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh :
Pramudya Cahya Ramadhan
NIM. 2002421011

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2024**



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS HEADLOSSES PADA PENSTOCK
TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PT
BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI**

SKRIPSI

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

Oleh :
Pramudya Cahya Ramadhan
NIM. 2002421011

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2024**



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO

*“Hidup Bukan Untuk Saling Mendahului, Bermimpilah Sendiri - Sendiri”
-Hindia-*

PERSEMBAHAN

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



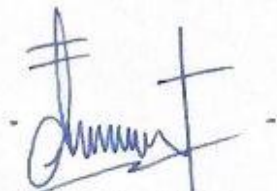
**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**ANALISIS HEADLOSSES PADA PENSTOCK
TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN
DI PT BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI**

Oleh :
Pramudya Cahya Ramadhan
NIM. 2002421011
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1



Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra S.Pd., M.T.
NIP. 199403092019031013

Pembimbing 2



Ir., Budi Santoso, M.T.
NIP. 195911161990111001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi



Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS HEADLOSSES PADA PENSTOCK TERHADAP DAYA YANG
DIHASILKAN DI PT BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI**

Oleh :

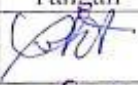


Pramudya Cahya Ramadhan

NIM. 2002421011

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal Juli 2024 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.	Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001	Ketua		26 Agustus 2024
2.	Ir. Agus Sukandi, M.T. NIP. 196006041998021001	Anggota		26 Agustus 2024
3.	Ir. Benhur Nainggolan, M.T. NIP. 196106251990031003	Anggota		26 Agustus 2024

Depok, 26 Agustus 2024

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 mengumunkan 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 : Pramudya Cahya Ramadhan

NIM : 2002421011

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit 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-bearnya.

Depok, 26 Agustus 2024



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Pramudya Cahya Ramadhan

NIM. 2002421011



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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS HEADLOSSES PADA PENSTOCK TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PT BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI

Pramudya Cahya Ramadhan¹⁾, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra¹⁾, Budi Santoso²⁾

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik
Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424.

Email: pramudya.cahyaramadhan.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Energi listrik adalah kebutuhan vital bagi kehidupan modern, baik untuk rumah tangga maupun industri, dan permintaannya di Indonesia terus meningkat. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM), seperti PT Bukaka Energi unit PLTM Cisanggiri di Kabupaten Garut dengan kapasitas 1,5 MW x 2 unit, memanfaatkan energi potensial dan kinetik air untuk menghasilkan listrik. Salah satu komponen utama PLTM adalah *penstock*, *penstock* yang mengalirkan air dengan aliran tertutup, yang mengalami kerugian *head* (*head losses*) yang mempengaruhi daya yang dihasilkan. Air yang masuk ke *penstock* PLTM Cisanggiri memiliki debit sebesar 1,42 m³/s, mempengaruhi kecepatan aliran, bilangan Reynold, dan faktor gesekan yang menentukan besarnya *head losses*. Rugi-rugi ini terdiri dari *major losses* akibat gesekan air terhadap permukaan *penstock* dan *minor losses* akibat *valve*. Pada debit tersebut, total *head losses* sebesar 2,054309 m menyebabkan *head nett* menjadi 113,125691 m, menghasilkan daya hidraulik 1602,84488 kW. Setelah memperhitungkan efisiensi sistem, daya netto yang dapat dimanfaatkan turbin adalah 1432,57397 kW. Dibandingkan dengan daya aktual turbin Unit 1 yang tercatat 1420 kW, perbedaan sebesar 12,57397 kW menunjukkan bahwa faktor *head losses* mempengaruhi daya yang dihasilkan. Berdasarkan analisis pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai *head losses* yang terjadi, semakin kecil daya yang dihasilkan, dan begitu pula sebaliknya.

Kata kunci : *Penstock, Head Losses, Major Losses, Minor Losses, Daya.*



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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS HEADLOSSES PADA PENSTOCK TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PT BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI

Pramudya Cahya Ramadhan¹⁾, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra¹⁾, Budi Santoso²⁾

Study Program of Bachelor of Applied Energy Generation Engineering Technology, Department of Mechanical Engineering, State Polytechnic of Jakarta, Kampus UI Depok 16425.

