



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

TUGAS AKHIR

**KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO
PADA PLTA MUSI BENGKULU**

DISUSUN OLEH :

ADI KURNIAWAN

202312569

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN BISNIS ENERGI
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2026**

**KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO
PADA PLTA MUSI BENGKULU**

TUGAS AKHIR



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

DISUSUN OLEH :

ADI KURNIAWAN

202312569

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI DAN BISNIS ENERGI
INSTITUT TEKNOLOGI PLN
JAKARTA 2026**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Kajian Potensi Pembangkit Tenaga Mikrohidro pada PLTA Musi
Nama Mahasiswa : Adi Kurniawan
NIM : 202312569
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas/ Sekolah : Teknologi dan Bisnis Energi

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya/Sarjana/Magister, baik di lingkungan Institut Teknologi PLN maupun di suatu Perguruan Tinggi lain, sepanjang pengetahuan saya. Di dalam Tugas Akhir ini juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab, serta saya bersedia bertanggung jawab atas segala risiko jika ternyata pernyataan ini tidak benar.

Jakarta, 19 Februari 2026



(Adi Kurniawan)

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Kajian Potensi Pembangkit Tenaga Mikrohidro pada PLTA
Musi Bengkulu

Nama Mahasiswa : Adi Kurniawan

NIM : 202312569

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Fakultas/ Sekolah : Teknologi dan Bisnis Energi

Disetujui Oleh

Pembimbing I

Hendri, S.T., M.T.

NIDN : 0305058207



Diketahui Oleh

Kepala Program Studi

Muhammad Ridwan, S.T., MT.

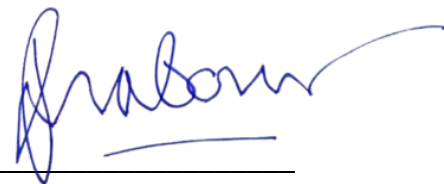
NIDN : 0315049103



Dekan / Direktur

Dr.Eri Prabowo, S.T., M.Kom.,IPU

NIDN : 0308126604



Tanggal Ujian : 13 Februari 2026

Tanggal Lulus :

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Tugas Akhir : Kajian Potensi Pembangkit Tenaga Mikrohidro pada PLTA Musi Bengkulu
Nama Mahasiswa : Adi Kurniawan
NIM : 202312569
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas/ Sekolah : Teknologi dan Bisnis Energi

Disetujui Oleh

Ketua Penguji

Dr. Drs. Prayudi, M.M., MT

NIDN : 0322056401

Anggota Penguji I

Ir, Roswati Nurhasanah, S.T., MT.

NIDN : 0302018806

Anggota Penguji II/ Pembimbing

Hendri, S.T., M.T.

NIDN : 0305058207

Diketahui Oleh

Kepala Program Studi

Muhammad Ridwan, S.T., MT.

NIDN : 0315049103

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ini saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat:

Hendri, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing

yang telah memberikan petunjuk, saran-saran, serta bimbingannya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Terima kasih yang sama saya sampaikan kepada:

1. Allah SWT dengan segala kasih dan anugerah-Nya yang telah memberikan kesehatan dan kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Drs M Thobri Burlian (Alm) dan Ibunda Nuraina serta ayunda liana sari dan selvi virgina sari yang selalu mendoakan kelancaran anak dan adiknya
3. Istriku Ika Shelly Adhriani dan Kedua anakku Almira Zareen Kurniawan dan Afifa Zhufairah Kurniawan yang selalu support ayah.
4. Manager Unit PT PLN Indonesia Power UBP Bengkulu Bapak Ariful Bahri yang telah mengizinkan pengambilan data Tugas Akhir.
5. Seluruh Rekan-Rekan Operasi dan Pemeliharaan PT PLN Indonesia Power UBP Bengkulu
6. Seluruh Tim Unit Pembangkit PLTA Musi
7. Keluarga besar mahasiswa Teknik Mesin 2024 K8 yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Jakarta, Februari 2026



(Adi Kurniawan)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Institut Teknologi – PLN, Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Adi Kurniawan
NIM : 202312569
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas/ Sekolah : Teknologi dan Bisnis Energi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Institut Teknologi PLN Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Kajian Potensi Pembangkit Tenaga Mikrohidro pada PLTA Musi Bengkulu.”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi PLN berhak untuk menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di :

Pada tanggal : Februari 2026

Yang Menyatakan


(Adi Kurniawan)

KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO PADA PLTA MUSI BENGKULU

Adi Kurniawan, 202312569

Dibawah Bimbingan Hendri, S.T., M.T.

ABSTRAK

PLTA Musi Bengkulu merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga air yang berperan penting dalam menopang sistem kelistrikan di wilayah Sumatera bagian selatan. Dalam pengoperasiannya, PLTA Musi menghasilkan limpasan air pada spillway samping yang belum dimanfaatkan secara optimal. Limpasan air ini berpotensi digunakan sebagai sumber energi alternatif melalui pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi limpasan air pada spillway PLTA Musi Bengkulu, menentukan debit andalan sebagai dasar perencanaan, serta menganalisis potensi energi listrik dan jenis turbin yang sesuai.

Metode penelitian yang digunakan meliputi pengumpulan data debit limpasan harian berdasarkan logsheet operasional PLTA Musi periode tahun 2021 hingga September 2025, analisis debit andalan menggunakan metode Flow Duration Curve (FDC), serta perhitungan potensi energi listrik dengan mempertimbangkan head, rugi-rugi energi (headloss), dan efisiensi sistem. Hasil analisis menunjukkan bahwa debit andalan Q₈₀ sebesar 0,0776 m³/s dengan head kotor 7,1 m dan head efektif sekitar 6,4 m. Berdasarkan analisis diagram pemilihan turbin, jenis turbin yang paling sesuai adalah turbin Crossflow. Dengan asumsi efisiensi turbin sebesar 75%, efisiensi transmisi belt 95%, dan efisiensi generator 90%, potensi daya listrik bersih yang dapat dihasilkan mencapai sekitar 3,12 kW. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limpasan air spillway PLTA Musi Bengkulu berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik skala kecil melalui sistem PLTMH, sehingga dapat meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan tanpa mengganggu fungsi utama PLTA.

Kata kunci: PLTMH, Limpasan spillway, debit andalan, turbin Crossflow, PLTA Musi.

STUDY OF THE POTENTIAL MICROHYDRO POWER PLANT AT THE MUSI BENGKULU HYDROPOWER PLANT

Adi Kurniawan, 202312569

Under The Guidance of Hendri, S.T., M.T

ABSTRACT

The Musi Bengkulu Hydroelectric Power Plant (PLTA Musi Bengkulu) is a hydroelectric power plant that plays a crucial role in supporting the electricity system in southern Sumatra. During its operation, the Musi Hydroelectric Power Plant (PLTA Musi Bengkulu) produces water runoff through its side spillway, which has not been optimally utilized. This runoff has the potential to be used as an alternative energy source through the development of a Micro-Hydro Power Plant (PLTMH). This study aims to assess the potential runoff from the spillway of the Musi Bengkulu Hydroelectric Power Plant, determine the dependable discharge as a basis for planning, and analyze the electrical energy potential and appropriate turbine types.

The research methods used include collecting daily runoff data based on the Musi Hydroelectric Power Plant's operational logsheet for the period 2021 to September 2025, analyzing the dependable discharge using the Flow Duration Curve (FDC) method, and calculating the electrical energy potential by considering head, energy losses, and system efficiency. The analysis results indicate that the dependable discharge Q_{80} is $0.0776 \text{ m}^3/\text{s}$, with a gross head of 7.1 m and an effective head of approximately 6.4 m. Based on the analysis of the turbine selection diagram, the most suitable turbine type is the Crossflow turbine.

Assuming a turbine efficiency of 75%, a belt transmission efficiency of 95%, and a generator efficiency of 90%, the potential net electrical power generation reaches approximately 3.12 kW. The results of this study indicate that the spillway runoff from the Musi Bengkulu Hydroelectric Power Plant (PLTA) has the potential to be utilized as a small-scale electrical energy source through a microhydropower (MHP) system, thereby increasing the utilization of renewable energy without disrupting the primary function of the hydroelectric power plant.

Keywords: MHP, spillway runoff, mainstay discharge, Crossflow turbine, Musi Hydroelectric Power Plant

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	1
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Ruang Lingkup Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian yang relevan	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1. Skala PLTA.....	9
2.2.2. Kelebihan dan Kekurangan	10
2.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	11
2.2.4. Jenis Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	14
2.2.5. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	16
2.2.6. Pipa Pesat (Penstock)	19
2.2.7. Turbin.....	21
2.2.8. Generator.....	24
2.2.9. Energi Air dalam Sistem Pembangkit	26
2.2.10. Analisa kondisi Iklim.....	29

2.2.11	Siklus Hidrologi	30
2.2.12.	<i>Debit Andalan</i>	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		34
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2	Desain Penelitian.....	35
3.3	Metode Pengumpulan Data	36
3.4	Metode Analisis Data	36
3.5	Jadwal Penelitian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		39
4.1	Produksi Listrik PLTA Musi Tahun 2021-2025	39
4.2	Data Capacity Factor PLTA Musi Tahun 2021-2025	41
4.3	Data Limpasan PLTA Musi	42
4.4	Analisis Debit Andalan	46
4.5	Analisis Layout PLTMH pada Spillway PLTA Musi.....	49
4.6	Analisis Potensi Energi Listrik.....	53
4.7	Parameter komponen yang dapat digunakan sesuai desain.....	56
4.8	Kajian Kelayakan Investasi.....	60
4.9	Analisis Risiko	62
BAB V PENUTUP.....		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		65
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		66
LAMPIRAN.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Intake Dam PLTA Musi	4
Gambar 1.2 Aliran Kelebihan air harian PLTA Musi	4
Gambar 2.1 Klasifikasi skala PLTA	10
Gambar 2.2 Bagian - Bagian PLTMH.....	13
Gambar 2.3 Desain Run Off River	15
Gambar 2.4 Desain Bendungan	15
Gambar 2.5 Prinsip Kerja PLTMH.....	17
Gambar 2.6 Pipa Pesat (Penstock).....	21
Gambar 2.7 Turbin Pelton	23
Gambar 2.8 Turbin Francis.....	24
Gambar 2.9 Generator	26
Gambar 2.10 Skema Siklus Hidrologi.....	32
Gambar 3. 1 Intake Dam PLTA Musi	34
Gambar 3. 2 Flowchart Proses metode penelitian.....	35
Gambar 4.1 Produksi kWh Tahun 2021-2025.....	39
Gambar 4.2 Grafik Capacity Factor Tahun 2021-2025.....	41
Gambar 4.3 Debit limpasan bulanan PLTA Musi (2021– Sept 2025)	43
Gambar 4.4 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2021	44
Gambar 4.5 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2022	44
Gambar 4.6 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2023	45
Gambar 4.7 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2024	45
Gambar 4.8 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2025	45
Gambar 4.9 Grafik Debit andalan.....	48
Gambar 4.10 Gambar Skematik PLTA Musi dan PLTMH.....	50
Gambar 4.11 Head tersedia berdasarkan lokasi.....	51
Gambar 4.12 Usulan Layout Tampak Dalam	51
Gambar 4.13 Usulan Layout Tampak Luar	52
Gambar 4.14 Aplikasi chart turbin	55
Gambar 4.15 Jenis Turbin Crossflow	57
Gambar 4.16 Sistem Drive Pulley	57
Gambar 4.17 Sistem Generator	58
Gambar 4.18 Butterfly Valve	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Schmidt dan Ferguson	30
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Penelitian	38
Tabel 4.1 Tabel Debit limpasan bulanan PLTA Musi (2021– Sept 2025)	43
Tabel 4.2 Nilai Perhitungan Debit Andalan	48
Tabel 4.3 Perhitungan Biaya Investasi	60
Tabel 4.4 Perhitungan IRR	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai salah satu sumber energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan energi potensial air untuk menghasilkan listrik. Bersamaan dengan kebutuhan mendesak untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, permintaan listrik nasional yang terus meningkat menjadikan tenaga air sebagai alternatif utama yang membantu mempercepat transisi menuju sumber energi berkelanjutan.

Salah satu aspek penting dalam pengelolaan PLTA adalah sistem pengendalian limpasan air atau spillway, yang berfungsi sebagai jalur pembuangan air berlebih dari bendung untuk menjaga kestabilan dan keselamatan struktur bendungan. Volume air yang melebihi kapasitas bendungan, baik karena hujan ekstrem maupun debit masuk yang tinggi, harus dikelola dengan sistem limpasan yang efektif untuk mencegah risiko kerusakan pada bendungan dan lingkungan sekitarnya.

Pengelolaan limpasan yang tidak optimal dapat menyebabkan banjir mendadak di hilir, kerusakan pada fasilitas pembangkit, dan bahkan kegagalan bendungan yang bersifat *Catastrophic*. Oleh karena itu, perancangan dan evaluasi sistem limpasan menjadi bagian krusial dalam perencanaan dan pengoperasian PLTA, terutama di wilayah dengan curah hujan tinggi dan pola aliran yang fluktuatif.

Penelitian mengenai perilaku limpasan air dan efisiensi sistem spillway sangat diperlukan untuk memastikan bahwa PLTA tidak hanya berfungsi sebagai pembangkit listrik, tetapi juga sebagai pengendali banjir yang aman. Dengan melakukan analisis hidrologi dan simulasi aliran, dapat ditentukan kapasitas optimal spillway serta skenario pengeluaran air yang aman terhadap perubahan debit masukan dan intensitas curah hujan.

Dikenal dengan laju aliran rata-rata tahunan antara 37,9 hingga 42,3 m³/s, PLTA Musi adalah pembangkit listrik tenaga air aliran sungai yang memanfaatkan Sungai Musi. Terdiri dari tiga unit pembangkit dengan kapasitas gabungan 3 x 70MW, PLTA Musi menghasilkan total 210 MW. Adapun spesifikasi peralatan untuk PLTA Musi adalah sebagai berikut :

<u>Operating year</u> Tahun Operasi	2006
<u>Type</u> Jenis Pembangkit	<u>Hydro Electric Power Plant</u> PLTA
<u>Turbine</u> Turbin	Voist Alphine Technology (VATECH) Vertical Shaft
<u>Generator</u> Generator	Mitsubishi Electric
<u>Power</u> Daya Terpasang	3 x 70 MW
<u>Annual Production Potential</u> Potensi Produksi	<u>1.140 GWh/year</u> 1.140 GWh/tahun

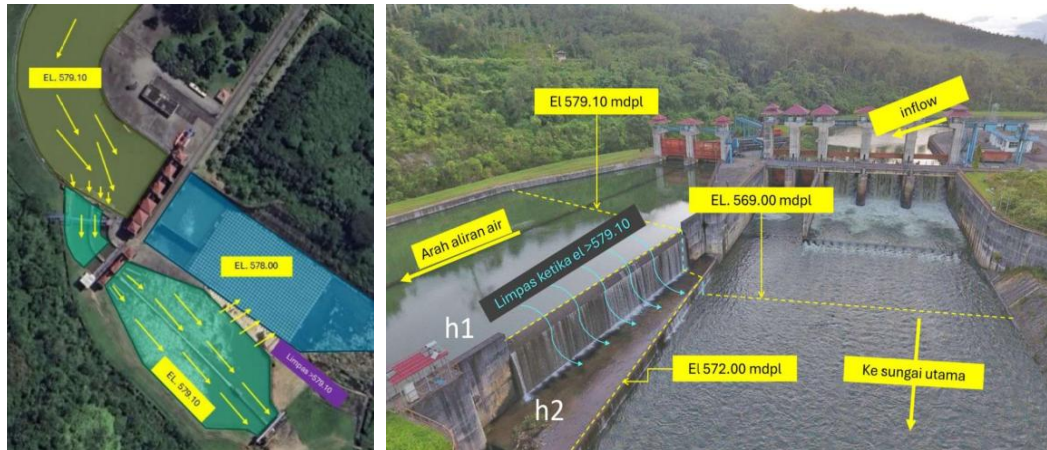
Tabel 1. 1 Spesifikasi PLTA Musi (Eksisting)

Kapasitas yang besar tersebut didukung dengan BPP yang rendah menjadikan PLTA Musi sebagai salah satu penopang sistem kelistrikan di Sumatera khususnya Sumatera bagian selatan.

Untuk mendukung pengoperasian PLTA Musi dilengkapi dengan Intake Dam dan Intake Fasilitas, yaitu :

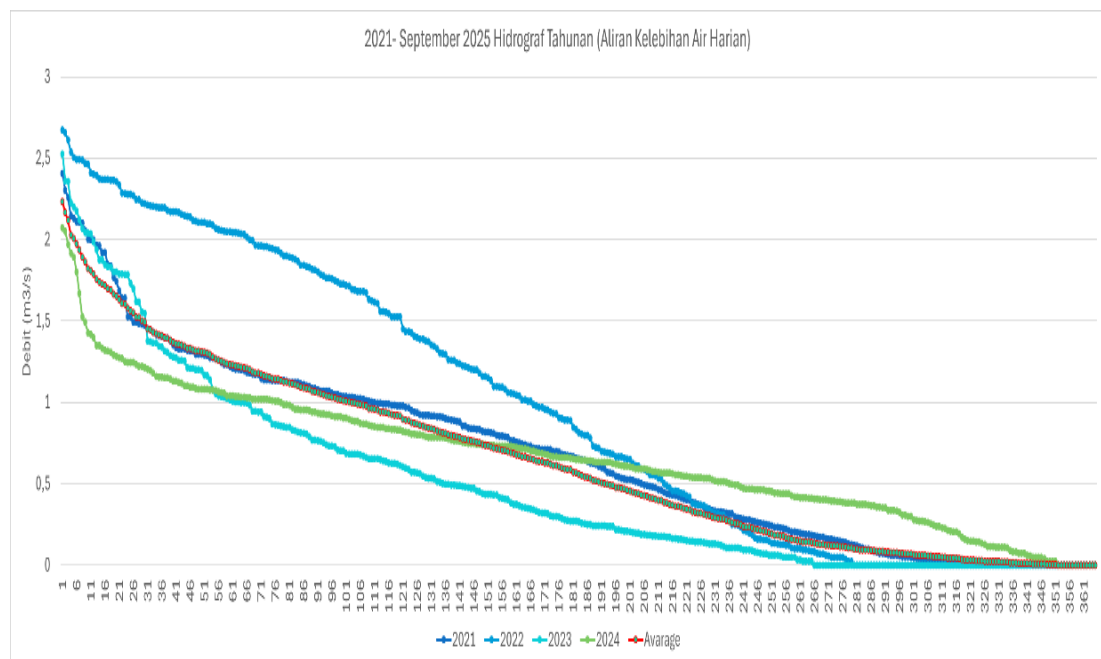
1. Gate Sand Trap Basin: tinggi 1,0 m x 2 buah x lebar 1,0 m.
2. Intake : lebar 10,2 m x 2 buah
3. Intake Gate : tinggi 5,2 m x lebar 10,2 m x 2 buah.
4. Sand Trap Basin : panjang 45,0 m x lebar 28,0 m x 2 buah
5. Scouringway : tinggi 7,0 m x lebar 6,0 m x 2 buah.
6. Spillway : tinggi 7,0 m x lebar 10,0 m x 3 buah.
7. Spillway samping : lebar 41,0 m
8. Trash Rack: tinggi 6,3 m x lebar 10,2 m x 2 buah

Dengan pola operasi di intake dam PLTA Musi, yang pengoperasiannya adalah berdasarkan kondisi level air dimana posisi air limpas di spillway basin pada posisi 579,10 Mdpl dan minimum level operasi di 578,0 Mdpl. Adapun gambar secara keseluruhan posisi intake dam seperti di bawah ini :



Gambar 1.1 Lokasi Intake Dam PLTA Musi

Data dari logsheet operasional pembangkit listrik PLTA Musi pada posisi spillway samping tahun 2021 - September 2025 bahwa dapat disimpulkan secara keseluruhan kelebihan air tidak selalu tersedia sepanjang tahun karena konsumsi air yang sangat dipengaruhi oleh permintaan sistem dan pasokan air musiman dari alam.



Gambar 1.2 Aliran Kelebihan air harian PLTA Musi

Dari data diatas dapat terlihat bahwa untuk rata-rata jumlah kelebihan aliran air tahunan di tahun 2021 sebesar 0,68m³/s, Tahun 2022 sebesar 0,95m³/s, tahun

2023 sebesar 0,49m³/s, tahun 2024 sebesar 0,66m³/s dan bulan januari s/d september tahun 2025 sebesar 0,42m³/s

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan memfokuskan pada analisis kapasitas limpasan pada spillway samping dengan tujuan memanfaatkan kelebihan air dari aliran sungai Musi.

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan penjelasan latar belakang diatas, maka penulis mengidentifikasi rumusan masalah berikut:

1. Menganalisa potensi limpasan air yang terjadi di PLTA Musi
2. Menganalisa potensi kwh yang dapat dihasilkan dari limpasan air dan jenis pembangkit yang sesuai

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan studi ini untuk mengatasi masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya dengan fokus pada tujuan-tujuan berikut:

1. Memanfaatkan kelebihan air dari aliran sungai (Penampungan air pembangkit listrik/Penstock)
2. Menilai potensi energi yang dapat dihasilkan dari limpasan aliran sungai pada posisi spillway samping dan head yang tersedia (dengan mempertimbangkan headloss)
3. Mendefinisikan parameter komponen pembangkit listrik yang sesuai dengan spesifikasi design.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencapai manfaat berikut:

1. Dapat mengetahui besaran nilai potensi limpasan air
2. Dapat mengetahui potensi energi yang dapat dimanfaatkan

1.5. Ruang Lingkup Masalah

Penelitian ini menyajikan pembahasan yang mendetail mengenai formulasi masalah yang telah diuraikan, mencakup poin-poin berikut:

1. Data yang digunakan berdasarkan data tahun 2021-September 2025.
2. Penelitian yang dilakukan hanya pada limpasan area Spillway samping
3. Tidak membahas kajian kelayakan investasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang relevan

Penulis menyajikan daftar rujukan yang detail mengenai studi-studi sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini.