Email: pramudya.cahyaramadhan.tm20@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

Electric energy is vital for modern life, both for households and industries, and demand in Indonesia continues to increase. Minihydro Power Plants (PLTM), such as PT Bukaka Energi's PLTM Cisanggiri unit in Garut Regency with a capacity of 1.5 MW x 2 units, utilize the potential and kinetic energy of water to generate electricity. One of the main components of PLTM is the penstock, a pressure pipe that channels water in a closed flow, experiencing head losses that affect the generated power. The water entering the penstock at PLTM Cisanggiri has a flow rate of 1.42 m³/s, affecting flow velocity, Reynolds number, and friction factor, which determine the magnitude of head losses. These losses consist of major losses due to water friction against the penstock surface and minor losses due to valves. At this flow rate, total head losses of 2.054309 m reduce the net head to 113.125691 m, resulting in hydraulic power of 1602.84488 kW. After accounting for system efficiency, the net power available to the turbine is 1432.57397 kW. Compared to the actual power output of Unit 1 turbine, recorded at 1420 kW, the difference of 12.57397 kW indicates that head losses significantly impact the generated power. Based on the analysis in this study, the larger the head losses, the lower the generated power, and vice versa.

Keywords : Penstock, Head Losses, Major Losses, Minor Losses, Watt.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji serta syukur kepada kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISIS *HEADLOSSES* PADA PENSTOCK TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PT BUKAKA ENERGI UNIT PLTM CISANGGIRI”. 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 dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada :

1. Ibu Winarsih dan Bapak Sukur Suwardi selaku orang tua yang saya sayangi dan cintai sampai saat ini telah mendidik dan selalu mendukung segala kegiatan yang saya lakukan.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Muslimin, M.T., IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra S.Pd.,M.T. dan Bapak Ir.,Budi Santoso , M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan arahan hingga penelitian ini selesai.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing dan memberikan ilmu, pengalaman, dukungan moril, dan bantuan lainnya selama masa studi dan penelitian.
5. Seluruh tim PT. Bukaka Energi yang telah menerima saya dengan baik, mengayomi dalam pelaksanaan penelitian, dan memfasilitasi dengan baik.
6. Pak Firdaus Sebagai Pembimbing Perusahaan yang telah membimbing dan memberikan ilmu dan pengalaman selama penelitian.
7. Kakak saya Fajar Fikri Fuady dan Lisna Dewi telah memberi dukungan dan membantu saya sampai ditahap ini.
8. Muhammad Aditya Luthfi, Haris Munandar dan Catur Indah Prasasti sebagai sahabat yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam proses penulisan skripsi.

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Mohammad Ulum Akbar, Andreas Stevanus Barnabas, Yozar Hafiezh Andries, Zakia Nur Haliza, dan Evi Lativah selaku teman perjuangan di masa kuliah dan membantu memberikan informasi mengenai penelitian.
10. Kakak tingkat yang senantiasa memberikan informasi mengenai perkuliahan sampai sidang.
11. Teman – teman seangkatan program studi saya yang senantiasa memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi Politeknik Negeri Jakarta maupun semua pihak terutama pada bidang pembangkit listrik tenaga minihidro.

Depok, 24 Juli 2024

Pramudya Cahya Ramadhan
NIM. 2002421011



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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	IV
HALAMAN PENGESAHAN.....	V
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	VI
ABSTRAK	VII
ABSTRAK	VIII
KATA PENGANTAR	IX
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR GAMBAR	XIV
DAFTAR TABEL.....	XV
DAFTAR LAMPIRAN.....	XVI
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air	6
2.1.2 Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro	6
2.1.2.1 Prinsip Dasar PLTM.	7
2.1.2.2 Perubahan Energi di PLTM	9
2.1.2.3 Bagian - Bagian PLTM.....	11
2.1.3 Turbin Air.....	18
2.1.3.1 Prinsip Kerja Turbin Air	18
2.1.3.2 Klasifikasi Pemilihan Turbin Air	20
2.1.4 <i>Penstock</i>	21
2.1.5 Aliran Fluida.....	22