1. Analisa Potensi PLTMH Di Air Terjun Kalipancur Kabupaten Semarang (Ariesta Adhitama Satya Negara (mahasiswa)¹, Dedi Nugroho S.T., M.T. (Pembimbing 1)², Agus Suprajitno S.T., M.T. (Pembimbing 2)³- 2019)

Peningkatan permintaan energi listrik secara tahunan di Indonesia memerlukan langkah-langkah tegas untuk memastikan kelancaran operasional kehidupan sehari-hari penduduknya. Implementasi Dengan memperhatikan potensi energi air, PLTA skala kecil merupakan upaya penting dalam memanfaatkan sumber energi kreatif dan berkelanjutan. Air terjun Kalipancur memiliki potensi hidroelektrik yang signifikan, dengan aliran air yang stabil sepanjang musim kemarau berkat asal usulnya dari Gunung Telomoyo. Studi ini menganalisis peluang yang ditawarkan oleh pembangkit listrik tenaga air skala kecil di wilayah tersebut. Hasil penelitian, yang dihasilkan dari perkiraan aliran air bulanan menggunakan teknik FJ MOCK, menunjukkan bahwa debit air yang dihasilkan adalah $Q_{80\%} = 0,6987 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan nilai probabilitas 80%. Ketinggian jatuh efektif diukur sebesar 92,8 meter. Penelitian ini menggunakan turbin aliran silang, yang dipilih karena ketinggian jatuhnya yang efisien. Di Air Terjun Kalipancur, energi potensial air ditemukan senilai 635,425 kW. Bersama dengan efisiensi sistem sebesar 0,613, daya listrik yang dihasilkan diperkirakan senilai 390 kW. Penelitian ini menggunakan generator sinkron AC tiga fasa yang beroperasi pada kecepatan turbin 1256,381 rpm. Beroperasi pada 1.500 putaran per menit, generator menghasilkan tegangan 380 volt dan frekuensi 50 hertz.

2. Perancangan PLTMH. Studi Kasus Di Curug Cigeuntis, Kec. Tegalwaru, Kab. Karawang, Jawa Barat (1Bayu Suryo Wiranto, 2Muhammad Rif'an, 3Massus Subekti)

Curug Cigeuntis dipilih sebagai lokasi uji untuk mendemonstrasikan penerapan model desain, terutama karena sumber air yang melimpah di wilayah tersebut, yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi. Untuk risetnya, studi ini menggabungkan kerangka kerja kualitatif dengan metode analitis deskriptif. Penelitian ini berfokus pada bidang teknik, khususnya formulasi desain sistem mikrohidro (MHP). Hal ini melibatkan validasi formulasi tersebut terkait dengan sistem MHP yang digunakan di Laboratorium Mini Hidro PLN. Dengan mempertimbangkan parameter alam seperti aliran air dan ketinggian air terjun di Curug Cigeuntis, proses desain mencakup berbagai komponen MHP, termasuk saluran intake, bendungan, pipa penstock, turbin, katrol, dan generator. Hasil studi menunjukkan Curug Cigeuntis memiliki ketinggian air terjun 25 meter serta debit air utama $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$. Sementara itu, ukuran kolam penenang adalah $0,83\text{m}$ lebar, $6,6\text{m}$ panjang, dan $2,2\text{m}$ tinggi, sedangkan luas area intake adalah $2,97 \text{ m}^2$. Pipa penstock dengan diameter 48 cm dan ketebalan $0,17 \text{ cm}$. Turbin yang terdiri dari total 18 bilah memiliki diameter $11,81 \text{ inci}$, panjang $3,8 \text{ inci}$, dan jarak antar bilah $2,1 \text{ inci}$. Sedangkan sambungan ke generator memiliki diameter $5,2 \text{ inci}$, pulley besar yang terhubung ke turbin berukuran $11,81 \text{ inci}$. Kapasitas generator adalah $104,1 \text{ kW}$.

3. Analisis Potensi PLTMH Di Air Terjun Gollae Kab. Pangkep (Nurhidayah C1 , Alex Saputra2 , Abdul Hafid3 , Andi Faharuddin4)

Makalah ini memberikan analisis mendalam dan pemahaman dasar tentang potensi Air Terjun Gollae untuk produksi tenaga PLTMH, sehingga dapat menjadi panduan dalam desain dan konstruksi proyek mikrohidro. Terletak di Kab. Pangkep, Air Terjun Gollae

memiliki gradien ketinggian yang signifikan, debit yang konsisten, dan aliran sungai yang menjamin pasokan air terus-menerus sepanjang tahun. Fitur-fitur ini secara kolektif menunjukkan potensi yang signifikan untuk pembangkitan sumber energi listrik. Penelitian ini memperkirakan laju aliran sungai, ketinggian air, dan luas penampang melintang di Air Terjun Gollae di Kabupaten Pangkep, serta menghitung potensi daya yang dapat dimanfaatkan untuk produksi listrik mikrohidro (MHP). Dua pendekatan terpisah—pengamatan dan tinjauan literatur—digunakan dalam metode pengumpulan data. Prosedur meliputi pengumpulan data secara teliti di lokasi penelitian menggunakan pengukuran akurat dan pengamatan langsung. Studi literatur mencakup pengumpulan informasi secara sistematis dari publikasi akademik dan sumber acuan yang sesuai dengan topik riset ini. Studi menunjukkan bahwa laju aliran air Air Terjun Gollae adalah $0,458\text{m}^3/\text{s}$. Tinggi air terjun tercatat 15,43 meter; luas penampang sungai mencapai 1,276 meter persegi. Konfigurasi ini menghasilkan daya keluaran sebesar 69,256 kW.

2.2 Landasan Teori

2.2.1. Skala PLTA

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), PLTA diklasifikasikan menurut kapasitas listrik yang terpasang, yang menghasilkan skala klasifikasi yang berbeda. Klasifikasi ini penting untuk menentukan pendekatan teknis, perizinan, dan kebijakan pengembangan energi.

Berikut adalah pembagian skala PLTA menurut SNI dan peraturan teknis di Indonesia:

- **PLTA Mikro:** Kapasitas hingga 100 kW. Biasanya digunakan untuk kebutuhan lokal, seperti desa terpencil atau rumah tangga.
- **PLTA Mini:** Kapasitas antara 101 kW hingga 1 MW. Cocok untuk komunitas kecil atau kawasan industri skala menengah.

- **PLTA Kecil:** Kapasitas antara 1 MW hingga 10 MW. Umumnya digunakan untuk kota kecil atau kawasan regional.
- **PLTA Sedang:** Kapasitas antara 10 MW hingga 50 MW. Sering digunakan untuk kebutuhan nasional dengan jaringan distribusi yang lebih luas.
- **PLTA Besar:** Kapasitas lebih dari 50 MW. Digunakan untuk mendukung sistem tenaga listrik nasional atau regional.

Klasifikasi berdasarkan SNI 8396:2019

<i>Istilah</i>	<i>Output daya</i>
Pico hydropower	< 5 kW
Micro hydropower A	5 - 100 kW
Micro hydropower B	100 - 200 kW
Micro hydropower C	200 - 600 kW
Micro hydropower D	600 kW - 1 MW
Mini hydropower (MHP)	1 MW - 10 MW
PLTA skala menengah	10 – 50 MW
Hydropower skala besar	> 50 MW

Gambar 2.1 Klasifikasi skala PLTA
(SNI 8396:2019)

2.2.2. Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan PLTMH

- Sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan PLTMH memanfaatkan energi air tanpa proses pembakaran sehingga tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama operasi. Dampak lingkungannya relatif kecil dibandingkan pembangkit fosil dan PLTA skala besar.
- Efisiensi energi tinggi dan stabil sistem PLTMH memiliki efisiensi konversi energi yang cukup tinggi, terutama karena langsung memanfaatkan energi potensial air. Turbin seperti Crossflow mampu bekerja stabil pada variasi debit.
- Cocok untuk daerah terpencil dan sumber air lokal PLTMH sangat sesuai untuk daerah yang belum terjangkau jaringan listrik karena dapat beroperasi secara mandiri (stand-alone system).

- Biaya operasi dan pemeliharaan relatif rendah setelah terpasang, biaya operasi PLTMH relatif kecil karena tidak memerlukan bahan bakar dan teknologi yang digunakan cukup sederhana.
- Dapat memanfaatkan limpasan air atau infrastruktur eksisting PLTMH dapat dikembangkan dengan memanfaatkan limpasan PLTA, saluran irigasi, atau bendung eksisting, sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya air.

Kekurangan PLTMH

- Sangat bergantung pada ketersediaan debit air Produksi energi PLTMH dipengaruhi oleh variasi debit musiman. Pada musim kemarau, daya yang dihasilkan dapat menurun signifikan.
- Kapasitas daya terbatas PLTMH hanya mampu menghasilkan daya relatif kecil dibandingkan PLTA skala besar, sehingga kurang cocok untuk beban industri besar.
- Sensitif terhadap sedimentasi dan sampah aliran air yang membawa sedimen dan material padat dapat menurunkan efisiensi turbin dan meningkatkan kebutuhan perawatan.
- Membutuhkan perencanaan teknis yang spesifik lokasi desain PLTMH sangat bergantung pada kondisi topografi, head, dan debit setempat sehingga tidak dapat diseragamkan untuk semua lokasi.
- Ketergantungan pada komponen mekanik lokal kualitas dan ketersediaan komponen seperti turbin, generator, dan sistem kontrol dapat memengaruhi keandalan jangka panjang PLTMH.

2.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Dengan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari aliran air untuk menghasilkan listrik, pembangkit listrik tenaga air mikrohidro didefinisikan sebagai fasilitas pembangkit listrik kecil yang

menghasilkan < 100 kW (O.F. Patty, 1995). Mengingat kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan menggunakan ketinggian air dan volume aliran untuk menganalisis secara mendalam produksi sumber energi, termasuk saluran sungai, irigasi, dan air terjun alami. Dengan menggunakan sumber air yang terbatas, pembangkit Mikrohiro menawarkan teknologi kompleks yang dirancang untuk menghasilkan listrik. Meskipun berskala kecil, tenaga air menunjukkan efisiensi dan keekonomisan yang konsisten sebagai sumber listrik terbarukan. Tenaga air berasal dari aliran air yang dibendung dengan ketinggian tertentu dan memiliki debit sehingga dapat memutar turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Pada dasarnya, PLTMH memanfaatkan energi potensial jatuhan air (head). Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhan air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Perbedaan tinggi yang semakin besar membuat energi potensialnya semakin besar juga. Perbedaan tinggi dalam PLTMH disebut dengan tinggi jatuh air (head), tinggi jatuh air tersebut nantinya akan dikalikan dengan hambatan-hambatan lain agar didapatkan tinggi jatuh efektif.

Beberapa pertimbangan yang diperlukan dalam perencanaan PLTMH meliputi pertimbangan debit dan head pada aliran, kondisi air dan kondisi geologis, seperti kemungkinan pembangunan, lokasi penentuan material dan komponen turbin yang akan dipasang. Sistem pembangkit Mikrohiro memerlukan pemasangan turbin dan generator. Kapasitas pembangkit Mikrohiro ditentukan oleh debit air yang dapat diandalkan, yang didefinisikan sebagai debit minimum yang diperlukan untuk menjaga keamanan operasional struktur air.

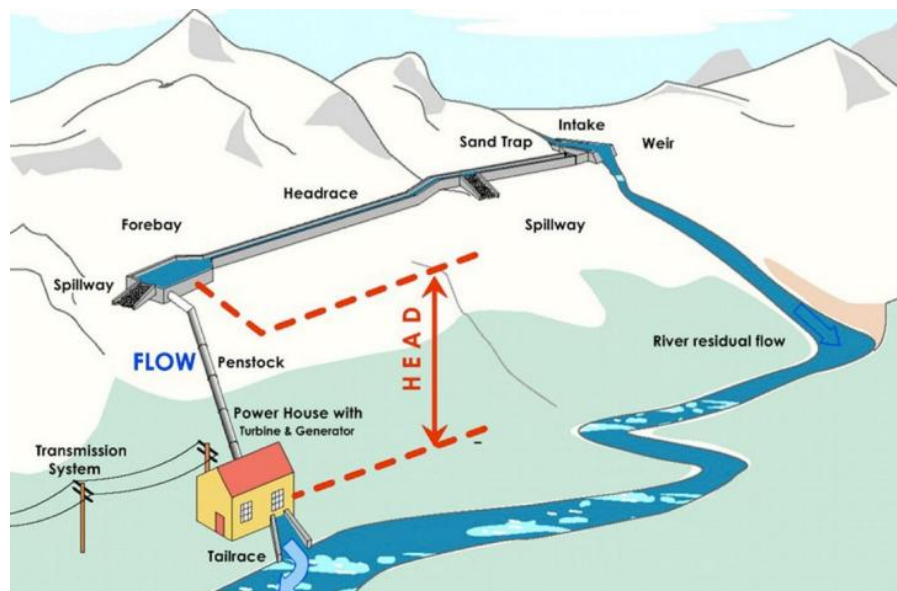
Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Bentuk

pembangkit tenaga mikrohidro bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu: “ Perubahan tenaga potensial menjadi tenaga elektrik (listrik) Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut :

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir/turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir/turbin.

Berdasarkan analisis statistik data aliran harian atau bulanan selama periode tertentu, aliran yang dapat diandalkan menunjukkan jumlah air minimum yang dapat diantisipasi dengan pasti untuk memenuhi kebutuhan tertentu. {1} Bagian-bagian terpenting pada PLTMH adalah :



Gambar 2 2 Bagian - Bagian PLTMH
(Kaunda et al., 2012)

- 1) Bendungan berfungsi untuk menyimpan air yang akan dialihkan ke turbin
- 2) Bak Penenang berfungsi untuk mengalirkan air sebelum masuk ke turbin

- 3) Pipa Pesat berfungsi untuk menyalurkan air dari bak penenang ke turbin
- 4) Pondasi dan Dudukan Pipa Pesat berfungsi untuk menahan beban statis dan dinamis dari pipa pesat dan air yang mengalir di dalamnya
- 5) Rumah Pembangkit berfungsi untuk rumah atau tempat peralatan mekanik dan elektrik PLTMH
- 6) Saluran Pembuang berfungsi untuk saluran pembuang aliran air dari rumah pembangkit
- 7) Turbin berfungsi untuk mengambil energi mekanik dari aliran fluida.
- 8) Transmisi Daya Mekanik, berfungsi untuk menyalurkan daya dari poros turbin ke poros generator.
- 9) Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari turbin menjadi energi listrik.

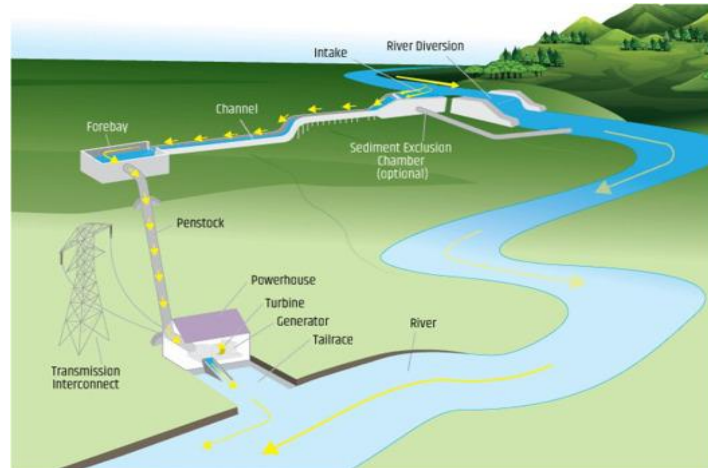
2.2.4. Jenis Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ditentukan berdasarkan kondisi topografi, karakteristik aliran air, ketersediaan head dan debit, serta tujuan pemanfaatan energi listrik. Secara umum, desain PLTMH dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis utama, yaitu desain run-of-river, desain dengan bendung atau pengatur aliran, desain berbasis limpasan atau infrastruktur eksisting, serta desain sistem penyimpanan (storage system). Pemilihan jenis desain yang tepat sangat menentukan keandalan, efisiensi, dan keberlanjutan operasi PLTMH. Adapun Jenis desain sebagai berikut :

a. Desain Run-of-River

Desain run-of-river merupakan jenis desain PLTMH yang memanfaatkan aliran sungai secara langsung tanpa penyimpanan air dalam jumlah besar. Air dialirkan melalui bangunan pengambilan (intake) menuju pipa penstock dan selanjutnya menggerakkan turbin sebelum dikembalikan ke sungai. Desain ini memiliki dampak lingkungan yang relatif kecil karena tidak memerlukan bendungan tinggi dan tidak

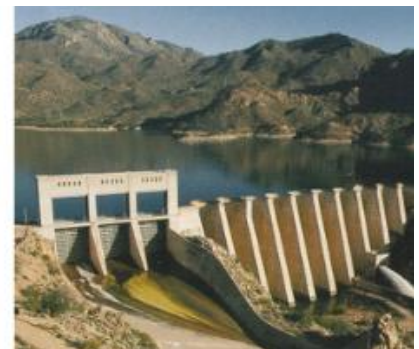
mengubah pola aliran sungai secara signifikan. Namun, kelemahan utama dari desain ini adalah ketergantungan terhadap variasi debit sungai, sehingga produksi listrik dapat menurun pada musim kemarau.



Gambar 2 3 Desain Run Off River
(US DoE, 2022)

b. Desain dengan Bendung atau Pengatur Aliran

Pada desain ini, PLTMH dilengkapi dengan bendung rendah atau bangunan pengatur aliran yang berfungsi untuk menaikkan muka air dan mengarahkan aliran menuju sistem pembangkitan. Bendung berperan dalam meningkatkan head efektif serta menjaga kestabilan debit yang masuk ke turbin. Desain ini umumnya digunakan pada sungai dengan kemiringan landai dan debit yang relatif stabil. Meskipun memberikan kontrol aliran yang lebih baik, desain ini memerlukan perencanaan struktur sipil yang matang agar tidak menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan.



Gambar 2 4 Desain Bendungan
(Energy Education, 2024)

c. Desain Berbasis Limpasan

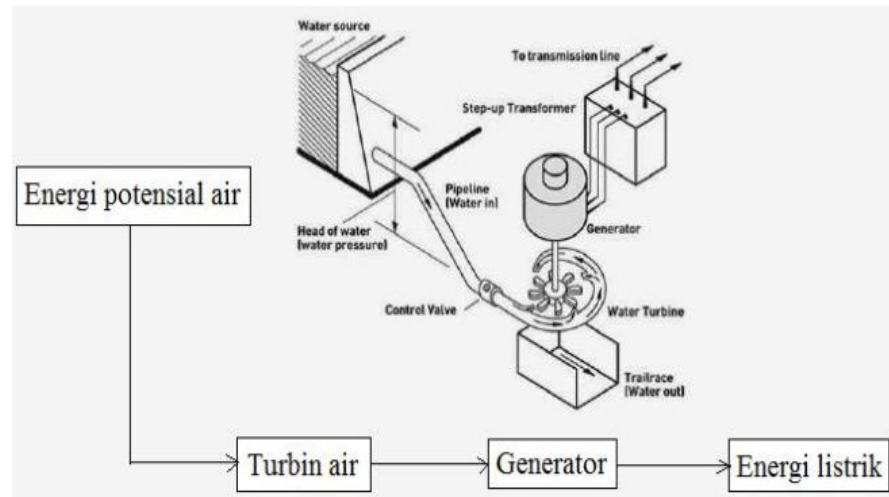
Desain berbasis limpasan memanfaatkan aliran air sisa atau limpasan dari infrastruktur yang telah ada, seperti pelimpah (*spillway*) PLTA, saluran irigasi, atau bangunan pengendali air lainnya. Pada desain ini, PLTMH tidak memerlukan pembangunan bendung baru sehingga biaya konstruksi relatif lebih rendah dan dampak lingkungan dapat diminimalkan.

d. Desain dengan Sistem Penyimpanan (*Storage System*)

Desain PLTMH dengan sistem penyimpanan memanfaatkan kolam atau waduk kecil untuk menampung air sebelum dialirkan ke turbin. Sistem ini memungkinkan pengaturan debit yang lebih fleksibel dan menjaga kontinuitas operasi pembangkit pada saat debit alami menurun. Meskipun memberikan keandalan yang lebih tinggi, desain ini memerlukan lahan tambahan serta perencanaan teknis dan lingkungan yang lebih kompleks.

2.2.5. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Menggunakan perbedaan ketinggian dan laju aliran air per detik yang terdapat di kanal sungai, irigasi, atau air terjun, PLTA skala mikro beroperasi berdasarkan prinsip dasar yang sama dengan PLTA skala besar. Energi kinetik dalam aliran air memiliki kemampuan untuk memutar poros turbin, sehingga menciptakan energi mekanik. Energi air dimanfaatkan melalui sistem mikrohidro yang terdiri dari bendung, saluran, pipa pesat, turbin, dan generator. PLTMH biasanya menggunakan turbin Crossflow, Pelton, atau Turgo tergantung pada head dan debit. [2]



Gambar 2.5 Prinsip Kerja PLTMH
(Energy Education, 2024)

Pada sebuah instalasi pembangkit listrik tenaga mikrohidro, energi potensial yang dimiliki oleh air bergantung pada besarnya debit air (Q) dan tinggi jatuh air atau *head* (h). Energi potensial tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

E_p = energi potensial air (Joule)

m = massa air (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h = head atau tinggi jatuh air (m)

Besarnya daya yang dihasilkan dari energi potensial air tersebut dapat dihitung dengan membagi energi terhadap waktu, sehingga diperoleh persamaan:

$$P = \frac{E_p}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} \quad \dots\dots\dots(2)$$

Karena massa air dapat dinyatakan sebagai:

$$m = \rho \cdot V \quad \dots\dots\dots(3)$$

dan debit air didefinisikan sebagai:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

ρ = massa jenis air (kg/m³)

V = volume air (m³)

Q = debit air (m³/s)

t = waktu (s)

maka persamaan daya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P = \frac{\rho \cdot V}{t} \cdot g \cdot h = \rho \cdot \frac{V}{t} \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(5)$$

atau disederhanakan menjadi:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(6)$$

Jadi, besarnya daya yang diakibatkan oleh debit air dan ketinggian jatuh air dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \dots\dots\dots(7)$$

Energi potensial akibat adanya *head* dan debit air tersebut kemudian oleh turbin diubah menjadi energi kinetik berupa perputaran turbin, yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \dots\dots\dots(8)$$

dengan:

E_k = energi kinetik (Joule)

m = massa (kg)

v = kecepatan aliran air (m/s)

Energi total yang merupakan gabungan antara energi potensial dan energi kinetik disebut sebagai energi mekanik, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E_m = E_p + E_k \dots\dots\dots(9)$$

Energi mekanik yang dihasilkan dalam bentuk perputaran turbin selanjutnya oleh generator diubah menjadi energi listrik melalui

proses induksi elektromagnetik.