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

2.1.5.1 Kecepatan Aliran Fluida	22
2.1.5.2 Karakteristik Aliran	23
2.1.6 Head Losses	25
2.1.7 Persamaan yang Mendukung Penelitian.....	27
2.1.7.1 Persamaan Head Nett	27
2.1.7.2 Persamaan Daya Hidrolik	27
2.1.7.3 Persamaan Daya Turbin	28
2.2 Kajian Literatur	28
BAB III	34
3.1 Jenis Penelitian.....	34
3.1.1 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.1.2 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	36
3.2 Objek Penelitian	37
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	37
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	38
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian	38
3.6 Metode Analisis Data Penelitian	39
BAB IV	42
4.1 Data Spesifik <i>Penstock</i> dan contoh Perhitungan.....	42
4.1.1 Perhitungan Kecepatan Aliran Pada <i>Penstock</i>	43
4.1.2 Perhitungan Mencari reynold number	44
4.1.3 Menentukan Faktor gesekan (f).....	45
4.1.4 Perhitungan <i>Headlosses major</i>	45
4.1.5 Perhitungan <i>Headlosses minor</i>	46
4.1.6 Perhitungan <i>Headlosses Total</i>	47
4.1.7 Perhitungan <i>Head Nett</i>	48
4.1.8 Perhitungan Daya Hidrolik Air	48
4.1.9 Perhitungan Daya Hidrolik Air Sesudah Dikurangi <i>Headlosses</i>	49
4.1.10 Perhitungan Daya Turbin	50
4.2 Analisis Dan Pembahasan Hasil Perhitungan	51
4.2.1 Analisis Data Keseluruhan Hasil Perhitungan	51



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

4.2.2 Analisis <i>Headlosses</i> Total Terhadap Daya Aktual yang Dihasilkan Turbin Unit 1	53
4.2.3 Analisis Perbandingan Hasil Perhitungan Daya Turbin dan Daya Yang dihasilkan Turbin Unit 1.....	55
BAB V.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	61





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 GAMBAR

Gambar 2. 1 Weir intake PLTM Cisanggiri.....	11
Gambar 2. 2 Water way PLTM Cisanggiri	12
Gambar 2. 3 <i>Headpond</i> PLTM Cisanggiri.....	13
Gambar 2. 4 <i>Penstock</i> PLTM Cisanggiri	13
Gambar 2. 5 Turbin Francis PLTM Cisanggiri.....	14
Gambar 2. 6 Generator PLTM Cisanggiri	15
Gambar 2. 7 Transformator PLTM Cisanggiri	17
Gambar 2. 8 <i>Powerhouse</i> PLTM Cisanggiri.....	17
Gambar 2. 9 Gardu Hubung PLTM Cisanggiri.....	18
Gambar 2. 10 Turbin Air Poros Vertical.....	19
Gambar 2. 11 Karakteristik Aliran dalam Pipa.....	24
Gambar 2. 12 Diagram Moody	24
Gambar 2. 13 Nilai Koefisien pada beberapa jenis Valve	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4. 1 Gambar Teknik Pada Pentock PLTM Cisanggiri.....	42
Gambar 4. 2 Menentukan Faktor Gesekan (f) Berdasarkan Diagram Moody	45
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan <i>Headlosses</i> Total Terhadap Daya Aktual yang Dihasilkan	54
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Daya Turbin dengan Daya Aktual yang Dihasilkan Turbin Unit 1	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air	6
Tabel 2. 2 Klasifikasi Berdasarkan Ketinggian Air atau Daerah Operasi Turbin.	20
Tabel 2. 3 Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifik	20
Tabel 2. 4 Klasifikasi Berdasarkan Putaran Nominal dan Run-away	21
Tabel 4. 1 Data Spesifik <i>Penstock</i> PLTM Cisanggiri	42
Tabel 4. 2 Data untuk Perhitungan Kecepatan Aliran Pada <i>Penstock</i>	43
Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran	43
Tabel 4. 4 Data Untuk Perhitungan Mencari Bilangan Reynold	44
Tabel 4. 5 Data Hasil Perhitungan Mencari Bilangan reynold	44
Tabel 4. 6 Data Untuk Perhitungan <i>Headlosses major</i>	45
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan <i>Headlosses major</i>	46
Tabel 4. 8 Data Untuk Perhitungan <i>Headlosses Minor</i>	46
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan <i>Headlosses minor</i>	47
Tabel 4. 10 Data Untuk Perhitungan <i>Headlosses Total</i>	47
Tabel 4. 11 Data Hasil Perhitungan <i>Headlosses Total</i>	47
Tabel 4. 12 Data Untuk Perhitungan <i>Head Nett</i>	48
Tabel 4. 13 Data Hasil Perhitungan <i>Head Nett</i>	48
Tabel 4. 14 Data Untuk Perhitungan Daya Hidrolik	48
Tabel 4. 15 Data Hasil Perhitungan Daya Hidrolik Air	49
Tabel 4. 16 Data Untuk Perhitungan Daya Hidrolik Air	49
Tabel 4. 17 Data Hasil Perhitungan Daya Hidrolik Air Sesudah Dikurangi <i>Headlosses</i>	50
Tabel 4. 18 Data Untuk Perhitungan Daya Turbin	50
Tabel 4. 19 Data Hasil Perhitungan Daya Turbin	51
Tabel 4. 20 Analisis Data Keseluruhan Hasil Perhitungan	51
Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan <i>Headlosses Total</i> Terhadap Daya Aktual yang dihasilkan Turbin unit 1	53
Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil Perhitungan Daya Turbin dan Daya Yang dihasilkan Turbin Unit 1	55

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



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 LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Gambar Teknik Penstock PLTM Cisanggiri.....	63
LAMPIRAN 2. Diskusi dengan Pembimbing Perusahaan	63
LAMPIRAN 3. Surat Keterangan Data Penelitian	64
LAMPIRAN 4. Valve jenis Butterfly di PLTM Cisanggiri.....	65





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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok yang sangat penting bagi kehidupan modern, baik dalam skala rumah tangga maupun industri. Di Indonesia, permintaan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan penggunaan perangkat listrik. Namun, penyediaan energi listrik sering kali tidak mampu memenuhi permintaan yang terus bertambah, terutama di daerah-daerah terpencil dan kurang terjangkau oleh jaringan listrik nasional. Kondisi ini menuntut adanya solusi alternatif yang dapat menyediakan energi listrik secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Salah satu solusi yang potensial untuk mengatasi masalah kekurangan energi listrik adalah dengan memanfaatkan sumber daya energi terbarukan. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan. PLTM menggunakan aliran air dari sungai atau waduk untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik. Indonesia, dengan kekayaan sumber daya airnya, memiliki potensi besar untuk mengembangkan PLTM sebagai penyedia energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pemanfaatan PLTM tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan energi listrik, tetapi juga mendukung pengurangan emisi karbon dan pemanfaatan sumber daya lokal.

PT Bukaka Energi unit PLTM Cisanggiri di Kabupaten Garut, merupakan salah satu pembangkit listrik yang menjalankan bisnis pembangkitan listrik tenaga minihidro dengan kapasitas 1,5 MW x 2 unit. Salah satu komponen kunci dalam PLTM adalah *Penstock*, pipa yang mengalirkan air dari reservoir ke turbin. *Penstock* mengarahkan air dengan tekanan yang kemudian diubah oleh turbin menjadi energi mekanis, yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator. Efisiensi turbin sangat dipengaruhi oleh *Headlosses* dalam *Penstock*, yaitu penurunan tekanan akibat gesekan, perubahan arah aliran, dan obstruksi lainnya, yang dapat mengurangi kinerja sistem PLTM secara keseluruhan[1].