Pada praktiknya, tidak seluruh energi potensial air dapat diubah menjadi energi mekanik pada turbin. Sebagian energi mengalami kehilangan akibat gesekan pada sudu-sudu turbin, perubahan energi menjadi panas, terjadinya kavitasi, serta adanya aliran turbulen ketika air mengenai sudu turbin. Oleh karena itu, daya aktual yang dihasilkan oleh turbin dapat dinyatakan sebagai:

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \cdot \eta_t \quad \dots\dots\dots(10)$$

dengan:

P = daya yang dihasilkan turbin (W atau Joule/s)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

- h = tinggi jatuh air (*head*) (m)
- η_t = efisiensi turbin

2.2.6. Pipa Pesat (Penstock)

Sering disebut sebagai pipa cepat, penstock berfungsi sebagai saluran tertutup yang menciptakan tekanan kepala seiring dengan peningkatan ketinggian vertikal, serta menyediakan akses air ke turbin. Pipa ini memusatkan seluruh tenaga air di bagian bawah pipa, yaitu tempat turbin berada. Sebaliknya, aliran terbuka akan menghilangkan energi tersebut seiring aliran air mengalir menuruni bukit. [3]

Satu atau lebih katup bypass mungkin diperlukan. Katup-katup ini sebaiknya dipasang pada titik-titik rendah pada pipa untuk membantu memulai aliran dan membuang gelembung udara.

Kecepatan aliran air di dalam pipa pesat (penstock) harus direncanakan sedemikian rupa agar kehilangan energi akibat gesekan dapat dibatasi dan tidak menimbulkan tekanan berlebih pada pipa. [4] kecepatan aliran penstock umumnya direncanakan

pada kisaran 1,5–3,0 m/s untuk menjaga efisiensi dan keamanan sistem.

Di bawah ini disajikan perhitungan luas penampang pipa saluran (*penstock*) dengan Rumus luas penampang saluran dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad \dots\dots\dots(11)$$

Pada saluran *penstock* tersebut berlaku hubungan persamaan kontinuitas dan persamaan Bernoulli.

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa pada fluida yang tidak termampatkan, hasil kali antara kecepatan aliran fluida dan luas penampang aliran adalah konstan. Secara matematis, persamaan kontinuitas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \dots\dots\dots(12)$$

dengan:

A_1 dan A_2 = luas penampang aliran air (m²)

v_1 dan v_2 = kecepatan aliran fluida (m/s)

Dengan demikian, apabila fluida mengalir secara stasioner, maka dalam selang waktu yang sama, jumlah fluida yang mengalir melalui pipa pada penampang A_1 akan sama dengan jumlah fluida yang mengalir melalui pipa pada penampang A_2 . Volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang setiap satuan waktu disebut sebagai debit aliran (Q), yang dirumuskan sebagai:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \dots\dots\dots(13)$$

dengan:

Q = debit aliran (m³/s)

V = volume fluida (m³)

t = waktu aliran fluida (s)

Untuk aliran pada arah vertikal, perhitungan kecepatan air dapat dilakukan menggunakan persamaan Bernoulli dengan

memposisikan permukaan bak penenang sebagai titik 1 dan permukaan ujung pipa pesat sebagai titik 2, serta memperhitungkan perbedaan ketinggian (*head*). Karena luas penampang pada titik 1 jauh lebih besar dibandingkan dengan luas penampang pada titik 2, maka kecepatan aliran pada penampang 1 dapat diabaikan ($v_1 \approx 0$). Selain itu, tekanan pada penampang 1 dianggap sama dengan tekanan pada penampang 2 ($P_1 = P_2$), sehingga persamaan Bernoulli dapat disederhanakan sesuai dengan kondisi aliran pada sistem *penstock*.



Gambar 2 6 Pipa Pesat (Penstock)
(<https://www.shutterstock.com/id/search/penstock-pipe>)

2.2.7. Turbin

Turbin air menghasilkan daya yang sangat andal dengan desain yang sangat sederhana. Sebuah runner atau baling-baling dipasang pada poros yang menggerakkan alternator untuk menghasilkan listrik ketika air memutar runner tersebut. Ada banyak jenis turbin, yang dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe utama: turbin impuls, turbin reaksi, dan turbin baling-baling terendam, yang masing-masing sesuai untuk jenis suplai air yang berbeda.

Pemilihan jenis turbin ditentukan oleh ketinggian dan debit air yang tersedia. Turbin impuls, seperti Pelton dan Turgo, optimal untuk aplikasi dengan ketinggian tinggi dan debit rendah, sementara turbin reaksi, termasuk Francis dan Kaplan, lebih cocok untuk ketinggian rendah hingga sedang dan debit yang lebih tinggi. [5]

2.2.5.1. Turbin Impuls

Turbin impuls ialah jenis turbin air yang bekerja berdasarkan perubahan energi potensial menjadi energi kinetik secara penuh sebelum aliran air mengenai sudu (runner) turbin. Energi air yang mengalir dari ketinggian (head) diarahkan melalui *nozzle* sehingga menghasilkan semburan air berkecepatan tinggi yang mengenai sudu dan menyebabkan turbin berputar. Dalam konfigurasi ini, air mengalir sepenuhnya di luar turbin; tekanan air setelah *nozzle* sama dengan tekanan udara sekitar. [5]

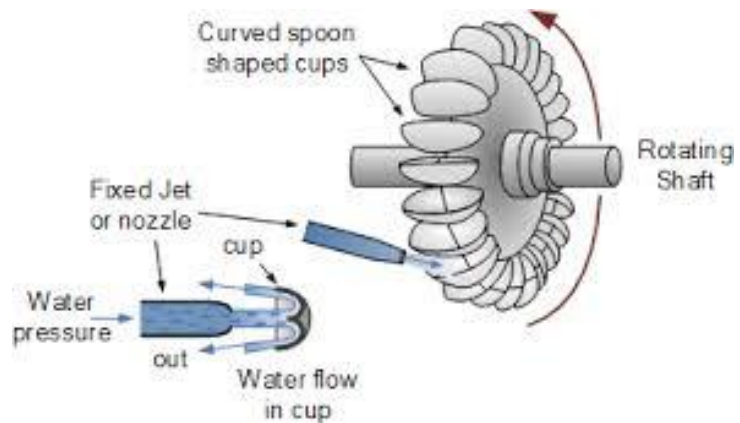
cara kerja turbin impuls adalah dengan memanfaatkan energi kinetik air berkecepatan tinggi yang diarahkan melalui *nozzle* ke sudu turbin sehingga terjadi perubahan momentum yang menghasilkan putaran poros. [4]Turbin ini cocok digunakan pada lokasi dengan head tinggi dan debit rendah hingga sedang.

Jenis-jenis turbin impuls yang umum digunakan antara lain:

- Turbin Pelton – untuk head sangat tinggi (>100 m)
- Turbin Turgo – untuk head menengah (30–100 m)
- Turbin Crossflow – untuk head rendah hingga sedang (10-70 m)

Chapallaz et al. (1992) menambahkan bahwa sistem impuls memiliki efisiensi tinggi jika *nozzle* dirancang untuk memfokuskan aliran air secara optimal ke sudu, dan jika gaya tangensial hasil momentum air dimanfaatkan secara maksimal.

Contoh turbin impuls meliputi turbin Turgo, turbin Pelton, dan turbin Crossflow.



Gambar 2 7 Turbin Impuls
[\(https://www.linquip.com/blog/impulse-turbine-working-principle/\)](https://www.linquip.com/blog/impulse-turbine-working-principle/)

2.2.5.2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi ialah jenis turbin air yang memanfaatkan tekanan dan kecepatan air secara bersamaan. Digerakkan oleh perbedaan tekanan antara inlet dan outlet turbin, turbin reaksi membantu konversi energi di dalam runner itu sendiri, berbeda dengan turbin impuls yang sepenuhnya mengubah energi air menjadi energi kinetik sebelum bertemu dengan bilah. (Samboja, 2011).

Air masuk ke dalam turbin dengan tekanan tertentu, kemudian dialirkan melalui sudu-sudu turbin, yang menyebabkan air mengalami penurunan tekanan dan sekaligus percepatan aliran. Perubahan tekanan dan kecepatan ini menghasilkan gaya yang memutar poros turbin.

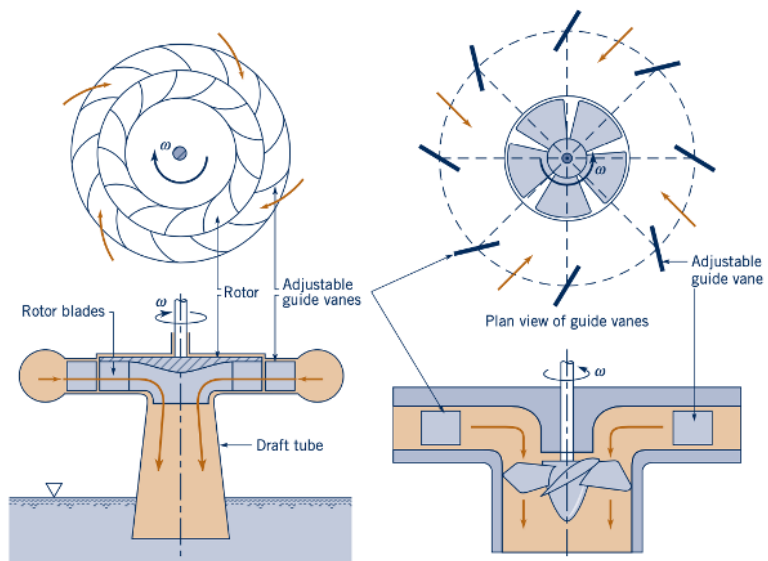
Turbin reaksi memerlukan rumah turbin (casing) dan tabung hisap (draft tube) agar tekanan tetap dapat dimanfaatkan secara maksimal. Casing berfungsi menampung tekanan internal, sedangkan draft tube membantu mengalirkan air keluar dari turbin sambil mempertahankan kontinuitas aliran.[6]

Turbin reaksi cocok digunakan pada lokasi dengan debit besar dan head rendah hingga sedang, serta memiliki efisiensi tinggi dalam kondisi debit stabil.

Jenis turbin reaksi yang umum digunakan yaitu:

- Turbin Francis – untuk head menengah (20–150 m)
- Turbin Kaplan – untuk head rendah (2–30 m)
- Turbin Bulb/Submersible – cocok untuk instalasi horizontal dengan aliran sungai besar

Pemilihan turbin reaksi harus mempertimbangkan variasi beban dan kestabilan tekanan agar tidak terjadi kavitasi pada sudu [7]



Gambar 2 8 Turbin Reaksi
(<https://infistream.id/turbin-reaksi/>)

2.2.8. Generator

Menggunakan teori induksi elektromagnetik, generator—perangkat elektromekanik kompleks—mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pertama kali Prinsip ini ditemukan oleh Michael Faraday ketika tahun 1831, yang menyatakan bahwa tegangan listrik akan terinduksi dalam sebuah konduktor apabila konduktor tersebut mengalami perubahan fluks magnetik terhadap waktu (Faraday's Law of Electromagnetic Induction). Dalam sistem pembangkitan energi, generator merupakan komponen utama yang menentukan kemampuan sistem dalam menghasilkan energi listrik dari berbagai bentuk energi primer, seperti energi air, uap, angin, atau bahan bakar fosil.

Secara umum, generator terdiri dari dua bagian utama, yaitu:

1. Rotor, yaitu bagian yang berputar dan menghasilkan medan magnet.
2. Stator, yaitu bagian diam yang terdiri dari kumparan tempat timbulnya tegangan induksi.

Putaran rotor yang kontinu akan menghasilkan arus listrik bolak-balik (AC) pada kumparan stator, yang selanjutnya dapat disalurkan ke sistem distribusi atau ke beban listrik.

Generator yang digunakan pada PLTMH dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis arus dan sistem eksitasinya, antara lain:

a. Generator Sinkron

Generator sinkron adalah jenis generator yang kecepatan putarnya berbanding lurus dengan frekuensi listrik yang dihasilkan. Kecepatan sinkron generator dinyatakan dengan persamaan:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots(14)$$

dengan:

n_s = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi listrik (Hz)

p = jumlah kutub

Generator sinkron memiliki keunggulan berupa kestabilan tegangan dan frekuensi yang baik, sehingga banyak digunakan pada sistem PLTMH yang beroperasi secara *grid connected*. Namun, generator ini memerlukan sistem eksitasi tambahan untuk menghasilkan medan magnet.

b. Generator Asinkron (Induksi)

Generator asinkron atau generator induksi bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik tanpa memerlukan sistem eksitasi terpisah. Generator ini umumnya lebih sederhana, memiliki biaya investasi yang lebih rendah, serta perawatan yang relatif mudah.

Generator asinkron sering digunakan pada PLTMH skala kecil

hingga menengah, terutama pada sistem yang terhubung ke jaringan listrik (grid), karena jaringan dapat menyediakan daya reaktif yang dibutuhkan.



Gambar 2 9 Generator
(<https://www.hydropower.org>)

2.2.9. Energi Air dalam Sistem Pembangkit

Energi air dimanfaatkan melalui perbedaan ketinggian (energi potensial) dan kecepatan aliran (energi kinetik). PLTA dan (PLTMH) adalah dua jenis sistem pembangkitan yang memanfaatkan energi ini, tetapi pada skala berbeda.

- a. Head adalah perbedaan ketinggian antara permukaan air di bagian atas sistem (intake) dengan permukaan air di bagian bawah sistem (tailrace). komponen utama yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik melalui turbin adalah head. Head dibagi menjadi dua kategori terpisah:

Head Bruto (Gross Head): Selisih total elevasi antara titik ambil air dan titik buang air.

Head Bersih (Net Head): Head yang tersedia untuk memutar turbin, setelah dikurangi kerugian energi akibat gesekan dan turbulensi dalam sistem aliran.

$$H_{\text{netto}} = H_{\text{bruto}} - H_{\text{kerugian}}$$

Untuk menghitung head atau Panjang kemiringan jalur penstock dapat menggunakan rumus berikut :

$$b = \sqrt{c^2 + a^2} \dots\dots\dots(15)$$

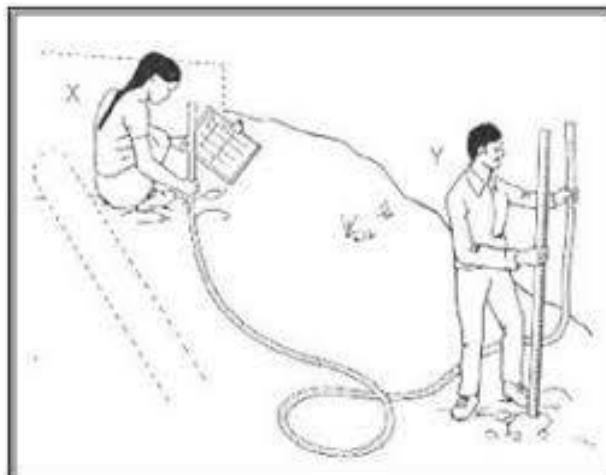
Keterangan:

c = panjang sisi miring / jalur penstock (m)

a = panjang horizontal / jarak mendatar dari intake ke turbin (m)

b = tinggi vertikal / head (m)

Head merupakan tinggi jatuh air dari posisi tertinggi menuju posisi terendah. Tinggi jatuh tersebut menentukan seberapa besar energi potensial air yang dihasilkan yang berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan PLTMH. Untuk pengukuran tinggi jatuh efektif di lapangan, dapat dilakukan dengan pengukuran langsung. Pengukuran tersebut dapat dilakukan secara detail menggunakan standar alat pemetaan maupun dilakukan dengan cara yang sederhana.



Gambar 2. 10 Alat untuk mengukur Head
(<https://media.neliti.com/>)

- b. Debit air (dsimbolkan dengan Q) adalah volume air per satuan waktu. Dalam aplikasi praktis, debit diperoleh dari pengukuran kecepatan dan luas penampang sungai atau saluran [4]. Debit menjadi salah satu faktor utama dalam menentukan potensi daya listrik suatu pembangkit tenaga air, termasuk PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro).

Rumus Umum Debit:

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(16)$$

Definisi:

Q = Debit aliran air (m^3/s)

A = Luas penampang aliran (m^2)

v = Kecepatan aliran air rata-rata (m/s)

- c. Potensi tenaga air sebagian besar dipengaruhi oleh dua faktor penting: debit (Q) dan ketinggian air yang jatuh, yang sering disebut sebagai head (H). Potensi tenaga air menunjukkan jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan dari sumber air tertentu. Besarnya daya yang dihasilkan merupakan fungsi dari besarnya debit sungai dan tinggi terjun air. Besarnya debit yang dipakai sebagai debit rencana, bisa merupakan debit minimum dari sungai tersebut sepanjang tahunnya atau diambil antara debit minimum dan maksimum, tergantung fungsi yang direncanakan PLTMH tersebut.

Besarnya tinggi terjun air terikat pada kondisi geografis di mana PLTMH tersebut berada. Panjangnya lintasan yang harus dilalui air dari bendungan ke turbin menyebabkan hilangnya sebagian energi air, energi air yang tersisa (tinggi terjun efektif) inilah yang menggerakkan turbin air dan kemudian turbin air ini yang menggerakkan generator. Besarnya daya yang dihasilkan juga tergantung dari efisiensi keseluruhan (overall efficiency) PLTMH tersebut yang terdiri dari efisiensi hidrolis, yaitu perbandingan antara energi efektif dan energi kotor (bruto), efisiensi turbin dan efisiensi generator. Pendekatan analisis yang digunakan umumnya bersifat parametrik. Secara teoritis daya yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH ditunjukkan pada persamaan :

$$P = 9,81 \times \rho \times Q \times H \dots\dots\dots(17)$$

Dimana :

P = Potensi daya (watt)

ρ = Masa jenis air (1000 kg/m^3)

Q = Debit air dalam (m^3/s)

H = Tinggi jatuh air dalam (m)

Daya teoritis PLTMH tersebut di atas, akan berkurang setelah melalui turbin, belt dan generator, dengan persamaan :

$$P = 9.81 \times \rho \times Q \times H \times \eta_t \times \eta_{\text{belt}} \times \eta_{\text{gen}} \dots\dots\dots(18)$$

Dimana :

η_t = efisiensi turbin

= 0.8 - 0.85 untuk turbin Pelton

= 0.8 - 0.9 untuk turbin Francis

= 0.7 - 0.8 untuk turbin Cross-Flow

= 0.8 - 0.9 untuk turbin Propeller/Kaplan

η_{belt} = 0.95 untuk V belt

η_{gen} = efisiensi generator 0,9

2.2.10. Analisa kondisi Iklim

Iklim merupakan kondisi rata-rata cuaca dalam jangka waktu panjang yang ditentukan oleh unsur-unsur meteorologi seperti curah hujan, temperatur, kelembapan, dan angin. Dalam kajian hidrologi dan ketenagalistrikan air, curah hujan menjadi unsur iklim paling dominan karena berpengaruh langsung terhadap:

- a. Limpasan permukaan
- b. Debit sungai
- c. Ketersediaan energi air sepanjang tahun

Klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson (1951) merupakan metode pengelompokan iklim berdasarkan distribusi curah hujan bulanan, khususnya perbandingan antara bulan kering dan bulan basah dalam satu tahun.

Tipe	Nilai Q Iklim (%)	Kondisi Iklim
A	$0 \leq Q < 14,3$	Sangat basah
B	$14,3 \leq Q < 33,3$	Basah
C	$33,3 \leq Q < 60$	Agak basah
D	$60 \leq Q < 100$	Sedang
E	$100 \leq Q < 167$	Agak kering
F	$167 \leq Q < 300$	Kering
G	$300 \leq Q < 700$	Sangat kering
H	$Q \geq 700$	Luar biasa kering

Tabel 2.1 Karakteristik Schmidt dan Ferguson

Klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Ferguson berdasarkan jumlah rata-rata bulan basah dan bulan kering adalah sebagai berikut:

- Bulan kering (BK) adalah bulan dengan presipitasi total curah hujan di bawah 60 mm
- Bulan lembab (BL) adalah bulan dengan presipitasi total curah hujan antara 60 mm – 100 mm
- Bulan basah (BB) adalah bulan dengan presipitasi total curah hujan di atas 100 mm.

2.2.11 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan suatu proses sirkulasi air yang berlangsung secara terus-menerus dari atmosfer ke permukaan bumi dan kembali lagi ke atmosfer. Proses ini melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu evaporasi, transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, dan aliran permukaan. Siklus hidrologi berperan penting dalam menjaga keseimbangan ketersediaan air di bumi serta menjadi dasar dalam analisis hidrologi untuk perencanaan sumber daya air, termasuk perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

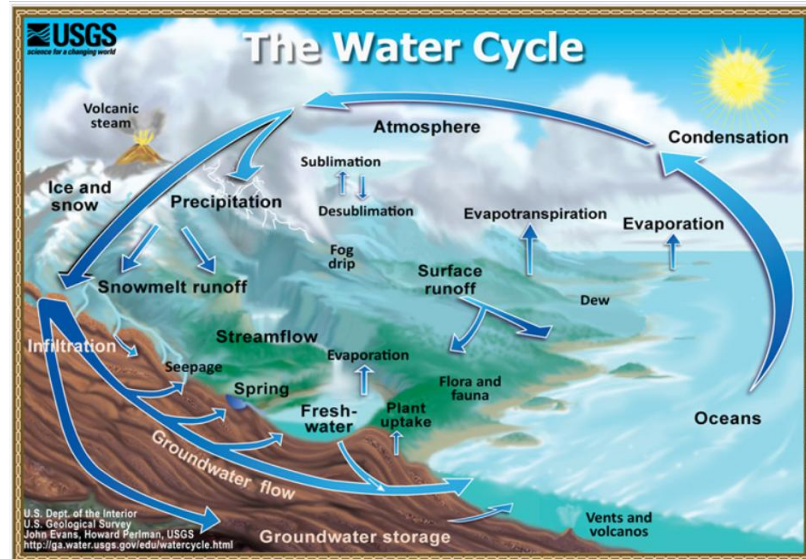
Energi utama yang menggerakkan siklus hidrologi berasal dari radiasi matahari. Panas matahari menyebabkan terjadinya penguapan air (evaporasi) dari permukaan laut, sungai, danau, serta

badan air lainnya. Selain itu, penguapan juga terjadi melalui proses transpirasi pada tumbuhan, yaitu pelepasan uap air dari jaringan tanaman ke atmosfer. Uap air hasil evaporasi dan transpirasi tersebut kemudian naik ke atmosfer dan mengalami proses pendinginan.