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

Headlosses mengacu pada hilangnya energi fluida ketika air mengalir melalui pipa, yang disebabkan oleh gesekan internal, perubahan arah aliran, dan komponen lain seperti katup. *Headlosses* ini mengurangi *head* efektif atau *head nett* yang tersedia untuk menghasilkan daya pada turbin. Sehingga, semakin besar *Headlosses* yang terjadi, semakin kecil *head nett* yang tersedia dan berpengaruh negatif terhadap daya yang dihasilkan. Dengan kata lain, ada hubungan langsung antara *headlosses* dan daya yang dihasilkan, di mana peningkatan *headlosses* akan menyebabkan penurunan daya yang dihasilkan oleh turbin. Oleh karena itu, analisis terhadap pengaruh *Headlosses* pada *Penstock* terhadap daya yang dihasilkan menjadi penting untuk memaksimalkan efisiensi operasional dari PLTM. Hubungan daya yang dihasilkan terhadap variabel-variabel seperti debit air, kecepatan aliran, dan dimensi *Penstock*, serta besarnya *Headlosses*, akan menjadi fokus dalam penelitian ini. Penelitian ini akan berfokus pada identifikasi dan analisis faktor-faktor yang menyebabkan *Headlosses*, serta bagaimana pengaruhnya terhadap daya yang dihasilkan oleh PLTM.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas bahwa rumusan masalah dari penelitian ini dimulai dari beberapa hal, yaitu:

1. Bagaimana hubungan daya yang dihasilkan terhadap variabel-variabel seperti debit air, kecepatan aliran, dan dimensi *Penstock*, serta besarnya *Headlosses*.
2. Bagaimana pengaruh *Headlosses* pada *Penstock* terhadap daya aktual yang dihasilkan oleh turbin di PLTM Cisanggiri.
3. Bagaimana perbandingan dan perbedaan antara daya teoritis yang dihitung dengan daya aktual yang dihasilkan oleh turbin.

1.3 Batasan Masalah Penelitian

1. Penelitian hanya menganalisis *Headlosses* pada *Penstock* dengan material Besi Corten dan diameter tertentu di PLTM Cisanggiri.



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

2. Analisis *Headlosses minor* disebabkan oleh *valve tipe butterfly* saja.
3. Analisis hanya dilakukan pada daya yang dihasilkan oleh turbin unit 1 di PLTM Cisanggiri.
4. Pengukuran berdasarkan data operasional normal di PLTM Cisanggiri, tanpa simulasi kondisi ekstrem atau perangkat lunak khusus.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis hubungan daya yang dihasilkan terhadap variabel-variabel seperti debit air, kecepatan aliran, dan dimensi *Penstock*, serta besarnya *Headlosses*.
2. Menganalisis pengaruh *Headlosses* pada *Penstock* terhadap daya aktual yang dihasilkan oleh turbin di PLTM Cisanggiri.
3. Menganalisis dan membandingkan perbedaan antara daya teoritis yang dihitung dengan daya aktual yang dihasilkan oleh turbin.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat diperoleh dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Mahasiswa
Penelitian ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan di bidang pembangkit tenaga listrik, khususnya dalam operasi dan analisis kinerja *Penstock*. Mahasiswa juga akan mendapatkan pemahaman mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi *Headlosses* dan bagaimana hal ini berdampak pada daya yang dihasilkan oleh turbin, sehingga dapat mengoptimalkan desain dan operasional PLTM.
2. Bagi Politeknik Negeri Jakarta
Penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pembelajaran terkait sistem pembangkit listrik mini hidro, khususnya pada analisis *Headlosses* di *Penstock*. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi tambahan materi ajar dalam



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

kurikulum teknik mesin dan energi terbarukan. Selain itu, penelitian ini membuka peluang kerjasama dengan industri dalam kegiatan praktik kerja lapangan atau sebagai asisten penelitian, memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa

3. Bagi perusahaan

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi perusahaan dalam evaluasi kinerja *Penstock* di PLTM Cisanggiri. Perusahaan dapat menggunakan informasi ini untuk mengidentifikasi dan mengurangi *Headlosses*, yang pada gilirannya dapat meningkatkan daya yang dihasilkan dan efisiensi operasional. Penelitian ini juga dapat membantu perusahaan dalam perencanaan pemeliharaan dan optimalisasi desain *Penstock* untuk masa depan.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk memudahkan dalam memahami proposal skripsi ini, berikut sistematika penulisannya.

1. BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang penelitian, perumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, Batasan masalah penelitian, garis besar metode penyelesaian masalah, manfaat yang akan didapat, dan sistematika penulisan keseluruhan skripsi.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan/ penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam skripsi.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN



© 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

Bab Pembahasan terdiri dari beberapa subbab dimana setiap bab merupakan pembahasan dari setiap tujuan penulisan skripsi, oleh karena itu banyaknya subbab dalam pembahasan sama dengan banyaknya tujuan yang dinyatakan dalam Bab I.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Simpulan merupakan ringkasan atau inti dari setiap sub bab pembahasan yang menjadi jawaban atas tujuan penulisan skripsi yang telah dinyatakan dalam bab satu. Ringkasan boleh juga diawali dengan ringkasan singkat mengenai institusi yang menjadi objek penulisan skripsi.



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

Dari hasil perhitungan dan analisa pada BAB IV maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis ini menunjukkan bahwa peningkatan debit air dalam sistem penstock PLTM Cisangiri menyebabkan peningkatan kecepatan aliran, yang mengakibatkan *major losses* gesekan dan *minor losses*. Hubungan meningkatnya daya yang dihasilkan akan meningkatkan juga variabel-variabel seperti debit air, kecepatan aliran,, serta meningkatnya *Headlosses*.
2. Berdasarkan analisis ini, terdapat hubungan antara headlosses total pada penstock dan daya aktual yang dihasilkan oleh turbin Unit 1. Peningkatan headlosses menyebabkan head nett berkurang dan daya hidrolis berkurang, sehingga daya aktual pun berkurang. Pada rentang daya tertentu, headlosses total relatif stabil. Namun, ketika daya meningkat lebih jauh, headlosses total melonjak, menunjukkan bahwa pada kondisi operasi dengan beban yang lebih tinggi, gesekan dan hambatan dalam penstock meningkat tajam, yang secara signifikan menurunkan daya aktual yang dihasilkan oleh turbin serta mengurangi efisiensi keseluruhan sistem.
3. Berdasarkan analisis ini menunjukkan bahwa perhitungan teoritis dalam memprediksi daya yang dihasilkan oleh Turbin Unit 1 di PLTM Cisangiri cukup akurat, karena daya hasil perhitungan dan daya aktual yang dihasilkan selisishnya tidak begitu jauh.

5.2 Saran



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

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian lebih mendalam tentang analisis *Headlosses* pada *Penstock* terhadap daya yang dihasilkan pada PT Bukaka Energi Unit PLTM Cisanggiri sebagai berikut:

1. Optimalisasi Desain *Penstock* dengan mengevaluasi dan mengoptimalkan desain *penstock* untuk mengurangi gesekan dan hambatan, agar meningkatkan efisiensi turbin.
2. Pemeliharaan dan Inspeksi Berkala dengan melakukan pemeliharaan rutin dan inspeksi *penstock* untuk mencegah kerusakan yang dapat meningkatkan *headlosses*.
3. Pengendalian Aliran dan Tekanan dengan mengimplementasikan strategi pengendalian aliran dan tekanan untuk menjaga stabilitas aliran dan mengurangi *headlosses*.
4. Studi Komparatif dan Simulasi Lanjutan dengan melakukan studi lebih lanjut menggunakan simulasi untuk menemukan cara tambahan dalam mengurangi *headlosses* dan meningkatkan daya yang dihasilkan.

Dengan mempertimbangkan saran-saran ini, diharapkan penelitian selanjutnya dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan dalam pengelolaan dan peningkatan efisiensi pada PLTM Cisanggiri yang dikelola oleh PT Bukaka Energi.