Pada kondisi atmosfer tertentu, uap air akan mengalami *kondensasi*, yaitu perubahan fase dari gas menjadi partikel-partikel air berukuran sangat kecil yang membentuk awan. Ketika partikel-partikel air dalam awan mengalami peningkatan massa dan ukuran akibat penggabungan (*coalescence*), maka air akan jatuh ke permukaan bumi sebagai *presipitasi*. Presipitasi dapat terjadi dalam berbagai bentuk, antara lain hujan, hujan es, salju, maupun gerimis, tergantung pada kondisi suhu dan tekanan atmosfer.

Air hasil presipitasi yang jatuh ke permukaan bumi selanjutnya akan mengalami beberapa kemungkinan proses. Sebagian air dapat tertahan oleh vegetasi melalui proses intersepsi dan sebagian lainnya mengalir di permukaan tanah sebagai aliran permukaan (*surface runoff*). Aliran permukaan dipengaruhi oleh kemiringan lahan, kondisi permukaan tanah, serta karakteristik pori-pori tanah. Semakin landai permukaan tanah dan semakin kecil kemampuan tanah menyerap air, maka aliran permukaan yang terbentuk akan semakin besar. Air permukaan ini kemudian mengalir menuju sungai, danau, dan akhirnya kembali ke laut.

Sebagian air presipitasi lainnya akan meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi. Air yang telah masuk ke dalam tanah kemudian bergerak lebih dalam melalui pori-pori tanah dan celah batuan melalui proses perkolasi, hingga mencapai lapisan air tanah. Air tanah tersebut dapat kembali muncul ke permukaan melalui mata air atau mengalir perlahan menuju badan air permukaan, sehingga siklus hidrologi terus berlanjut secara berkesinambungan.



Gambar 2 10 Skema Siklus Hidrologi
(https://energyeducation.ca/encyclopedia/Hydrologic_cycle)

2.2.12. Debit Andalan

Debit andalan (dependable discharge) adalah besarnya debit minimum sungai yang dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan air pada tingkat keandalan tertentu. Debit ini memperhitungkan risiko kegagalan sehingga digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan air dan pembangkit listrik tenaga air. Debit andalan merupakan debit perencanaan yang diharapkan selalu tersedia di sungai. [7]

a. Tujuan Penentuan Debit Andalan

Penentuan debit andalan bertujuan untuk mengetahui ketersediaan air sungai yang dapat diandalkan, menentukan debit rencana yang aman, serta mengurangi risiko kegagalan suplai air. Dalam perencanaan PLTMH, debit andalan berperan penting dalam menentukan kontinuitas operasi dan besarnya energi listrik yang dapat dihasilkan.

b. Tingkat Keandalan Debit

Debit andalan dinyatakan dalam bentuk peluang terlampaui, seperti Q_{80} , Q_{90} , dan Q_{95} . Q_{80} merupakan debit yang terlampaui 80% waktu dan umum digunakan untuk perencanaan PLTMH, sedangkan Q_{90} dan Q_{95} digunakan untuk perencanaan yang lebih konservatif.

c. Metode Analisis Debit Andalan

Metode yang umum digunakan dalam analisis debit andalan adalah metode kurva durasi aliran (Flow Duration Curve). Pemilihan jenis, ukuran, dan kecepatan turbin ditentukan berdasarkan tinggi jatuh bersih (net head) dan debit air maksimum, yang harus ditetapkan berdasarkan kondisi sungai atau aliran tempat turbin akan dipasang. Pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang umumnya beroperasi dengan sistem run of river, kapasitas debit maksimum turbin ditentukan berdasarkan nilai debit rata-rata yang diperoleh dari kurva durasi aliran (flow duration curve) sungai atau aliran tersebut. Salah satu metode untuk mengorganisasikan data debit adalah dengan menyusun kurva durasi aliran, yaitu grafik yang menunjukkan persentase waktu tertentu di mana debit sungai sama dengan atau melebihi nilai debit tertentu pada suatu titik pengamatan. Kurva ini diperoleh dari data hidrograf dengan cara mengurutkan data debit berdasarkan besarnya, bukan berdasarkan urutan waktu kejadiannya.

Debit rata-rata tahunan memberikan gambaran awal mengenai potensi energi suatu sungai. Kurva durasi aliran dapat disusun untuk periode waktu tertentu, baik dalam skala tahunan maupun untuk tahun-tahun tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis potensi daya dan perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

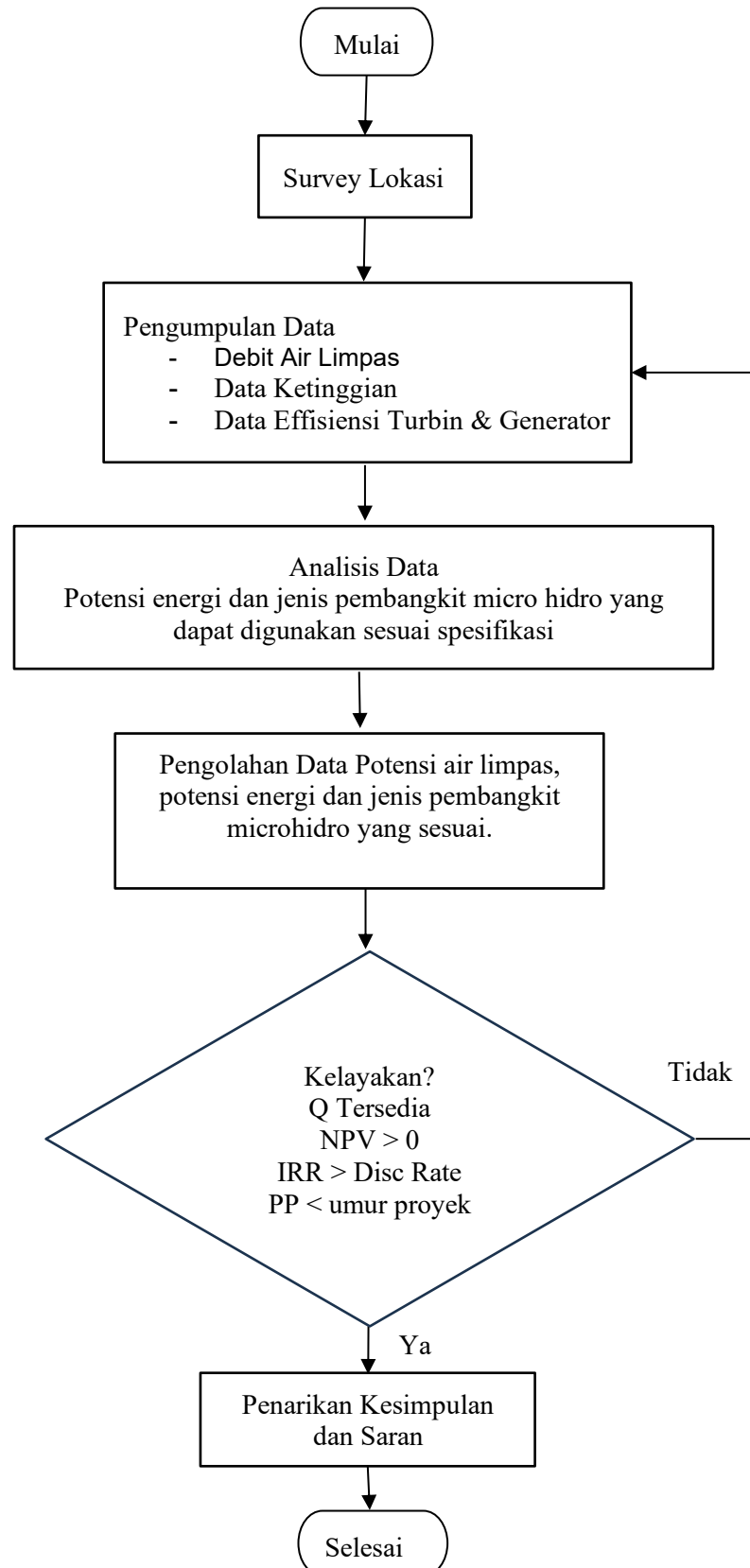
Penelitian Tugas Akhir ini, penulis lakukan di PLN Indonesia Power Unit PLTA Musi yang berlokasi di Jalan Raya Curup Bengkulu KM 72 Desa Ujan Mas, Kec. Ujan Mas Atas, Kab. Kepahiang, Provinsi Bengkulu. Studi ini rencana dilaksanakan selama Tujuh bulan, pada 1 Maret – 31 September 2025. Gambaran umum lokasi Intake Dam PLTA Musi seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3. 2 Intake Dam PLTA Musi

3.2 Desain Penelitian

Dalam melakukan penelitian, penulis menyusun alur penelitian dengan gambaran sesuai *flowchart* berikut.



Gambar 3. 6 Flowchart Proses metode penelitian

oleh penulis sebagai gambaran tahapan proses yang selanjutnya masih dapat disesuaikan seiring dengan kebutuhan dari studi yang akan dilaksanakan.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini melibatkan pengumpulan data untuk menganalisis potensi energi listrik yang dihasilkan dari aliran air di PLTA Musi, dengan penekanan khusus pada aspek-aspek berikut:

Data Operasional PLTA Musi

- Rata-rata debit keluaran tahunan atau bulanan
- Jadwal operasi pembangkit
- Kapasitas output dan volume limpasan saat beban puncak

3.4 Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis data kuantitatif, yang berfokus pada pengolahan data teknis untuk menghitung potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari limpasan air (spillway) PLTA Musi. Analisis dilakukan berdasarkan data hidrologi dan data teknis pembangkit yang diperoleh dari dokumen operasional PLTA Musi.

Langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini meliputi perhitungan debit aliran air, perhitungan tinggi jatuh air (head), analisis data dilakukan sebagai berikut:

3.4.1 Perhitungan Debit Aliran Air (Q)

Data debit aliran air diperoleh dari dokumen laporan operasional dan logsheet intake bendungan PLTA Musi dalam rentang waktu tahun 2021 sampai dengan September 2025. Data debit tersebut selanjutnya diolah untuk memperoleh debit rata-rata, debit maksimum, dan debit andalan.

Penentuan debit andalan dilakukan menggunakan metode Flow Duration Curve (FDC) dengan menyusun data debit dari nilai terbesar hingga terkecil dan memplotkannya terhadap persentase waktu keterlampauan. Debit andalan yang digunakan dalam perhitungan potensi energi adalah debit Q80, karena nilai ini dianggap mewakili kondisi operasi yang andal dan berkelanjutan untuk perencanaan PLTMH.

3.4.2 Perhitungan Head

Tinggi jatuh air (head) merupakan selisih elevasi antara muka air pada lokasi limpasan (spillway) dan elevasi titik masuk air ke turbin. Nilai head digunakan untuk menentukan besarnya energi potensial air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkitan listrik.

Pengukuran head dilakukan berdasarkan data elevasi bangunan hidrologi PLTA Musi, yaitu elevasi limpasan dan elevasi bagian bawah struktur pengambilan air. Dalam analisis ini, head yang digunakan adalah head bruto. Selanjutnya, head efektif diperoleh dengan mengurangi head bruto dengan kerugian energi yang terjadi pada sistem penstock dan komponen hidrolis lainnya.

3.4.3 Perhitungan Potensi Daya Listrik (P)

Perhitungan daya dilakukan dengan menggunakan rumus dasar energi potensial air:

$$P = \eta \times \rho \times g \times Q \times H \dots\dots\dots(19)$$

Keterangan:

P = daya listrik (Watt)

η = efisiensi sistem (turbin dan generator), biasanya antara 0,6–0,85

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

g = percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²)

Q = debit air (m³/s)

H = head bersih (m)

3.5 Jadwal Penelitian

Rencana Jadwal penelitian diharapkan dapat sesuai dengan rencana penulis sesuai dengan tabel berikut.

No	Kegiatan	Bulan																							
		Maret 2025				April 2025				Mei 2025				Juni 2025				Desember 2025				Januari 2026			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																								
2	Penyusunan Proposal Skripsi																								
3	Cek Turnitin Proposal																								
4	Pengumpulan Proposal Skripsi																								
5	Sidang Proposal Skripsi																								
6	Pengambilan Data																								
7	Pengolahan Data																								
8	Analisis Data																								
9	Pembahasan dan Kesimpulan																								
10	Penyusunan Skripsi																								
11	Cek Turnitin Skripsi																								
12	Pengumpulan Skripsi																								

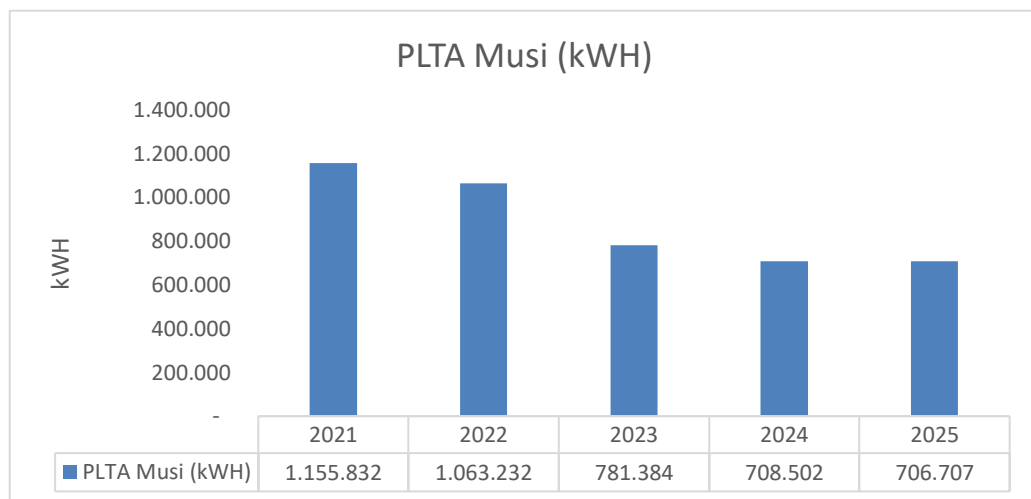
Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Produksi Listrik PLTA Musi Tahun 2021-2025

Pencapaian produksi energi listrik PLTA Musi selama periode tahun 2021 hingga 2025 menunjukkan kinerja operasional pembangkit dalam memanfaatkan potensi energi air yang tersedia di Daerah Aliran Sungai (DAS) Musi secara berkelanjutan. Produksi energi listrik yang dihasilkan merupakan representasi langsung dari interaksi antara kondisi hidrologi, karakteristik teknis pembangkit, serta pola operasi sistem tenaga listrik. Adapun untuk pencapaian produksi listrik PLTA Musi Tahunan adalah sebagai berikut :



Gambar 4 1 Produksi kWh Tahun 2021-2025

Berdasarkan Trending produksi listrik tertinggi dicapai pada tahun 2021 dengan total energi sebesar 1.155.832 kWh. Tingginya produksi pada tahun tersebut mengindikasikan kondisi ketersediaan debit air yang relatif optimal sepanjang tahun, sehingga memungkinkan unit pembangkit beroperasi mendekati kapasitas rancangannya. Selain itu, stabilitas sistem jaringan 150 kV di wilayah Sumatera bagian selatan turut mendukung penyaluran daya secara kontinu tanpa adanya pembatasan operasi yang signifikan.

Pada tahun 2022, produksi listrik PLTA Musi tercatat sebesar 1.063.232 kWh, mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan fluktuasi debit inflow yang mulai menunjukkan variasi musiman yang lebih signifikan, terutama pada periode musim kemarau. Meskipun demikian, secara umum

kinerja pembangkit masih berada dalam kondisi baik dan mampu mempertahankan produksi energi pada tingkat yang relatif tinggi.

Selanjutnya, pada tahun 2023 terjadi penurunan produksi yang lebih signifikan, dengan total energi listrik sebesar 781.384 kWh. Penurunan ini mengindikasikan adanya pengaruh kondisi hidrologi yang kurang mendukung, seperti menurunnya curah hujan di wilayah hulu DAS Musi yang berdampak langsung terhadap debit andalan pembangkit. Selain faktor hidrologi, kemungkinan adanya pembatasan operasi akibat kebutuhan pengelolaan waduk, sedimentasi, maupun pemeliharaan peralatan pembangkit juga dapat berkontribusi terhadap berkurangnya energi listrik yang dihasilkan.

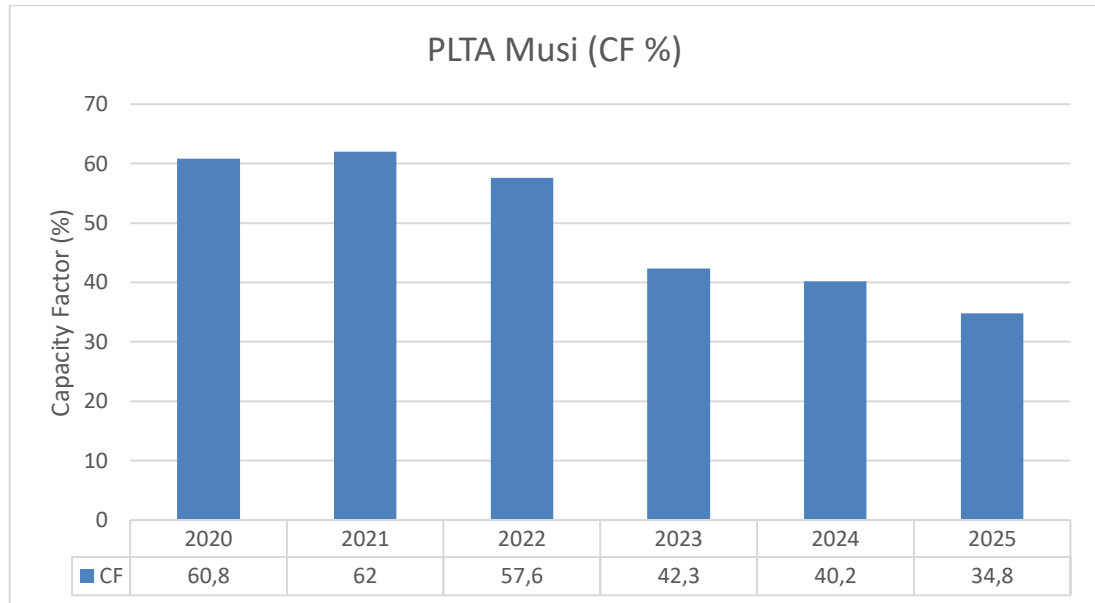
Produksi listrik pada tahun 2024 tercatat sebesar 708.502 kWh, menunjukkan kecenderungan stabil namun masih berada pada level yang lebih rendah dibandingkan periode awal pengamatan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa PLTA Musi beroperasi dengan menyesuaikan ketersediaan energi primer yang ada, khususnya dalam menjaga keseimbangan antara kebutuhan pembangkitan dan keberlanjutan sumber daya air.

Pada tahap ini, strategi operasi pembangkit cenderung difokuskan pada keandalan sistem dan pengamanan fungsi utama PLTA sebagai bagian dari sistem kelistrikan.

Pada tahun 2025, produksi listrik PLTA Musi mencapai 706.707 kWh, yang secara umum relatif stabil dibandingkan tahun sebelumnya. Stabilitas produksi ini menunjukkan bahwa meskipun ketersediaan debit air tidak setinggi pada periode 2021–2022, sistem pembangkit masih mampu beroperasi secara konsisten dan efisien sesuai dengan kondisi eksisting. Hal ini mencerminkan kemampuan pengelolaan operasi PLTA Musi dalam menghadapi variabilitas hidrologi tahunan.

Secara keseluruhan, tren produksi listrik PLTA Musi selama periode 2021–2025 memperlihatkan adanya hubungan yang erat antara ketersediaan energi primer berupa debit air, kondisi iklim regional, serta kebijakan operasi sistem tenaga listrik. Variasi produksi yang terjadi menegaskan pentingnya optimalisasi pemanfaatan potensi air, termasuk peluang pemanfaatan energi sisa atau limpasan melalui pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebagai sistem pendukung. Dengan demikian, analisis produksi listrik tahunan ini menjadi dasar penting dalam mengevaluasi potensi pengembangan PLTMH di lingkungan PLTA Musi guna meningkatkan pemanfaatan energi air secara lebih maksimal dan berkelanjutan.

4.2 Data Capacity Factor PLTA Musi Tahun 2021-2025



Gambar 4 2 Grafik Capacity Factor Tahun 2021-2025

Capacity Factor (CF) merupakan salah satu indikator utama untuk menilai tingkat pemanfaatan kapasitas terpasang suatu pembangkit listrik tenaga air, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). CF didefinisikan sebagai perbandingan antara energi listrik aktual yang dihasilkan dalam suatu periode terhadap energi maksimum yang secara teoritis dapat dihasilkan apabila pembangkit beroperasi pada daya terpasang secara kontinu selama periode yang sama. Nilai CF sangat dipengaruhi oleh ketersediaan debit air, pola hidrologi, serta kontinuitas operasi pembangkit.

Berdasarkan grafik Capacity Factor PLTA Musi periode 2020–2025, terlihat bahwa nilai CF mengalami tren penurunan yang cukup signifikan. Pada tahun 2020 dan 2021, CF berada pada kisaran tinggi, masing-masing sebesar 60,8% dan 62%, yang menunjukkan bahwa ketersediaan debit sungai relatif stabil dan mampu mendukung operasi pembangkit mendekati kondisi optimal. Kondisi ini mencerminkan karakteristik sistem run-of-river dengan debit andalan yang masih memadai untuk menggerakkan turbin secara berkelanjutan.

Memasuki tahun 2022, nilai CF mulai menurun menjadi 57,6%, yang mengindikasikan adanya penurunan durasi operasi efektif pembangkit. Penurunan ini semakin tajam pada tahun 2023 dan 2024, dengan CF masing-masing sebesar 42,3% dan 40,2%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa debit sungai yang tersedia semakin sering berada di bawah debit desain, sehingga pembangkit tidak dapat beroperasi pada daya nominal secara kontinu. Faktor hidrologi seperti variasi curah hujan, musim kemarau

yang lebih panjang, serta potensi sedimentasi di saluran pengambilan air menjadi penyebab utama menurunnya nilai CF.

Pada tahun 2025, CF tercatat sebesar 34,8%, yang menandakan bahwa hanya sekitar sepertiga dari potensi energi maksimum yang dapat dimanfaatkan. Dalam konteks pengembangan PLTMH, nilai CF ini masih tergolong realistis, mengingat PLTMH sangat bergantung pada debit alami sungai dan umumnya tidak memiliki tampungan besar seperti bendungan PLTA. Oleh karena itu, perencanaan PLTMH harus mempertimbangkan debit andalan (misalnya Q80 atau Q90) agar pembangkit tetap mampu beroperasi secara ekonomis dan berkelanjutan meskipun nilai CF relatif moderat.

Secara keseluruhan, Tren penurunan Capacity Factor pada PLTA Musi memberikan pembelajaran bahwa dalam perencanaan PLTMH, khususnya terkait pentingnya analisis hidrologi jangka panjang. Dengan memanfaatkan limpasan air atau aliran sisa dari sistem PLTA eksisting, PLTMH masih memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit pendukung, dengan desain yang disesuaikan terhadap kondisi debit minimum dan fluktuasi musiman. Nilai CF yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kelayakan teknis dan ekonomi PLTMH.

4.3 Data Limpasan PLTA Musi

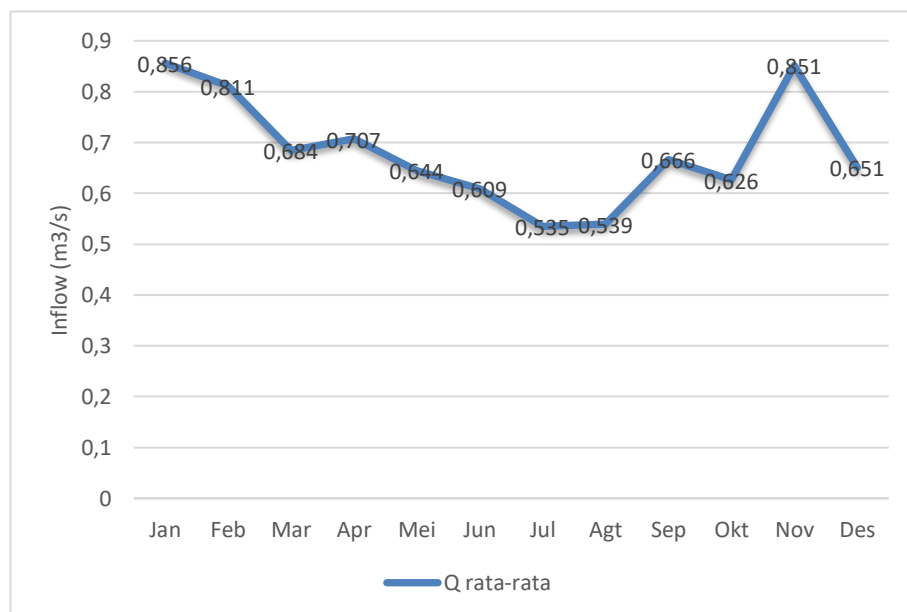
Data limpasan sebagai acuan debit aliran diambil dari catatan debit harian pada limpasan spillway pada PLTA Musi. Limpasan Spillway dari sand trap basin dengan elevasi maksimal 579.10 Mdpl. Debit aliran dicatat dalam satuan m^3/s untuk setiap hari selama lima tahun (2021– September 2025) yang datanya diambil dari logsheet harian PLTA Musi.

Data ini kemudian diolah menjadi debit rata-rata bulanan untuk mendapatkan pola variasi musiman, untuk mengetahui debit minimum dan maksimum pada setiap bulan sebagai dasar penentuan ketersediaan air PLTMH sepanjang tahun.

Berikut ini adalah rekapitulasi statistik debit limpasan rata- rata bulanan dari tahun 2021 sampai dengan september 2025 :

Bulan	Q rata-rata (m ³ /s)	Q minimum (m ³ /s)	Q maksimum (m ³ /s)
Jan	0.856	0.000	2.673
Feb	0.811	0.000	2.506
Mar	0.684	0.000	2.494
Apr	0.707	0.000	2.277
Mei	0.644	0.000	2.369
Jun	0.609	0.000	2.284
Jul	0.535	0.000	2.124
Agt	0.539	0.000	1.838
Sep	0.666	0.000	2.071
Okt	0.626	0.000	2.015
Nov	0.851	0.000	2.368
Des	0.651	0.000	2.392

Tabel 4. 1 Tabel Debit limpasan bulanan PLTA Musi (2021– Sept 2025)



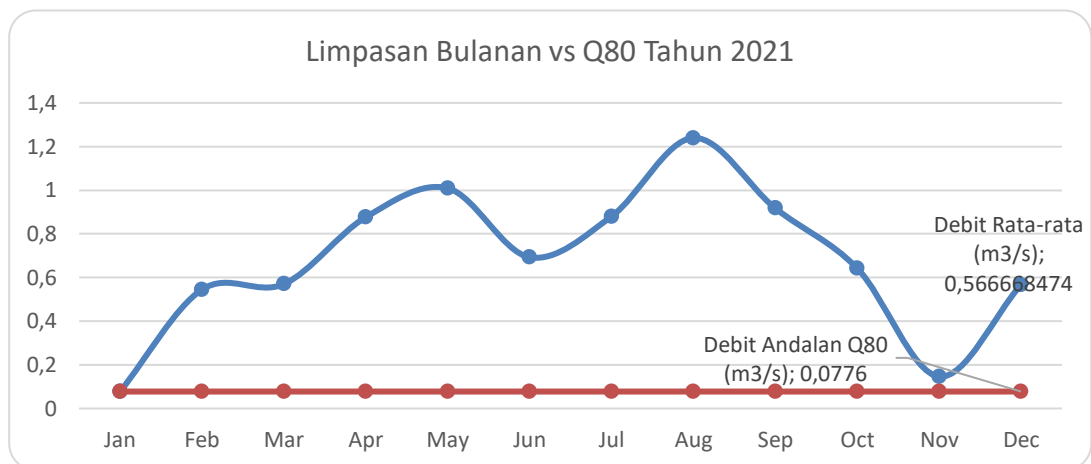
Gambar 4.3 Debit limpasan bulanan PLTA Musi (2021– Sept 2025)

Grafik debit rata-rata limpasan bulanan menunjukkan bahwa pola debit limpasan PLTA Musi memiliki karakteristik musiman yang cukup jelas. Pada bulan Januari hingga April, debit rata-rata berada pada kisaran menengah hingga tinggi (0,644–0,856 m³/s), yang menggambarkan kondisi musim hujan. Nilai tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan debit rata-rata 0,856 m³/s dan debit maksimum mencapai 2,673 m³/s.

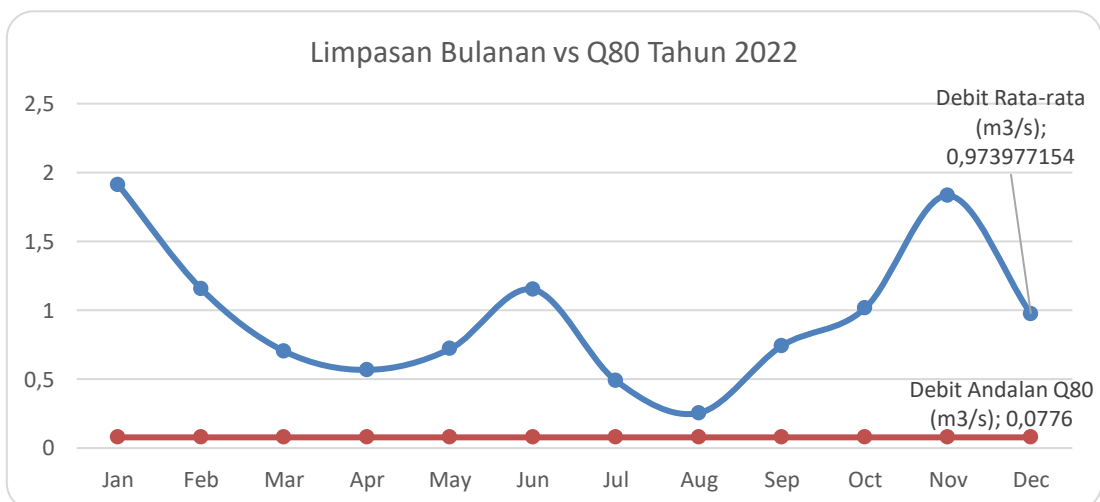
Memasuki bulan Mei hingga Agustus, debit rata-rata menurun menjadi sekitar 0,535–0,644 m³/s. Bulan Juni dan Juli menunjukkan debit rata-rata paling rendah, masing-masing 0,609 m³/s dan 0,535 m³/s, dengan debit maksimum 2,284 m³/s dan 2,124 m³/s. Periode ini dapat dikategorikan sebagai musim kemarau, dimana energi primer yaitu ketersediaan air untuk Limpasan PLTA Musi berkurang sehingga berpotensi menurunkan produksi energi.

Pada bulan September hingga Desember debit mulai meningkat kembali. Rata-rata debit bulanan berada pada kisaran 0,626–0,851 m³/s. Bulan November kembali menunjukkan debit rata-rata yang tinggi yaitu 0,851 m³/s dengan debit maksimum 2,368 m³/s, yang menandakan masuknya musim hujan. Secara umum periode debit tinggi terjadi pada bulan November–April, sedangkan periode debit rendah terjadi pada bulan Juni–September.

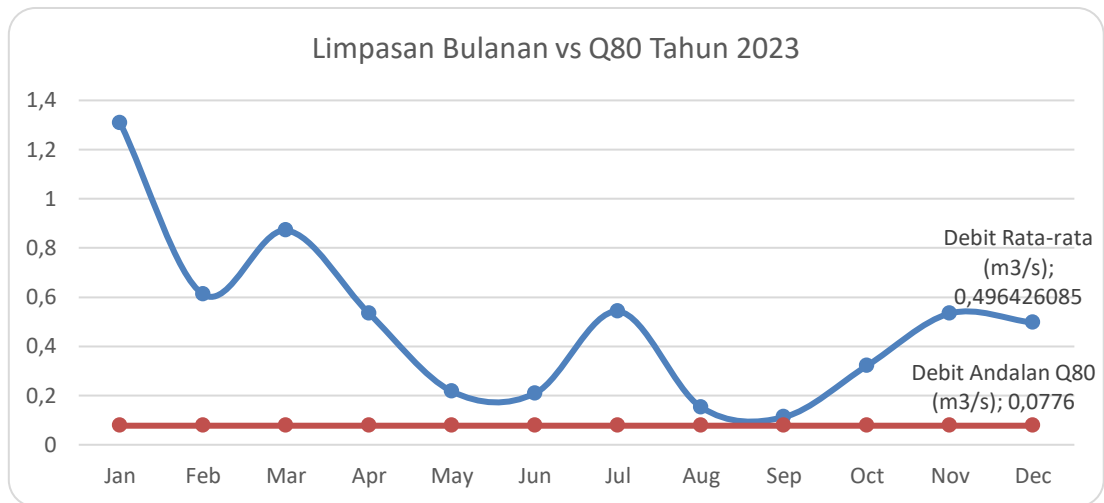
Untuk debit limpasan rata-rata bulanan setiap tahun dari 2021 sampai dengan Septemebr 2025 adalah sebagai berikut :



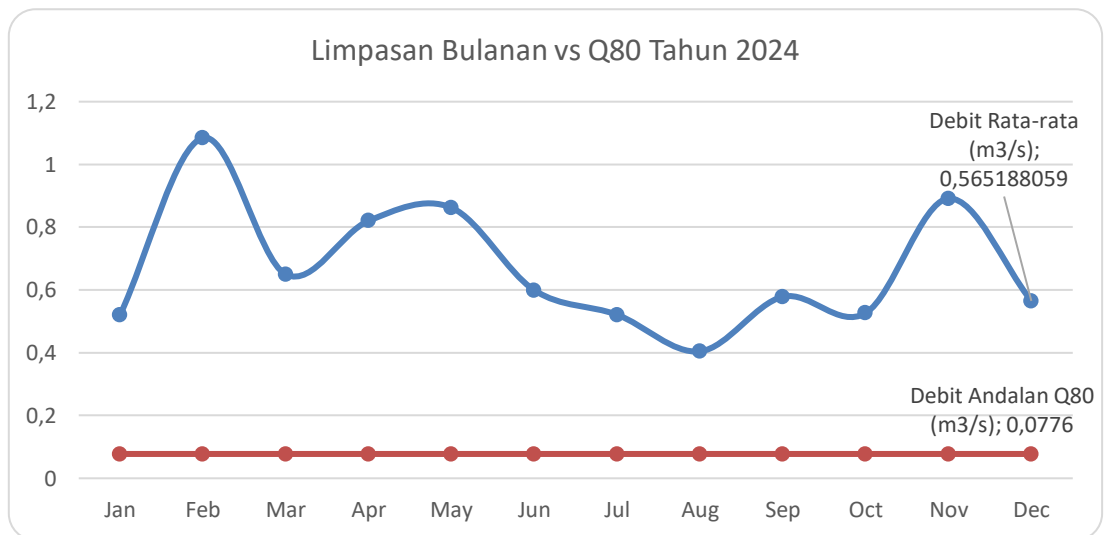
Gambar 4 4 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2021



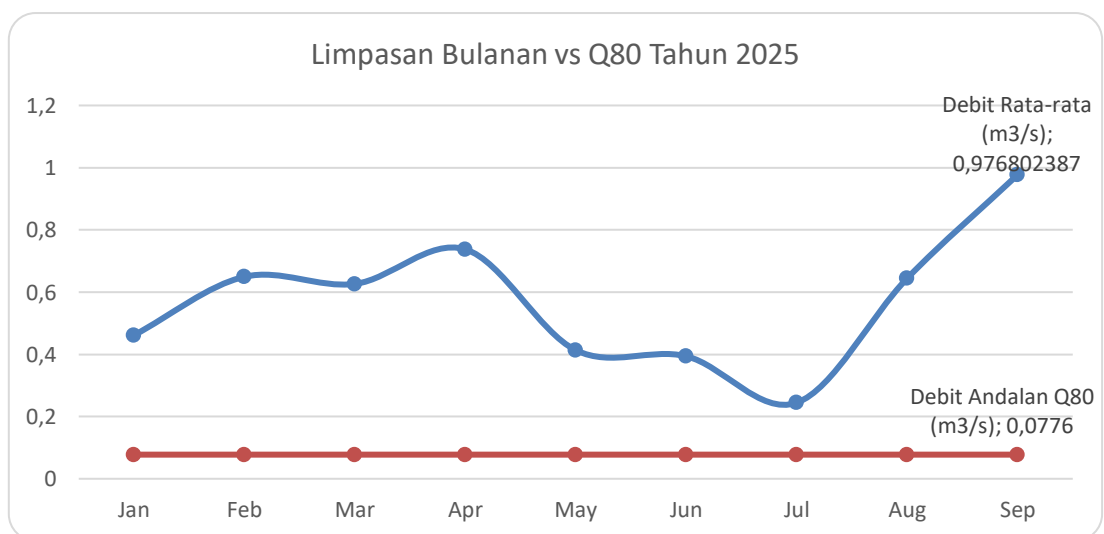
Gambar 4 5 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2022



Gambar 4 6 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2023



Gambar 4 7 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2024



Gambar 4 8 Grafik Limpasan Bulanan Vs Q80 Tahun 2025

Analisis limpasan bulanan dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara debit aktual hasil pengolahan data hidrologi dengan debit andalan Q80 sebesar $0,0776 \text{ m}^3/\text{s}$ yang digunakan sebagai dasar desain PLTMH spillway samping PLTA Musi. Grafik limpasan bulanan tiap tahun menunjukkan karakteristik hidrologi yang berbeda, namun secara umum seluruh periode analisis memperlihatkan bahwa debit aktual berada di atas debit desain, sehingga kontinuitas suplai air untuk pembangkit dapat terjaga.

Berdasarkan hasil grafik, tahun 2021 menunjukkan tren peningkatan debit menuju pertengahan tahun dengan puncak limpasan pada periode musim hujan, yang mengindikasikan potensi produksi energi yang tinggi pada bulan-bulan tertentu. Tahun 2022 memperlihatkan fluktuasi debit yang paling besar dengan beberapa puncak limpasan, sehingga memiliki potensi energi terbesar dalam periode analisis. Sementara itu, tahun 2023 menunjukkan kondisi debit yang relatif lebih rendah dibandingkan tahun lain, terutama pada pertengahan tahun, namun nilai limpasan masih berada di atas debit andalan sehingga sistem PLTMH tetap dapat beroperasi secara stabil.

Pada tahun 2024, pola limpasan cenderung lebih stabil dengan variasi moderat sepanjang tahun, yang menunjukkan kondisi hidrologi yang seimbang dan mendukung produksi energi yang relatif konstan. Tahun 2025 memperlihatkan fluktuasi yang tidak terlalu ekstrem dengan peningkatan debit pada akhir periode tertentu, sehingga kontinuitas operasi pembangkit masih berada dalam batas aman. Secara keseluruhan, ringkasan grafik limpasan bulanan tahun 2021–2025 menunjukkan bahwa pemilihan debit andalan Q80 sebagai dasar desain PLTMH termasuk konservatif dan mampu mengakomodasi variabilitas debit limpasan.

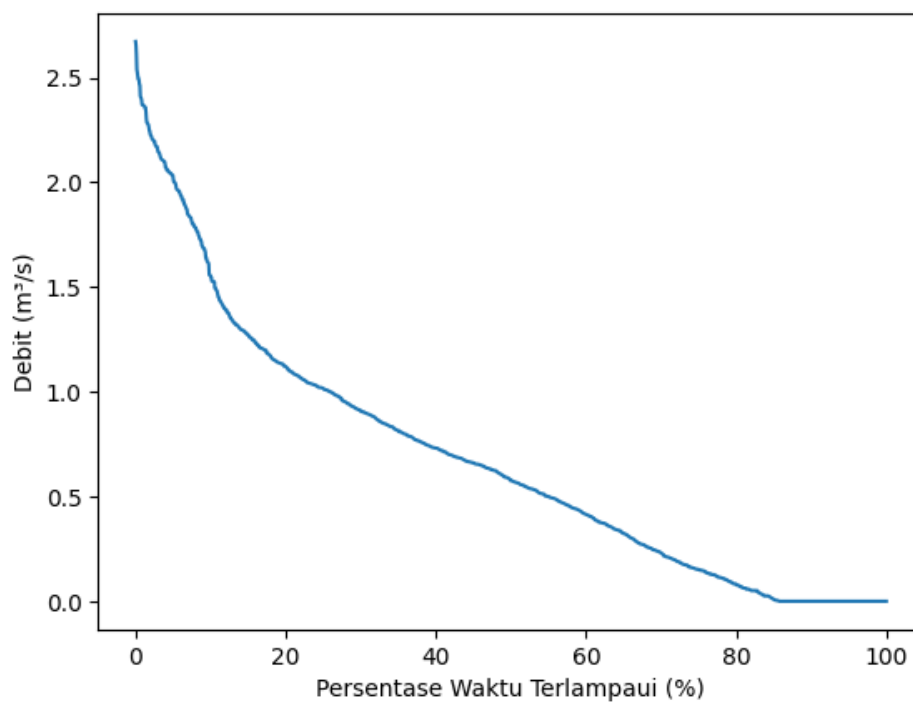
4.4 Analisis Debit Andalan

Berdasarkan hasil analisis kurva durasi aliran (flow duration curve), diperoleh debit andalan Q80 sebesar $0,0776 \text{ m}^3/\text{s}$. Nilai debit ini menunjukkan bahwa debit aliran tersebut dapat terpenuhi atau terlampaui selama 80% dari total waktu pengamatan, sehingga mencerminkan kondisi aliran yang relatif stabil dan andal untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Oleh karena itu, debit andalan Q80 digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan perhitungan kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Q_raw (m³/s)	Q_sorted_desc (m³/s)	Rank (m)	Exceedance P (%) = m/(n+1)
0,359828749	2,494176061	7	0%
0,269298433	2,493844743	8	0%
0,034357726	2,487533003	9	1%
0	2,467356722	10	1%
0	2,338330405	25	1%
0	2,304113105	26	1%
0	2,286306779	27	2%
0,601077418	2,201472271	42	2%
0,516660808	2,198202236	43	2%
0,766023404	2,117089378	59	3%
0,856238897	2,113448274	60	3%
0,071552428	2,052284545	77	4%
0,042945699	2,050546807	78	4%
0	2,047103368	79	5%
0	2,046529101	80	5%
0,700145395	1,988724593	94	5%
0,820993859	1,972597041	95	5%
0,923702859	1,968157137	96	6%
1,068359205	1,920023465	109	6%
0,202007094	1,919250526	110	6%
0	0,99751955	453	26%
0	0,996978836	454	26%
0	0,996786854	455	26%
0	0,833539131	593	34%
1,887423393	0,754482802	666	38%
0,726111016	0,754197802	667	38%
0,159724795	0,753817716	668	39%
0	0,753144882	669	39%
1,140271341	0,646048543	803	46%
0,161069244	0,645897345	804	46%
0,143846721	0,643584202	805	46%
0,243967065	0,57647205	869	50%
0	0,575077258	870	50%
0,431997	0,57355878	871	50%
0,654624251	0,572563381	872	50%
0	0,572009661	873	50%
0,131371998	0,46238468	995	57%
0,243967228	0,460451985	996	57%
0,237877326	0,460421213	997	57%
0	0,458136933	998	58%
0,299416398	0,153170173	1296	75%
0,148013589	0,152882715	1297	75%
0,083483112	0,152682829	1298	75%
0,336403155	0,127073892	1334	77%
0,456092547	0,127073892	1335	77%
0,109092049	0,090139414	1377	79%
0	0,090139414	1378	79%

0,85358751	0,088152352	1379	79%
1,25182223	0,085869724	1380	80%
0,595122585	0,083483112	1381	80%
1,316945282	0,083483112	1382	80%
0,891228807	0,083483112	1383	80%
0,734944411	0,083483112	1384	80%
0,803827921	0,083483112	1385	80%
0	0,083483112	1386	80%
0,627696888	0,081735401	1387	80%
0,365669845	0,077586131	1388	80%
0,326493656	0,07682681	1389	80%
0,153653621	0	1497	86%
0,624289341	0	1498	86%
0,667572932	0	1499	86%
1,010380321	0	1500	86%
0,755337358	0	1558	90%
0,825998653	0	1559	90%
0,676677835	0	1560	90%
0,495478371	0	1650	95%
0	0	1651	95%
0,445292973	0	1652	95%
1,020889232	0	1725	99%
1,010123126	0	1726	99%
1,312992385	0	1733	100%
1,182185181	0	1734	100%

Tabel 4. 2 Nilai Perhitungan Debit Andalan



Gambar 4 9 Grafik Debit andalan

Pemilihan debit andalan Q80 didasarkan pada pertimbangan teknis dan operasional, di mana nilai ini dianggap mampu menjamin kontinuitas operasi pembangkit dalam jangka panjang tanpa ketergantungan pada kondisi debit maksimum yang bersifat fluktuatif dan musiman. Penggunaan debit andalan juga bertujuan untuk menghindari perancangan kapasitas pembangkit yang berlebihan (overdesign) yang dapat mengakibatkan rendahnya faktor kapasitas serta tidak optimalnya pemanfaatan peralatan pembangkit.