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Muhamad *et al.*, “ANALISIS FAKTOR HEAD LOSSES PENSTOCK TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN DI PLTA SAGULING,” *J. POLITEKNOLOGI*, vol. 15, no. 3, pp. 239–244, 2016.
- [2] A. Holik, “ANALISIS FAKTOR HEAD LOSSES PIPA PESAT TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PARAKAN KONDANG Abdul,” *Semin. Teknol. Majalengka*, pp. 74–79, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.unma.ac.id/index.php/ST>
- [3] B. Anggara, J. Christian, and I. Harianda, “Beban Normal Dan Beban Puncak Di Unit Plta Pakkat Pt . Energy Sakti Santosa,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 03, no. 01, pp. 13–22, 2022.
- [4] M. Alatas, T. Gunawan, P. Setyono, T. Utami, and G. Sumodiningrat, *Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pengelolaan Mikrohidro berkelanjutan* Tahta Media Group. 2021.
- [5] M. F. Yahya, Y. Apriani, Z. Saleh, and A. Indah Lestari, “Evaluasi Kinerja Turbin Crossflow Dengan Jumlah Sudu 35,” *J. SINTA Sist. Inf. dan Teknol. Komputasi*, vol. 1, no. 1, pp. 41–48, 2024, doi: 10.61124/sinta.v1i1.11.
- [6] Kisto, “Optimasi Desain Penstock Intricate Countur dengan Kapasitas Hydro Power Plant 4 x 2 MW,” *J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 704–714, 2023.
- [7] Puji Rahayu, “PENGARUH DIAMETER PIPA PADA ALIRAN FLUIDA TERHADAP,” vol. 2, no. 1, 2021.
- [8] Mustakim, “PENGARUH REYNOLD NUMBER (RE) TERHADAP HEAD LOSSES PADA VARIASI JENIS BELOKAN PIPA (BERJARI – JARI DAN PATAH) Mustakim,” vol. 3, 2018.
- [9] P. R. D. S. Mendes, “A Note on the Moody Diagram,” 2024.
- [10] H. Sudibyoy, “Perhitungan Head Losses Pada Pipa Penstock Turbin Propeller,” vol. 4, 2018.



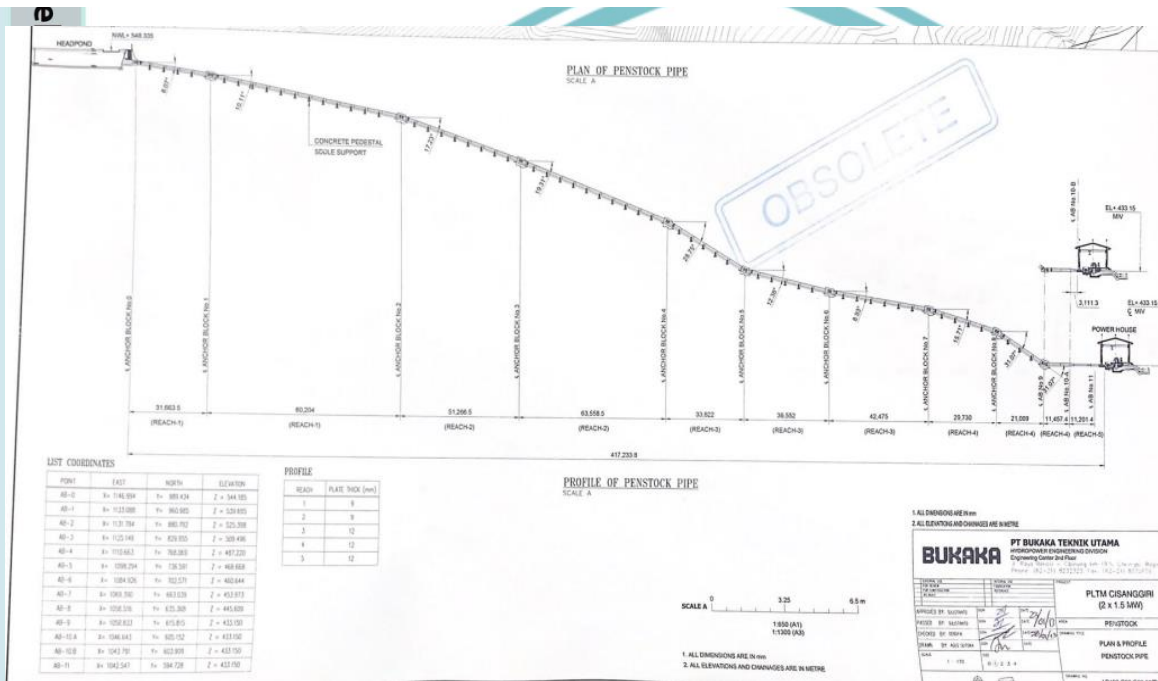
Hak Cipta :