Analisis debit dilakukan menggunakan data debit harian yang diperoleh dari logsheet intake dan catatan operasional PLTA Musi dalam satu periode pengamatan yang terintegrasi, yaitu dari tahun 2021 hingga September 2025. Data debit tersebut disusun dari nilai terbesar hingga terkecil untuk membentuk kurva durasi aliran, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai debit andalan pada berbagai tingkat keterlampauan, khususnya Q50, Q80, dan Q90. Dari hasil analisis tersebut, nilai Q80 dipilih sebagai debit desain karena merepresentasikan keseimbangan antara keandalan operasi dan potensi energi yang dapat dihasilkan.

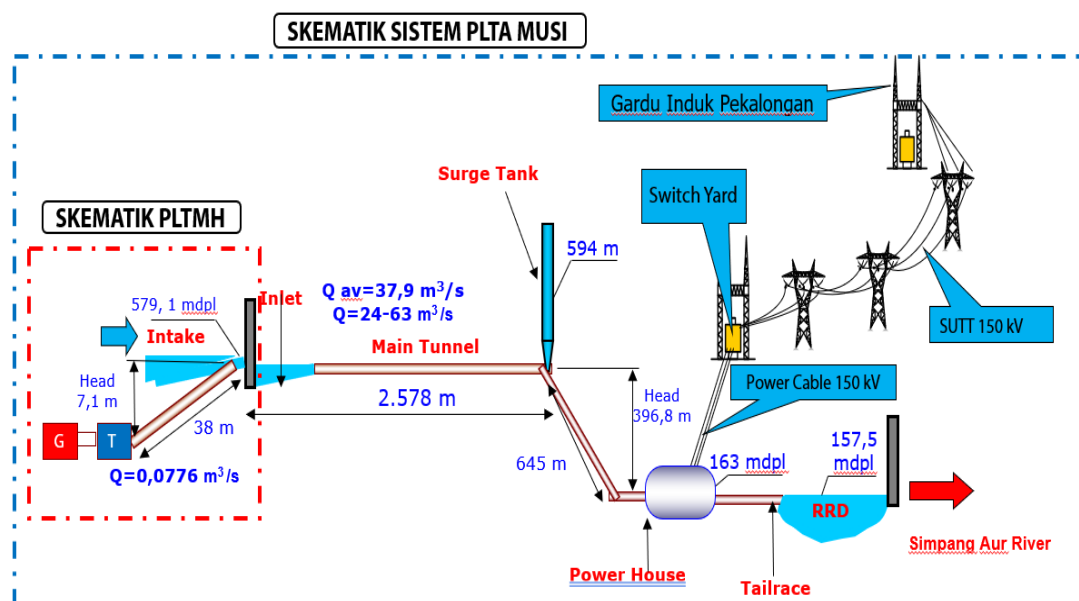
Dalam konteks kajian PLTMH berbasis limpasan air PLTA Musi, penggunaan debit andalan Q80 menjadi sangat relevan karena limpasan air yang dimanfaatkan mengikuti pola operasi pembangkit utama. Dengan menggunakan debit andalan, perhitungan potensi daya listrik yang dilakukan pada penelitian ini bersifat realistis dan konservatif, sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat dijadikan dasar yang kuat dalam menilai kelayakan teknis pengembangan PLTMH tanpa mengganggu operasi utama PLTA Musi.

4.5 Analisis Layout PLTMH pada Spillway PLTA Musi

Skematik sistem PLTA Musi menunjukkan pemanfaatan energi potensial air yang berasal dari reservoir melalui saluran utama menuju turbin pembangkit. Air yang tertampung di bendungan dialirkan melalui intake utama menuju penstock bertekanan tinggi sebelum masuk ke turbin tipe Vertical Francis. Setelah melewati turbin, air dibuang kembali ke saluran hilir melalui tailrace. Selain jalur utama tersebut, terdapat saluran spillway yang berfungsi sebagai pengaman bendungan untuk mengalirkan kelebihan debit ketika elevasi muka air melebihi batas operasi normal.

Pada kondisi tertentu, aliran limpasan melalui spillway memiliki energi potensial yang belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro yang ditempatkan pada spillway

Adapun gambar skematik PLTA Musi eksisting dengan rencana pemanfaatan limpasan spilway samping untuk pembangkit mikrohidro seperti dibawah ini :

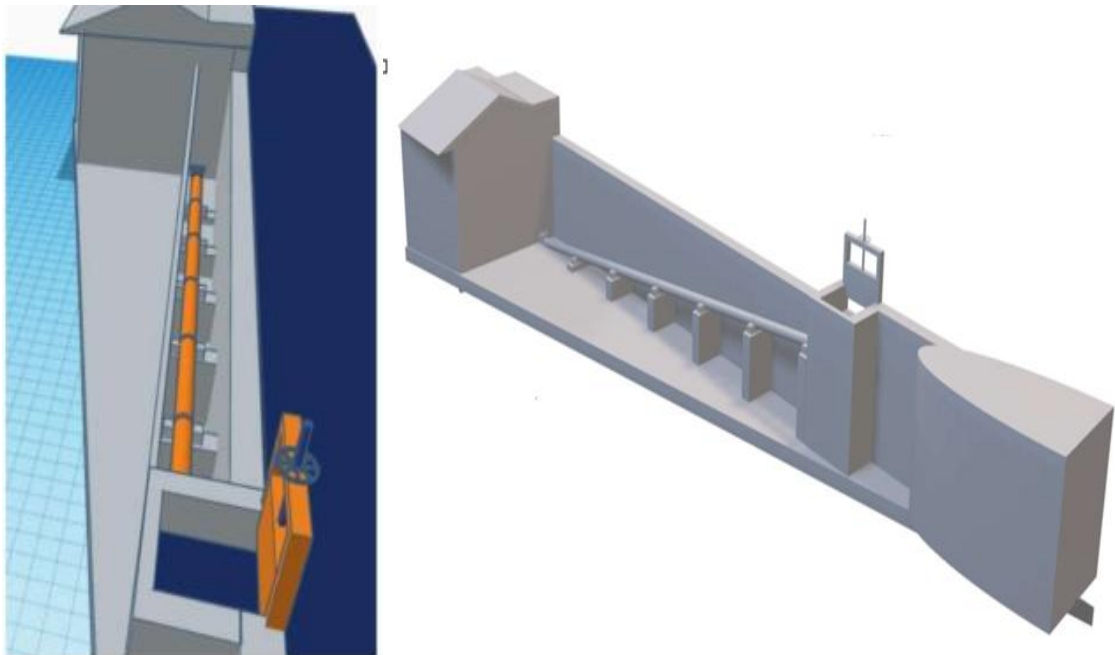


Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis data, diperoleh bahwa limpasan air pada spillway berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Limpasan terjadi ketika elevasi muka air mencapai sekitar EL 579,10 mdpl, kemudian mengalir melewati crest spillway menuju bagian hilir pada elevasi sekitar EL 572,00 mdpl. Selisih elevasi

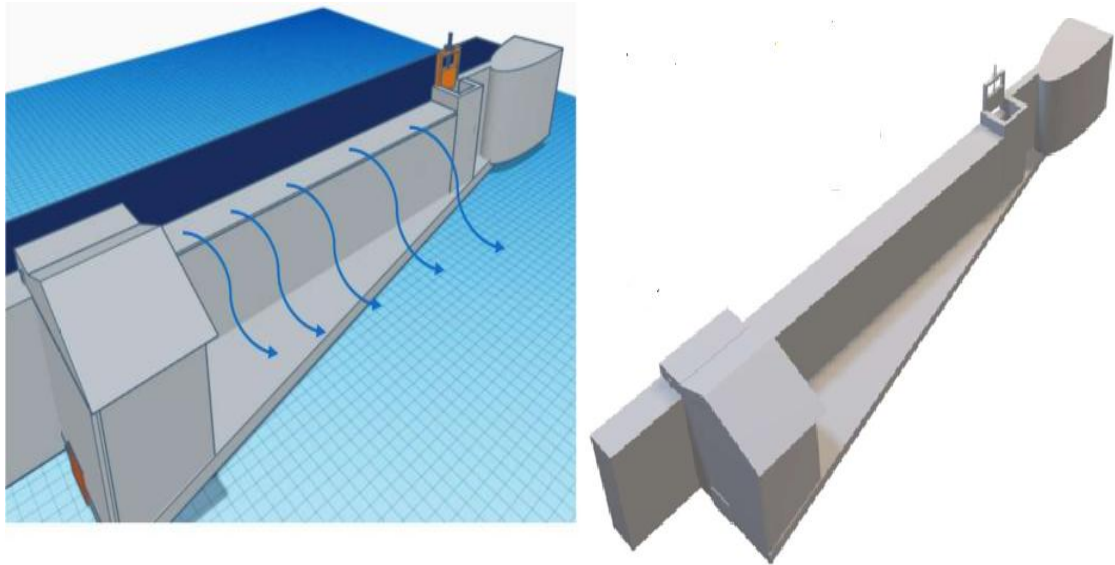
tersebut menjadi dasar dalam penentuan head yang dapat dimanfaatkan pada sistem PLTMH yang diusulkan.



Gambar 4 11 Head tersedia berdasarkan lokasi



Gambar 4 12 Usulan Layout Tampak Dalam



Gambar 4 13 Usulan Layout Tampak Luar

Usulan layout penstock dirancang dengan memanfaatkan struktur atap spillway sebagai jalur penempatan pipa penstock. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan lokasi ini memberikan beberapa keuntungan teknis, antara lain jalur penstock relatif lurus, kemiringan landai, serta jarak antara titik pengambilan dan rumah turbin yang relatif pendek. Kondisi tersebut berdampak langsung pada penurunan rugi-rugi energi akibat gesekan aliran di dalam pipa.

Pada tampak luar, pipa penstock ditempatkan mengikuti arah aliran air di atas spillway dan dilindungi oleh struktur beton eksisting. Penempatan ini tidak mengganggu fungsi utama spillway sebagai bangunan pelimpah, karena kapasitas pelimpahan tetap mengikuti desain awal. Selain itu, pemanfaatan struktur eksisting mengurangi kebutuhan pekerjaan sipil tambahan, sehingga lebih efisien dari sisi biaya dan waktu pelaksanaan.

Pipa penstock ditempatkan pada saluran tertutup dengan sistem dudukan yang terpasang secara periodik. konfigurasi ini mampu menjaga kestabilan pipa terhadap gaya hidrolik dan getaran selama operasi, sekaligus mempermudah kegiatan inspeksi dan perawatan. Penempatan penstock di dalam struktur tertutup juga memberikan perlindungan tambahan terhadap pengaruh cuaca dan aliran bebas saat debit limpasan tinggi. Aliran air dari penstock selanjutnya diarahkan menuju rumah turbin yang direncanakan berada di sisi hilir spillway. Dengan konfigurasi ini, air keluaran turbin dapat langsung dialirkan kembali ke sungai melalui saluran buang (tailrace), sehingga tidak menimbulkan genangan maupun gangguan terhadap aliran utama sungai.

4.6 Analisis Potensi Energi Listrik

Dari data berdasarkan lokasi pengamatan, untuk besaran head tersedia adalah :

h_1 : Elevasi Limpas 579,10 mdpl

h_2 : Elevasi Bawah 572,00 mdpl

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

$$= 579,10 \text{ Mdpl} - 572,00 \text{ Mdpl}$$

$$= 7,1 \text{ Meter}$$

Data yang ditentukan :

Q_d : Debit Air (Design) = 0,776 m³/s

Potensi energi listrik PLTMH dihitung berdasarkan persamaan daya turbin air:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

dengan:

P = daya keluaran turbin (kW)

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Q = debit limpasan (m³/s)

H = tinggi jatuh efektif (7,1 m)

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.0776 \text{ m}^3/\text{s} \times 7,1 \text{ m}$$

$$P = 5,4 \text{ kW}$$

Data perencanaan dari Desain dan Asumsi yang digunakan:

Debit (Q) = 0,0776 m³/s

Asumsi Kecepatan aliran desain, $v = 2,0 \text{ m/s}$

Panjang penstock (L) = 38-42 m

Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²

Faktor gesek Darcy (f) = 0,02

Head kotor (H) = 7,1 meter

Penentuan Diameter Penstock :

Diameter ditentukan dari persamaan debit:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{\pi D^2}{4} \cdot v \\D &= \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \\&= \sqrt{\frac{4(0,0776)m^3/s}{\pi (2,0)m/s}} \\&= 0,222 \text{ m } (\approx \mathbf{9 \text{ inch}})\end{aligned}$$

Persamaan Darcy–Weisbach

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Perhitungan Headloss

Rasio panjang terhadap diameter:

$$\frac{L}{D} = \frac{38 \text{ m}}{0,222 \text{ m}} = 171,2 \text{ m}$$

Komponen energi kecepatan:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{(2,0)^2}{2 \times 9,81} = 0,204 \text{ m}$$

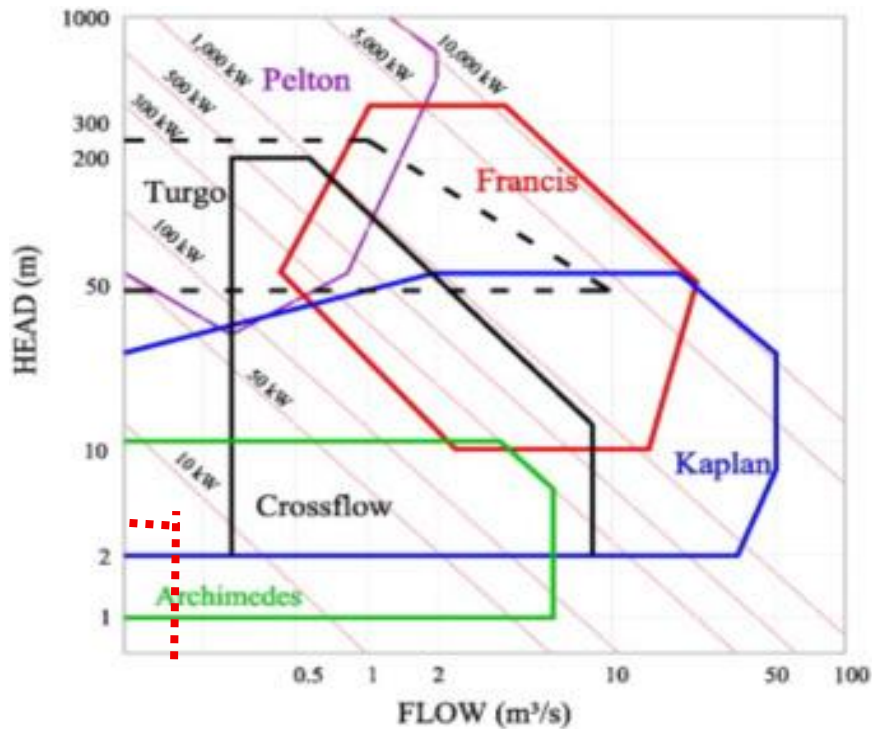
Substitusi:

$$h_f = 0,02 \times 171,2 \text{ m} \times 0,204 \text{ m}$$

$$h_f = 0,70 \text{ m}$$

Potensial Head Efektif

$$H_{\text{ef}} = H - h_f = 7,1 \text{ m} - 0,70 \text{ m} = 6,4 \text{ m}$$



Gambar 4 14 Aplikasi chart turbin
(ESHA, 2018)

Berdasarkan analisis diagram pemilihan turbin dan kondisi hidrolika yang tersedia, yaitu head sebesar 6,4 m dan debit aliran sebesar 0,0776 m³/s, jenis turbin yang paling sesuai adalah turbin Crossflow. Pada diagram hubungan head dan debit, titik operasi sistem berada pada zona kerja turbin Crossflow, yang dirancang untuk beroperasi pada head rendah hingga menengah dengan debit relatif kecil.

Turbin Crossflow memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas operasi terhadap variasi debit, konstruksi yang sederhana, serta kemudahan perawatan. Meskipun efisiensinya lebih rendah dibandingkan turbin Kaplan, efisiensi turbin Crossflow pada aplikasi mikrohidro masih berada pada kisaran 65–80%, sehingga dinilai cukup optimal untuk kondisi hidrolika yang tersedia.

Dengan mempertimbangkan kesesuaian teknis, efisiensi, serta aspek keekonomian dan ketersediaan komponen di pasar lokal, turbin Crossflow direkomendasikan sebagai turbin utama dalam perencanaan sistem PLTMH ini..

Potensi energi listrik yang dapat dihasilkan (generated power):

- Debit air, $Q = 0,0776 \text{ m}^3/\text{s}$
- Head efektif, $H_{ef} = 6,4 \text{ m}$
- Massa jenis air, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Percepatan gravitasi, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- Efisiensi turbin, $\eta_t = 0,75$
- Efisiensi generator, $\eta_g = 0,90$
- Efisiensi Drive Belt, $\eta_d = 0,95$

Efisiensi total:

$$\eta = \eta_t \times \eta_g \times \eta_d = 0,75 \times 0,90 \times 0,95 = 0,641$$

Total Potensi energi listrik :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,0776 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 6,4 \text{ m} \times 0,641$$

$$= 3,12 \text{ kW}$$

4.7 Parameter komponen yang dapat digunakan sesuai desain

Perencanaan komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada penelitian ini disusun berdasarkan kondisi lokasi yang telah dianalisis sebelumnya, yaitu debit rencana sebesar $0,0776 \text{ m}^3/\text{s}$ dan head efektif sekitar 6,4 meter.

Parameter-parameter tersebut menjadi dasar utama dalam menentukan spesifikasi teknis setiap komponen pembangkit agar sistem yang dirancang dapat beroperasi secara optimal, efisien, dan aman.

a. Turbin air merupakan komponen utama dalam sistem PLTMH yang berfungsi mengubah energi potensial dan kinetik air menjadi energi mekanik. Berdasarkan kondisi head yang relatif rendah dan debit yang tersedia, jenis turbin yang dipilih adalah turbin Crossflow. Turbin Crossflow memiliki karakteristik aliran aksial dan dirancang khusus untuk beroperasi pada head rendah dengan debit relatif fluktuatif. Efisiensi turbin Crossflow pada kondisi desain umumnya berkisar antara 70–80%, sehingga sangat sesuai untuk meningkatkan pemanfaatan energi air pada sistem PLTMH. Adapun spesifikasi Turbin [12] :

- Type and Model : Crossflow
- Diameter Runner : 150 mm
- Lebar Runner : 200 s.d 450 mm
- Diameter Pipa : 8 s.d 14 inch, PVC / HDPE / Steel
- Tinggi Jatuh (Head) : 6 – 25 m
- Debit Air (Flow) : 54 – 216 l/s (liter/detik)
- Daya Output : 3 – 20 kW
- Efisiensi : 75%

- Tipe Bearing : Spherical Roller Bearing SKF



Gambar 4 15 Jenis Turbin Crossflow
(<https://www.pme-bandung.com/>)

- b. Sistem drive pulley pada PLTMH berfungsi sebagai mekanisme transmisi daya untuk menyalurkan energi mekanik dari poros turbin ke poros generator sekaligus menyesuaikan perbedaan kecepatan putar. Pada turbin Crossflow, kecepatan putar turbin umumnya lebih rendah dibandingkan kebutuhan putaran generator, sehingga drive pulley digunakan untuk mengatur rasio putaran melalui perbandingan diameter pulley penggerak dan pulley yang digerakkan. Selain sebagai penyesuai kecepatan, sistem ini juga berperan meredam getaran dan beban dinamis akibat fluktuasi debit air, namun memiliki kerugian daya akibat gesekan dan slip sabuk yang umumnya berkisar 2–5%. Dengan perancangan rasio pulley, penyelarasan poros, dan sistem penegangan yang tepat, drive pulley dapat menjadi solusi transmisi yang sederhana, ekonomis, dan andal pada turbin Crossflow



Gambar 4 16 Sistem Drive Pulley
(<https://www.pme-bandung.com/>)

c. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Generator yang digunakan direncanakan memiliki kapasitas daya nominal lebih besar dari daya listrik hasil perhitungan sekitar 3,12 kW. Penentuan kapasitas generator yang lebih besar bertujuan untuk memberikan faktor keamanan terhadap fluktuasi beban dan kondisi operasi. Adapun Spesifikasi sebagai berikut :

- Construction : Double Bearing Horizontal Shaft
- Putaran : 1.500 rpm
- Phase / Frekuensi : 3 Phase / 50 Hz
- Tegangan : 230 / 400 V
- Faktor Daya (PF) : 0,8
- Efisiensi 90–95%.



Gambar 4 17 Sistem Generator
(<https://www.pme-bandung.com/>)

d. Pipa penstock berfungsi sebagai saluran bertekanan yang mengalirkan air dari bangunan pengambilan menuju turbin. Diameter penstock ditentukan berdasarkan debit rencana dan kecepatan aliran desain sebesar 2,0 m/s, sehingga diperoleh diameter pipa 9-10 inch. Panjang penstock direncanakan sekitar 38–42 m mengikuti kondisi topografi. Dengan spesifikasi tersebut, kehilangan energi akibat gesekan aliran diperkirakan kurang dari 10% dari head kotor, sehingga masih berada dalam batas yang diizinkan.

- e. Sebagai sistem pengamanan, dipasang katup (valve) pada jalur penstock yang berfungsi menghentikan aliran air saat perawatan maupun kondisi darurat. Jenis katup yang digunakan dapat berupa butterfly valve atau gate valve dengan diameter nominal sesuai penstock yaitu 9-10 inch.



Gambar 4 18 Butterfly Valve
(<https://www.pme-bandung.com/>)

- f. Power house direncanakan sebagai bangunan pelindung yang berfungsi untuk menempatkan turbin, generator, serta peralatan pendukung lainnya seperti sistem transmisi mekanik, panel kontrol, dan peralatan proteksi. Bangunan ini dirancang untuk melindungi seluruh peralatan utama pembangkit dari pengaruh lingkungan luar, seperti hujan, kelembapan, debu, serta potensi gangguan mekanis, sehingga keandalan dan umur operasi peralatan dapat terjaga.

Power house dilengkapi dengan sistem ventilasi yang memadai untuk menjaga sirkulasi udara dan mengontrol suhu ruang selama operasi pembangkit. Pengaturan ventilasi yang baik diperlukan untuk mencegah terjadinya kenaikan temperatur berlebih pada generator dan peralatan listrik lainnya, yang dapat memengaruhi kinerja dan efisiensi sistem. Selain itu, tata letak peralatan di dalam power house dirancang sedemikian rupa agar memberikan akses yang mudah untuk kegiatan inspeksi, pengoperasian, dan perawatan rutin, sehingga mendukung keselamatan kerja serta kelancaran operasional PLTMH.

4.8 Kajian Kelayakan Investasi

Perhitungan Asumsi untuk biaya investasi pembuatan PLTMH sebagai berikut :

Main Part Material		Amount	Price
1	Generator, Turbine & Transmission rating 10 kW (Local production)	1 lot	45.000.000
Civil Construction Material			
2	Penstock reservoir	1 lot	96.500.000
3	Penstock pipe 10 inch		
4	penstock foundation		
5	power house		
6	spillway roof		
7	construction accessories		
Instrumentation & control material			
8	Sluice Gate	1 lot	13.450.000
9	Butterfly valve		
10	control panel		
Services			
11	Installation cost	1 lot	15.495.000
12	Comissioning		
Total Cost			170.445.000

Tabel 4. 3 Perhitungan Biaya Investasi

Data Perhitungan

Daya listrik (P) = 3,12 kW

Asumsi Capacity Factor (CF) = 65%

Biaya investasi (I₀) = Rp 170.445.000

Tarif listrik yang dihindari = Rp 1.444/kWh

Biaya O&M = 3% investasi/tahun = Rp 5.113.350/tahun

Umur proyek (n) = 20 tahun

Tingkat diskonto (i) = 9,28% (Weighted Average Cost of Capital) PLN

Perhitungan Energi Tahunan

Rumus energi tahunan:

$$\begin{aligned}
 E &= P \times 8760 \times CF \\
 &= 3,12 \times 8760 \times 0,65 \\
 &= 17.765,28 \text{ kWh/tahun}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penghematan Listrik Tahunan

$$\begin{aligned}
 \text{Saving} &= E \times \text{Tarif listrik} \\
 &= 17.765,28 \times 1.444 \\
 &= \text{Rp } 25.653.064/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cashflow} &= \text{Saving} - \text{O\&M} \\
&= 25.653.064 - 5.113.350 \\
&= \text{Rp } 20.539.714/\text{ tahun}
\end{aligned}$$

Perhitungan Net Present Value (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF}{(1+i)^t} - I_0$$

Karena cashflow konstan, digunakan faktor anuitas:

$$PV = CF \times \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i}$$

Faktor anuitas ($i = 9,28\%$)

$$\begin{aligned}
(1+i) &= 1,0928 \\
(1,0928)^{20} &\approx 5,89 \\
(1+i)^{-n} &\approx 0,1697 \\
FA &= \frac{1 - 0,1697}{0,0928} \\
FA &\approx 8,94
\end{aligned}$$

Present Value Cashflow :

$$\begin{aligned}
PV &= \text{Rp } 20.539.714 \times 8,94 \\
&= \text{Rp } 183.640.000
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NPV &= \text{Rp } 183.640.000 - \text{Rp } 170.445.000 \\
&= \text{Rp } 13.195.000 \text{ (POSITIF)}
\end{aligned}$$

Perhitungan Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah nilai tingkat diskonto ketika $NPV = 0$.

Berdasarkan interpolasi antara tingkat diskonto, diperoleh:

Tahun	Cashflow (Rp)	Faktor Diskonto (IRR 10,44%)	Present Value (Rp)	Kumulatif PV (Rp)
1	20,539,714	0.9055	18,598,075	-151,846,925
2	20,539,714	0.8199	16,839,981	-135,006,944
3	20,539,714	0.7424	15,248,081	-119,758,863
4	20,539,714	0.6722	13,806,665	-105,952,197
5	20,539,714	0.6087	12,501,508	-93,450,689
6	20,539,714	0.5511	11,319,728	-82,130,961
7	20,539,714	0.4990	10,249,663	-71,881,298
8	20,539,714	0.4518	9,280,753	-62,600,545
9	20,539,714	0.4091	8,403,434	-54,197,110
10	20,539,714	0.3705	7,609,050	-46,588,061
11	20,539,714	0.3354	6,889,759	-39,698,302

12	20,539,714	0.3037	6,238,463	-33,459,839
13	20,539,714	0.2750	5,648,735	-27,811,104
14	20,539,714	0.2490	5,114,755	-22,696,349
15	20,539,714	0.2255	4,631,252	-18,065,097
16	20,539,714	0.2042	4,193,455	-13,871,641
17	20,539,714	0.1849	3,797,044	-10,074,597
18	20,539,714	0.1674	3,438,106	-6,636,492
19	20,539,714	0.1516	3,113,098	-3,523,393
20	20,539,714	0.1372	2,818,814	-704,579

Tabel 4. 4 Perhitungan IRR

Perhitungan Payback Period (PP)

$$\begin{aligned}
 PP &= \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Benefit Tahunan}} \\
 &= \frac{170.445.000}{20.539.714} \\
 &= 8,29 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan perhitungan Investasi

Indikator	Hasil	Interpretasi
Net Present Value (NPV)	Rp 13.195.000	Positif, proyek layak secara finansial.
Internal Rate of Return (IRR)	10,44%	Lebih besar dari tingkat diskonto (9.28%), proyek layak.
Payback Period (PP)	8,29 tahun	Investasi kembali dalam waktu singkat.

Dengan skenario pemakaian listrik sendiri (self-consumption), proyek PLTMH limpasan PLTA Musi menghasilkan NPV positif sebesar Rp 13.195.000, IRR sekitar 10,44%, serta Payback Period sekitar 8,29 tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi untuk kebutuhan internal lebih layak secara ekonomi.

4.9 Analisis Risiko

Pembangunan PLTMH yang memanfaatkan limpasan spillway pada PLTA Musi memiliki potensi energi tambahan tanpa mengganggu operasi utama pembangkit. Integrasi sistem mikrohidro pada struktur eksisting bendungan spillway PLTA Musi memiliki beberapa risiko :

a. Risiko Hidrologi

Risiko hidrologi berkaitan dengan fluktuasi debit limpasan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi reservoir PLTA Musi sebagai pembangkit listrik eksisting dan curah hujan.

Potensi Risiko:

- Debit limpasan tidak stabil karena pembukaan pintu spillway bergantung pada elevasi muka air di intake dam.
- Musim kemarau dapat menyebabkan penurunan debit sehingga output PLTMH berkurang.
- Hujan ekstrem dapat meningkatkan debit secara tiba-tiba.

Dampak:

- Turbin bekerja di luar titik efisiensi optimum.
- Potensi overload jika debit meningkat mendadak.

Mitigasi:

- Menggunakan debit andalan (Q80) sebagai dasar desain.
- Instalasi sistem bypass atau flow control.

b. Risiko Ekonomi dan Investasi

Dari sisi finansial, proyek mikrohidro skala kecil sangat sensitif terhadap biaya operasi dan capacity factor.

Potensi Risiko:

- Biaya O&M tinggi menyebabkan NPV negatif.
- Perubahan tarif listrik atau kebijakan energi.

Dampak:

- Proyek menjadi tidak layak secara finansial.

Mitigasi:

- Optimasi desain untuk meningkatkan capacity factor.
- Pemanfaatan energi untuk kebutuhan internal (self-consumption)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis data terkait dengan debit limpasan spillway PLTA Musi, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perbandingan, debit limpasan periode tahun 2021 s/d September 2025 untuk rata-rata debit limpasan terendah terjadi pada bulan Januari tahun 2021 dengan nilai sebesar $0,0777 \text{ m}^3/\text{s}$ yang berada di atas debit andalan Q80 dengan nilai sebesar $0,0776 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Limpasan air dari Spillway Samping PLTA Musi dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro skala kecil dengan potensi daya hingga 5,4 kW. Dengan asumsi *headloss* dan efisiensi keseluruhan, potensi energi yang dihasilkan adalah 3,12 kW.
3. Turbin Crossflow dinilai cocok digunakan dalam desain ini berdasarkan head yang tersedia, karakteristik aliran yang dipilih, serta ketersediaan komponen utama (main part) di pasar lokal.
4. Dari kajian kelayakan Investasi, investasi mikrohidro selama 20 tahun dengan biaya investasi Rp 170.445.000 layak secara finansial, memiliki IRR 10,44%, NPV Rp 13.195.000, dan Payback Periode selama 8,29 tahun

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, ada beberapa rekomendasi saran yang diajukan diantaranya :

1. Diperlukan analisis data debit limpasan jangka panjang untuk memperoleh nilai debit andalan yang lebih akurat dan representatif.
2. Strategi operasi pembangkit sebaiknya disesuaikan dengan pola musiman debit sungai agar produksi energi tahunan dapat dioptimalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. (2010). *Modul Perencanaan Sumber Daya Air*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- [2] Winarno. (2009). *Energi Terbarukan: Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [3] Energy Systems and Design Ltd., www.microhydropower.com, “The Stream Engine”, accessed 30 January 2008.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8456:2017 Tata Cara Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*.
- [5] Samboja, I. (2011). *Dasar-Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Bandung: ITB Press
- [6] GIZ & Direktorat Jenderal EBTKE. (2014). *Panduan teknis mikrohidro: Modul pelatihan operator PLTMH*. Jakarta: Kementerian ESDM
- [7] Chapallaz, J. M., Eichenberger, P., & Fischer, G. (1992). *Manual on pumps used as turbines: A guide to the application of pumps operating in reverse as turbines*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- [8] Soemarto, C. D. (1987). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga
- [9] European Small Hydropower Association. (2004). *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*. Brussels
- [10] Arismunandar, A., & Kuwahara, S. (2004). *Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. Jakarta: Pradnya Paramita
- [11] Direktorat Jenderal EBTKE. *Pedoman Studi Kelayakan PLTA Skala Kecil*.
- [12] CV. Protel Multi Energy. (n.d.). *Small hydro turbines and control system*. Retrieved June 1, 2024, from <https://www.pme-bandung.com/>
- [13] Harvey, A., Brown, A., Hettiarachi, P., & Inversin, A. (1993). *Micro-hydro design manual: A guide to small-scale water power schemes*. London: Intermediate Technology Publications
- [14] Kaldellis, J. K., & Vlachou, D. S. (2011). Energy recovery from small hydropower plants. *Energy Policy*,
- [15] Paish, O. (2002). Small hydro power: Technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- [16] UNIDO. (2016). *World small hydropower development report*. Vienna: United Nations Industrial Development Organization.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



a. Data Personal

NIM : 202312569
Nama : Adi Kurniawan
Tempat/Tgl. Lahir : Palembang / 18 Juli 1988
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status Perkawinan : Menikah
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Alamat Rumah : Jalan raya bengkulu curup km 72 kepahiang Bengkulu
Telp : 082179966128
Email : adijr4@gmail.com
Personal Web : -

b. Pendidikan

Jenjang	Nama Lembaga	Jurusan	Tahun Lulus
SD	SDN 1 Way Halim Permai	-	2000
SMP	SMP Al- Azhar	-	2003
SMA	SMAN 14	IPA	2006
DIPLOMA 3	Universitas Lampung	Teknik Mesin	2009

Demikianlah daftar Riwayat hidup ini dibuat dengan sebenarnya.

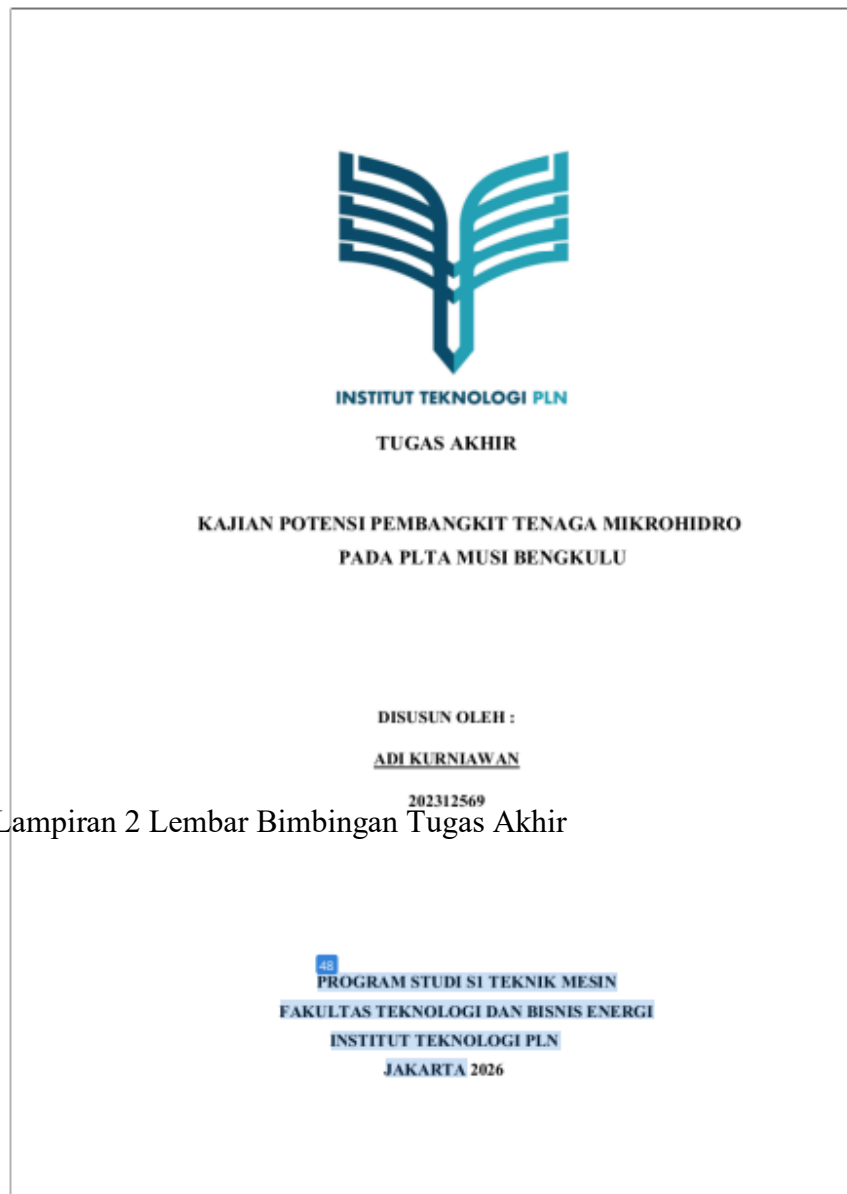
Bengkulu, Januari 2026

Mahasiswa

(Adi Kurniawan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Turnitin Tugas Akhir Adi Kurniawan



Lampiran 2 Lembar Bimbingan Tugas Akhir

tugas-akhir-kajian-potensi-pembangkit-tenaga-mikrohidro-pada-plta-musi-bengkulu-rev02-turnitin_1769785667512.pdf

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.poliupg.ac.id Internet	391 words — 3%
2	repository.unissula.ac.id Internet	277 words — 2%
3	www.scribd.com Internet	175 words — 1%
4	www.coursehero.com Internet	111 words — 1%
5	123dok.com Internet	104 words — 1%
6	pdfcoffee.com Internet	96 words — 1%
7	eprints.uny.ac.id Internet	88 words — 1%
8	repository.ub.ac.id Internet	78 words — 1%
9	docplayer.info Internet	69 words — 1%
10	repository.its.ac.id Internet	61 words — < 1%
11	lib.unnes.ac.id Internet	49 words — < 1%
12	repo.itsm.ac.id Internet	43 words — < 1%

Lampiran 2 Lembar Bimbingan Skripsi



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Adi Kurniawan
NIM : 202312569
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : Sarjana
Fakultas : Teknologi dan Bisnis Energi
Pembimbing Utama (Materi) : Hendri, S.T., M.T.
Judul Skripsi : Kajian Potensi Pembangkit Tenaga Mikrohidro pada PLTA Musi Bengkulu

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Pembimbing
1	19 Maret 2025	Bimbingan Judul Tugas Akhir	
2	2 April 2025	Konfirmasi Judul Tugas Akhir	 
3	9 April 2025	Pembahasan latar belakang dan permasalahan yang terjadi pada BAB 1	 
4	20 Mei 2025	Pembahasan teori BAB 2 yang digunakan pada penelitian ini	 
5	24 Mei 2025	Pembahasan metode penelitian BAB 3 yang akan digunakan pada penelitian ini	 
6	28 Mei 2025	Penandatanganan BAB 1-3 untuk seminar proposal	 
7	30 Mei 2025	Konsultasi pembahasan BAB 1-3 dan revisi seminar proposal	 
8	19 Januari 2026	Pembahasan BAB 4	 
9	20 Januari 2026	Pengecekan Bab 4 serta perbaikan bagian perhitungan	 

10	20 Januari 2026	Pengecekan BAB 4 dan % serta pengecekan diagram	
11	24 Januari 2026	Bimbingan BAB 1-5	
12	26 Januari 2026	Revisi pembahasan kesimpulan dan saran	
13	28 Januari 2026	Bimbingan Persiapan Sidang Tugas Akhir	
14	30 Januari 2026	Penandatanganan Tugas Akhir oleh Pembimbing	

Lampiran 3 Data Limpasan Spillway Tahun 2021-September 2025

No	2021		2022		2023		2024		2025	
	m3/s	date	m3/s	date	m3/s	date	m3/s	date	m3/s	date
1	0,01120239	01/01/2021	2,655859206	01/01/2022	0	01/01/2023	0,635505318	01/01/2024	0,896324779	01/01/2025
2	0	02/01/2021	2,365996431	02/01/2022	0,6871036	02/01/2023	0,420086153	02/01/2024	0	02/01/2025
3	0,293660648	03/01/2021	0,90529504	03/01/2022	0,948667905	03/01/2023	0,376295487	03/01/2024	0,127073892	03/01/2025
4	0,438427258	04/01/2021	0,989464507	04/01/2022	0,651745038	04/01/2023	0,6625541	04/01/2024	0,342114781	04/01/2025
5	0,038890816	05/01/2021	1,378790075	05/01/2022	1,035026124	05/01/2023	0,376505284	05/01/2024	0,112990383	05/01/2025
6	0,101023866	06/01/2021	0,691621458	06/01/2022	1,55344038	06/01/2023	1,009100324	06/01/2024	0,083483112	06/01/2025
7	0,359828749	07/01/2021	0,500929837	07/01/2022	1,276622642	07/01/2023	0,905152631	07/01/2024	0,407865611	07/01/2025
8	0,269298433	08/01/2021	0,66828725	08/01/2022	1,289045531	08/01/2023	1,043050324	08/01/2024	0,514906392	08/01/2025
9	0,034357726	09/01/2021	2,278915738	09/01/2022	0,187059225	09/01/2023	1,021038733	09/01/2024	0,198955786	09/01/2025
10	0	10/01/2021	2,401945733	10/01/2022	0,56264339	10/01/2023	0,788190833	10/01/2024	0,300820514	10/01/2025
11	0,003991793	11/01/2021	2,539049556	11/01/2022	0,296710709	11/01/2023	0,385150322	11/01/2024	0,210742783	11/01/2025
12	0,014220024	12/01/2021	2,612209739	12/01/2022	0,025608937	12/01/2023	0,9133061	12/01/2024	0,057874175	12/01/2025
13	0,318077754	13/01/2021	1,842468885	13/01/2022	0	13/01/2023	0,576962659	13/01/2024	0,090139414	13/01/2025
14	0,27965546	14/01/2021	1,937504401	14/01/2022	0	14/01/2023	0,785884246	14/01/2024	0,306279551	14/01/2025
15	0,245962048	15/01/2021	1,40883609	15/01/2022	0,57355878	15/01/2023	1,24623083	15/01/2024	0,057874175	15/01/2025
16	0	16/01/2021	2,368820403	16/01/2022	1,002992856	16/01/2023	1,102213816	16/01/2024	0,196273609	16/01/2025
17	0	17/01/2021	2,67268439	17/01/2022	1,547197211	17/01/2023	0,73192528	17/01/2024	0,699455288	17/01/2025
18	0	18/01/2021	2,355815945	18/01/2022	1,848489865	18/01/2023	0,537536402	18/01/2024	0,806541547	18/01/2025
19	0	19/01/2021	1,776741137	19/01/2022	2,069009065	19/01/2023	0,299416398	19/01/2024	0,647975422	19/01/2025
20	0	20/01/2021	2,338330405	20/01/2022	2,176314988	20/01/2023	0,148013589	20/01/2024	0,633320631	20/01/2025
21	0	21/01/2021	1,72858079	21/01/2022	2,201472271	21/01/2023	0,083483112	21/01/2024	0,375329315	21/01/2025
22	0	22/01/2021	1,761474885	22/01/2022	2,355678471	22/01/2023	0,205423964	22/01/2024	0,86186898	22/01/2025
23	0	23/01/2021	2,037107579	23/01/2022	1,802939352	23/01/2023	0,440635989	23/01/2024	0,396871402	23/01/2025
24	0	24/01/2021	2,206152146	24/01/2022	1,801075682	24/01/2023	0,051217874	24/01/2024	0,874256105	24/01/2025
25	0	25/01/2021	2,372580821	25/01/2022	1,83642784	25/01/2023	0,113907531	25/01/2024	1,089696975	25/01/2025
26	0	26/01/2021	2,245803188	26/01/2022	2,362423022	26/01/2023	0,025608937	26/01/2024	0,712898529	26/01/2025
27	0	27/01/2021	2,033663129	27/01/2022	2,227599976	27/01/2023	0	27/01/2024	0,516700711	27/01/2025
28	0	28/01/2021	2,286306779	28/01/2022	2,526719794	28/01/2023	0,49294154	28/01/2024	0,648201165	28/01/2025
29	0	29/01/2021	1,800865214	29/01/2022	1,87431677	29/01/2023	0,53926886	29/01/2024	0,744775757	29/01/2025
30	0	30/01/2021	1,881355677	30/01/2022	2,03997678	30/01/2023	0,240054787	30/01/2024	0,535846089	30/01/2025
31	0	31/01/2021	2,214368546	31/01/2022	1,787908672	31/01/2023	0	31/01/2024	0,862185573	31/01/2025
32	0	01/02/2021	2,487533003	01/02/2022	0,501194194	01/02/2023	1,801045994	01/02/2024	0,790170589	01/02/2025
33	0,175516971	02/02/2021	2,099309214	02/02/2022	0	02/02/2023	0,500090982	02/02/2024	0,272529399	02/02/2025
34	0,064594191	03/02/2021	2,106927164	03/02/2022	0,172594671	03/02/2023	1,42081301	03/02/2024	0,345051139	03/02/2025
35	0,009006822	04/02/2021	2,467356722	04/02/2022	0,205612088	04/02/2023	0,953841009	04/02/2024	0,143068673	04/02/2025
36	0,153170173	05/02/2021	2,059246143	05/02/2022	0,083483112	05/02/2023	1,429109704	05/02/2024	0,153653621	05/02/2025
37	0,256921708	06/02/2021	1,963768072	06/02/2022	0	06/02/2023	0,834000618	06/02/2024	0,624289341	06/02/2025
38	0	07/02/2021	2,506178391	07/02/2022	1,78563126	07/02/2023	1,918612919	07/02/2024	0,667572932	07/02/2025
39	0,050406301	08/02/2021	1,935025226	08/02/2022	0,433436845	08/02/2023	2,052284545	08/02/2024	1,010380321	08/02/2025
40	0,033353042	09/02/2021	2,493844743	09/02/2022	0	09/02/2023	1,493318854	09/02/2024	1,178308177	09/02/2025
41	0,026421328	10/02/2021	2,464290055	10/02/2022	0,073868956	10/02/2023	1,083177983	10/02/2024	0,175162664	10/02/2025
42	0,601077418	11/02/2021	1,400290789	11/02/2022	0	11/02/2023	0,113907531	11/02/2024	0,460421213	11/02/2025
43	0,516660808	12/02/2021	1,015225985	12/02/2022	0,477758098	12/02/2023	0,588475771	12/02/2024	0,175733684	12/02/2025
44	1,17445563	13/02/2021	0	13/02/2022	0,320215631	13/02/2023	0,443993579	13/02/2024	0,173622526	13/02/2025
45	2,406513287	14/02/2021	0	14/02/2022	0	14/02/2023	1,081529463	14/02/2024	0,809028706	14/02/2025
46	1,121565986	15/02/2021	0,491670182	15/02/2022	0	15/02/2023	1,033272784	15/02/2024	0,156385896	15/02/2025
47	2,304113105	16/02/2021	0	16/02/2022	0	16/02/2023	1,133519725	16/02/2024	1,155319349	16/02/2025
48	1,328976622	17/02/2021	0,103195068	17/02/2022	0	17/02/2023	0,705585683	17/02/2024	0,691006944	17/02/2025
49	1,068452723	18/02/2021	0	18/02/2022	0,622952305	18/02/2023	0,636021798	18/02/2024	1,145823915	18/02/2025
50	0,035982092	19/02/2021	2,090935611	19/02/2022	0,355869908	19/02/2023	0,405033949	19/02/2024	1,296534543	19/02/2025