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

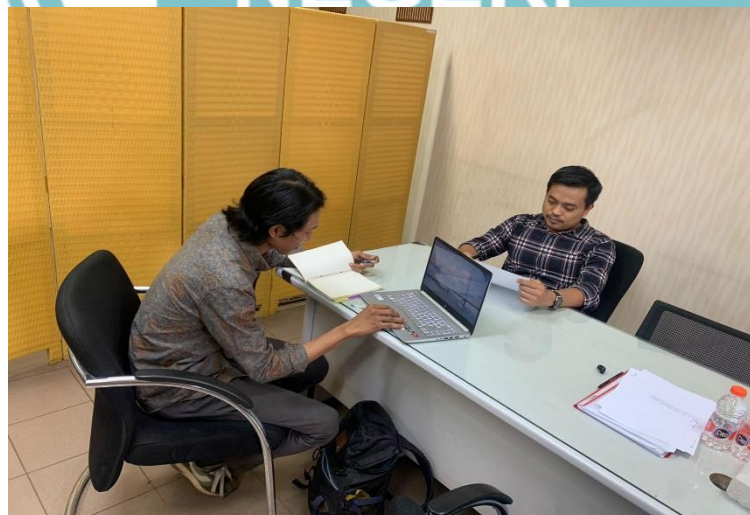
- [11] MUHAMAD DZAILANI, “ANALISIS PENGARUH SUDUT BELOKAN TERHADAP HEAD LOSSES PENSTOCK DI PLTA TIMO 3x4MW DISUSUN OLEH: MUHAMAD DZAILANI FINAL PROJECT ANALYSIS THE INFLUENCE OF TURN ANGLE ON PENSTOCK,” UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG, 2023.
- [12] S. Mahmud, “STUDI EKSPERIMENTAL HEAD LOSS DAN DEBIT ALIRAN PADA FRICTION APPARATUS DENGAN PERBEDAAN KONTRAKSI PERBESARAN DAN PENGECILAN PIPA,” Universitas Tidar, 2022.
- [13] E. J. Rumaherang, W. M. E. Wattimena, S. M. Rawulun, and E. Noya, “STUDI REGIM ALIRAN FLUIDA DAN PENENTUAN HEAD LOSS AKIBAT GESEKAN PADA INSTALASI PERPIPAAN,” *Archipel. Eng.*, vol. 3995, pp. 154–161, 2023.
- [14] K. K. A. B. Malang, A. Muzammil, N. Robbi, and M. Basjir, “ANALISA PENGARUH SUDUT PENSTOCK TERHADAP DAYA KELUARAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) LEMBAH,” pp. 34–38.
- [15] A. C. Alhabsyi, B. Badrun, and A. R. Yusuf, “Studi Perencanaan Pipa Penstock Pada Pembangunan PLTA Poso,” *J. Penelit. Tek. Sipil Konsolidasi*, vol. 1, no. 3, pp. 156–159, 2023, doi: 10.56326/jsk.v2i1.1563.
- [16] A. D. Pratama, E. Hidayah, R. Utami, and A. Wiyono, “Penentuan Desain Optimum Penstock untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Poreng , Jember Determination of the Optimum Penstock Design for a Micro-Hydro Power,” vol. 12, no. 1, pp. 71–80, 2021.
- [17] T. Rakhmawati and R. Hadiani, “OPTIMASI DIAMETER PIPA PESAT PADA MODEL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH),” no. 37, pp. 759–765, 2016.
- [18] W. Prayitno, *Turbin Air*, Cetakan Pertama., no. 0. yogyakarta: Graha Ilmu, 2007.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Gambar Teknik Penstock PLTM Cisanggiri



LAMPIRAN 2. Diskusi dengan Pembimbing Perusahaan



Hak Cipta :

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



LAMPIRAN 3. Surat Keterangan Data 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

SURAT KETERANGAN VALIDASI DATA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Firdaus A.Md.
Jabatan : Pembimbing Industri

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Pramudya Cahya Ramadhan
NIM : 2002421011
Program Studi : Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Telah melakukan pengambilan data di PT. Bukaka Energi, dan menyatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini bersifat akurat sesuai kondisi sebenarnya dan dapat dipertanggung jawabkan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk melengkapi persyaratan skripsi.
Atas perhatiannya terima kasih.

Cileungsi, 15 Agustus 2024
Pembimbing Industri


PETI
Cisanggiri
Ahmad Firdaus A.Md.
NIK : 12086067

LAMPIRAN 4. Valve jenis Butterfly di PLTM Cisanggiri



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