No	2021 m3/s	date	2022 m3/s	date	2023 m3/s	date	2024 m3/s	date	2025 m3/s	date
51	1,023266577	20/02/2021	0	20/02/2022	0,70263337	20/02/2023	0,657939416	20/02/2024	0,89399836	20/02/2025
52	0,273202905	21/02/2021	0,686537797	21/02/2022	1,259012929	21/02/2023	1,221444439	21/02/2024	0,951967947	21/02/2025
53	0,003872071	22/02/2021	1,525459061	22/02/2022	1,339857177	22/02/2023	0,80535711	22/02/2024	0,689940563	22/02/2025
54	0,017826832	23/02/2021	0,894696521	23/02/2022	1,699293551	23/02/2023	1,154754305	23/02/2024	0,775392187	23/02/2025
55	0,32650148	24/02/2021	0,214888113	24/02/2022	1,620392237	24/02/2023	1,086895568	24/02/2024	0,68934086	24/02/2025
56	0,713220596	25/02/2021	0	25/02/2022	1,256168943	25/02/2023	0,949966806	25/02/2024	0,718905251	25/02/2025
57	0,800075771	26/02/2021	0,127073892	26/02/2022	1,002869629	26/02/2023	1,276306516	26/02/2024	0,556517252	26/02/2025
58	0	27/02/2021	1,237167546	27/02/2022	2,046529101	27/02/2023	0,930189966	27/02/2024	0,799396558	27/02/2025
59	0,766023404	28/02/2021	0	28/02/2022	1,163956205	28/02/2023	1,668690058	28/02/2024	0,680319219	28/02/2025
60	0,856238897	01/03/2021	0	01/03/2022	1,017363828	01/03/2023	2,072238365	29/02/2024	0,671597296	01/03/2025
61	0,978666391	02/03/2021	0	02/03/2022	0,828610563	02/03/2023	1,292724176	01/03/2024	0,685290945	02/03/2025
62	0,917640175	03/03/2021	0,444350396	03/03/2022	0,481894937	03/03/2023	1,525199994	02/03/2024	0,561615112	03/03/2025
63	0,999447732	04/03/2021	0	04/03/2022	0,759861429	04/03/2023	1,077254402	03/03/2024	1,038466199	04/03/2025
64	1,058544689	05/03/2021	0	05/03/2022	0,627922402	05/03/2023	1,058311619	04/03/2024	0,734697578	05/03/2025
65	0,83676754	06/03/2021	0,128044684	06/03/2022	0,941688071	06/03/2023	0,943372159	05/03/2024	0,77040157	06/03/2025
66	0,71838668	07/03/2021	0	07/03/2022	1,21366184	07/03/2023	1,038947071	06/03/2024	0,661309521	07/03/2025
67	1,049654607	08/03/2021	0	08/03/2022	0,656138211	08/03/2023	0,704869646	07/03/2024	0,74459989	08/03/2025
68	0,926981472	09/03/2021	0	09/03/2022	0,863707787	09/03/2023	0,758616835	08/03/2024	0,514713648	09/03/2025
69	1,035610651	10/03/2021	0	10/03/2022	0,678318333	10/03/2023	0,808409134	09/03/2024	0,814777528	10/03/2025
70	0,331915838	11/03/2021	1,094229114	11/03/2022	0,734173956	11/03/2023	0,998239524	10/03/2024	0,448177381	11/03/2025
71	0,665396148	12/03/2021	0,652450683	12/03/2022	0,707651513	12/03/2023	0,985857669	11/03/2024	0,62691494	12/03/2025
72	0,147962028	13/03/2021	1,740583168	13/03/2022	0,41480509	13/03/2023	0,534179953	12/03/2024	0,212287117	13/03/2025
73	0,485001565	14/03/2021	0,430331134	14/03/2022	1,140271341	14/03/2023	0,396542814	13/03/2024	0,49985209	14/03/2025
74	0,347967867	15/03/2021	1,62404349	15/03/2022	0,161069244	15/03/2023	0,07682681	14/03/2024	0,769049734	15/03/2025
75	0,013833471	16/03/2021	2,494176061	16/03/2022	0,143846721	16/03/2023	0,115748351	15/03/2024	0,723521812	16/03/2025
76	0,021905399	17/03/2021	2,141875029	17/03/2022	0,435272838	17/03/2023	0,556134533	16/03/2024	0,572009661	17/03/2025
77	0,071552428	18/03/2021	2,171540722	18/03/2022	0,103195068	18/03/2023	0,718114031	17/03/2024	0,779906855	18/03/2025
78	0,042945699	19/03/2021	2,198202236	19/03/2022	0,213998503	19/03/2023	0,359194619	18/03/2024	0,50198214	19/03/2025
79	0	20/03/2021	2,052807213	20/03/2022	0,914847512	20/03/2023	0,368512234	19/03/2024	0,606332904	20/03/2025
80	0	21/03/2021	2,411332829	21/03/2022	1,281072348	21/03/2023	0,146785848	20/03/2024	0,850510411	21/03/2025
81	0	22/03/2021	1,615289083	22/03/2022	1,875207293	22/03/2023	0,46416237	21/03/2024	0,726441963	22/03/2025
82	0,764314583	23/03/2021	0	23/03/2022	1,170801415	23/03/2023	0	22/03/2024	0,877820559	23/03/2025
83	0,839853697	24/03/2021	0	24/03/2022	1,054968829	24/03/2023	0,270418242	23/03/2024	0,463688518	24/03/2025
84	0,537045364	25/03/2021	0,069199717	25/03/2022	1,367573644	25/03/2023	0,761644022	24/03/2024	0,589798761	25/03/2025
85	0,753144882	26/03/2021	0	26/03/2022	1,196787466	26/03/2023	0,414514989	25/03/2024	0,697648961	26/03/2025
86	0,533418455	27/03/2021	0,534004923	27/03/2022	0,903186238	27/03/2023	0,854738279	26/03/2024	0,511639087	27/03/2025
87	0,654898502	28/03/2021	0	28/03/2022	1,364371879	28/03/2023	0,818637734	27/03/2024	0,653870058	28/03/2025
88	0,996978836	29/03/2021	0	29/03/2022	0,766710149	29/03/2023	0,467327093	28/03/2024	0,3554054	29/03/2025
89	0,4472745	30/03/2021	0	30/03/2022	1,618133547	30/03/2023	0,442427785	29/03/2024	0,152882715	30/03/2025
90	0,63676354	31/03/2021	0	31/03/2022	1,375545559	31/03/2023	0,635260118	30/03/2024	0,600960174	31/03/2025
91	0,881925061	01/04/2021	0	01/04/2022	0,996786854	01/04/2023	0,546702498	31/03/2024	0,76417112	01/04/2025
92	0,951392623	02/04/2021	0	02/04/2022	0,849234683	02/04/2023	0,778494926	01/04/2024	0,672451545	02/04/2025
93	1,148865301	03/04/2021	0	03/04/2022	0,336062967	03/04/2023	1,285686752	02/04/2024	0,345432184	03/04/2025
94	0,700145395	04/04/2021	0	04/04/2022	1,306690039	04/04/2023	0,473222441	03/04/2024	0,843506971	04/04/2025
95	0,820993859	05/04/2021	0,419117459	05/04/2022	0,673157795	05/04/2023	1,893090674	04/04/2024	0,591714652	05/04/2025
96	0,923702859	06/04/2021	0,253698091	06/04/2022	0,613560775	06/04/2023	0,823039441	05/04/2024	0,693306226	06/04/2025
97	0,968752201	07/04/2021	0	07/04/2022	0,847440788	07/04/2023	0,8851056	06/04/2024	0,755337358	07/04/2025
98	2,257322696	08/04/2021	0	08/04/2022	0	08/04/2023	1,398888179	07/04/2024	0,825998653	08/04/2025
99	1,275632399	09/04/2021	0	09/04/2022	0,18667818	09/04/2023	0,787395498	08/04/2024	0,676677835	09/04/2025
100	0,733838868	10/04/2021	0	10/04/2022	1,208757212	10/04/2023	0,738649742	09/04/2024	0,654796206	10/04/2025

No	2021 m3/s	date	2022 m3/s	date	2023 m3/s	date	2024 m3/s	date	2025 m3/s	date
101	1,071364627	11/04/2021	0	11/04/2022	0,606614545	11/04/2023	0,871555921	10/04/2024	0,362211978	11/04/2025
102	2,145904825	12/04/2021	0	12/04/2022	0	12/04/2023	0,836096868	11/04/2024	0,757460032	12/04/2025
103	0,993356343	13/04/2021	0	13/04/2022	0,771900961	13/04/2023	1,27093182	12/04/2024	0,86653458	13/04/2025
104	1,432658119	14/04/2021	0	14/04/2022	0,051217874	14/04/2023	0,730235822	13/04/2024	1,060460529	14/04/2025
105	0,921558653	15/04/2021	0,799387111	15/04/2022	0,115748351	15/04/2023	0,766864883	14/04/2024	0,736784495	15/04/2025
106	2,130631553	16/04/2021	0	16/04/2022	0	16/04/2023	0,193334482	15/04/2024	0,552921346	16/04/2025
107	1,172388014	17/04/2021	0	17/04/2022	0,321993565	17/04/2023	0,128044684	16/04/2024	0,647672936	17/04/2025
108	1,135357115	18/04/2021	0,374313209	18/04/2022	0	18/04/2023	0,390807617	17/04/2024	0,665778875	18/04/2025
109	1,068359205	19/04/2021	0,088152352	19/04/2022	0,53640847	19/04/2023	1,021706025	18/04/2024	1,136802782	19/04/2025
110	0,202007094	20/04/2021	1,007133573	20/04/2022	1,039399582	20/04/2023	1,150683559	19/04/2024	0,903365478	20/04/2025
111	0,695374044	21/04/2021	0	21/04/2022	1,31779377	21/04/2023	1,196355125	20/04/2024	1,047272253	21/04/2025
112	0,619969982	22/04/2021	0,342660635	22/04/2022	1,038975146	22/04/2023	0,593720265	21/04/2024	0,893127422	22/04/2025
113	0,001818235	23/04/2021	1,892144272	23/04/2022	1,010415046	23/04/2023	0,45138522	22/04/2024	0,57647205	23/04/2025
114	0,035228094	24/04/2021	1,951569568	24/04/2022	0,513852681	24/04/2023	0,711047228	23/04/2024	0,543174336	24/04/2025
115	0,066597805	25/04/2021	2,27733764	25/04/2022	0	25/04/2023	0,381940303	24/04/2024	0,627896775	25/04/2025
116	0,1272878	26/04/2021	2,107971783	26/04/2022	0,094808654	26/04/2023	0,623632739	25/04/2024	0,523521541	26/04/2025
117	0,111455484	27/04/2021	1,259153187	27/04/2022	0,983978785	27/04/2023	1,08226926	26/04/2024	0,895107748	27/04/2025
118	0,005628907	28/04/2021	2,170829054	28/04/2022	0,587812905	28/04/2023	0,586067478	27/04/2024	0,344989456	28/04/2025
119	0,993025258	29/04/2021	0,782025958	29/04/2022	0	29/04/2023	0,721463497	28/04/2024	1,279580715	29/04/2025
120	0,700228659	30/04/2021	1,295078543	30/04/2022	0	30/04/2023	1,151118427	29/04/2024	0,880900137	30/04/2025
121	0,465531578	01/05/2021	1,097073604	01/05/2022	0,496286654	01/05/2023	0,689857585	30/04/2024	0,470911397	01/05/2025
122	1,098498903	02/05/2021	0,556533315	02/05/2022	0	02/05/2023	1,03828325	01/05/2024	0,284425961	02/05/2025
123	0,073923209	03/05/2021	2,222849447	03/05/2022	0,051217874	03/05/2023	0,413448579	02/05/2024	0,357542738	03/05/2025
124	0,134284532	04/05/2021	2,196997807	04/05/2022	0	04/05/2023	1,074531719	03/05/2024	0,263486263	04/05/2025
125	0,052630949	05/05/2021	2,196519713	05/05/2022	0,165167463	05/05/2023	1,349141546	04/05/2024	0,700231062	05/05/2025
126	0,004112795	06/05/2021	2,368945595	06/05/2022	0,456254346	06/05/2023	1,348679766	05/05/2024	0,563849636	06/05/2025
127	0	07/05/2021	2,182020378	07/05/2022	0,809218681	07/05/2023	0,841276352	06/05/2024	0	07/05/2025
128	0,208573915	08/05/2021	1,818066625	08/05/2022	0,203129797	08/05/2023	0,984775766	07/05/2024	0,695683149	08/05/2025
129	0,290871376	09/05/2021	0,849927369	09/05/2022	1,026907974	09/05/2023	0,383351561	08/05/2024	0,554965953	09/05/2025
130	0,855544	10/05/2021	1,018428802	10/05/2022	0	10/05/2023	0,869282066	09/05/2024	0,124134765	10/05/2025
131	0,494663598	11/05/2021	1,528629167	11/05/2022	0	11/05/2023	0,744782886	10/05/2024	0,494242371	11/05/2025
132	0,481738821	12/05/2021	0,379234614	12/05/2022	1,200313247	12/05/2023	0,915318431	11/05/2024	0,164979162	12/05/2025
133	1,232987482	13/05/2021	0,136412371	13/05/2022	0,106334081	13/05/2023	1,095235756	12/05/2024	0,879491097	13/05/2025
134	1,269079506	14/05/2021	0,198955786	14/05/2022	0	14/05/2023	1,11871636	13/05/2024	0,899831313	14/05/2025
135	1,417880132	15/05/2021	0,051217874	15/05/2022	0	15/05/2023	0,688925049	14/05/2024	0,449398158	15/05/2025
136	1,451279659	16/05/2021	0,025608937	16/05/2022	0	16/05/2023	0,663124487	15/05/2024	0,575077258	16/05/2025
137	1,354097195	17/05/2021	0	17/05/2022	0,069199717	17/05/2023	0,511453309	16/05/2024	0,294799437	17/05/2025
138	0,888776239	18/05/2021	0,317726197	18/05/2022	0,654783937	18/05/2023	0,56837875	17/05/2024	0,423796186	18/05/2025
139	1,22340276	19/05/2021	0	19/05/2022	0,243967065	19/05/2023	0,74929041	18/05/2024	0,051217874	19/05/2025
140	2,1099408	20/05/2021	0	20/05/2022	0	20/05/2023	1,032131134	19/05/2024	0,584354381	20/05/2025
141	1,132033434	21/05/2021	0	21/05/2022	0,431997	21/05/2023	1,154711851	20/05/2024	0,083483112	21/05/2025
142	1,050011824	22/05/2021	0	22/05/2022	0,654624251	22/05/2023	1,077016829	21/05/2024	0,762136483	22/05/2025
143	2,104504331	23/05/2021	0	23/05/2022	0	23/05/2023	1,066951114	22/05/2024	0,838030837	23/05/2025
144	0,715423731	24/05/2021	1,222004183	24/05/2022	0	24/05/2023	1,015411148	23/05/2024	0,362019234	24/05/2025
145	0,631396134	25/05/2021	1,375779834	25/05/2022	0	25/05/2023	0,356583531	24/05/2024	0,256134846	25/05/2025
146	1,122179636	26/05/2021	0,476701381	26/05/2022	0	26/05/2023	0,640191434	25/05/2024	0,501072867	26/05/2025
147	2,102152905	27/05/2021	0	27/05/2022	0	27/05/2023	0,595155973	26/05/2024	0,256089368	27/05/2025
148	2,058576678	28/05/2021	0	28/05/2022	0	28/05/2023	0,941802155	27/05/2024	0,171635464	28/05/2025
149	2,003613914	29/05/2021	0	29/05/2022	0	29/05/2023	1,309630635	28/05/2024	0,352859391	29/05/2025
150	2,001377849	30/05/2021	0	30/05/2022	0	30/05/2023	0,918065708	29/05/2024	0,127073892	30/05/2025

No	2021		2022		2023		2024		2025	
	m3/s	date	m3/s	date	m3/s	date	m3/s	date	m3/s	date
151	1,246922371	31/05/2021	0,090139414	31/05/2022	0,150503023	31/05/2023	0,469117079	30/05/2024	0,274440671	31/05/2025
152	2,001138609	01/06/2021	0	01/06/2022	0	01/06/2023	0,787024434	31/05/2024	0,173622526	01/06/2025
153	1,208580789	02/06/2021	0,253088722	02/06/2022	0	02/06/2023	0,618311257	01/06/2024	0,119451418	02/06/2025
154	1,965026531	03/06/2021	0	03/06/2022	0	03/06/2023	0,643584202	02/06/2024	0,300427884	03/06/2025
155	1,960666228	04/06/2021	0	04/06/2022	0	04/06/2023	0,67054011	03/06/2024	0,134700986	04/06/2025
156	1,101390219	05/06/2021	0,458136933	05/06/2022	0,077586131	05/06/2023	0,847779779	04/06/2024	0,753817716	05/06/2025
157	0,488861606	06/06/2021	1,354982784	06/06/2022	0,177064024	06/06/2023	1,020092769	05/06/2024	0,636086249	06/06/2025
158	0,921234443	07/06/2021	0,530506777	07/06/2022	0,384824889	07/06/2023	1,011332385	06/06/2024	0,150124747	07/06/2025
159	0,053922743	08/06/2021	2,154895856	08/06/2022	0,199231463	08/06/2023	0,953943182	07/06/2024	0	08/06/2025
160	0,222986977	09/06/2021	1,902325872	09/06/2022	0,106134195	09/06/2023	0,545084878	08/06/2024	0	09/06/2025
161	0,646048543	10/06/2021	0,73252657	10/06/2022	0,639424251	10/06/2023	0,309082833	09/06/2024	0,262791148	10/06/2025
162	0,344875378	11/06/2021	1,632160106	11/06/2022	0,165167463	11/06/2023	0,681171429	10/06/2024	0,211527796	11/06/2025
163	0,260959591	12/06/2021	1,834289782	12/06/2022	0,128232985	12/06/2023	0,566572261	11/06/2024	0,152682829	12/06/2025
164	0,99751955	13/06/2021	0,553415051	13/06/2022	0,211016584	13/06/2023	0,81500787	12/06/2024	0,373342253	13/06/2025
165	0,056197843	14/06/2021	2,284380783	14/06/2022	0,064530477	14/06/2023	0,955330599	13/06/2024	0,47495716	14/06/2025
166	0,426115935	15/06/2021	1,559729052	15/06/2022	0,109092049	15/06/2023	0,743555144	14/06/2024	0,617613517	15/06/2025
167	1,022442828	16/06/2021	0,057874175	16/06/2022	0,654936247	16/06/2023	0,232455909	15/06/2024	0,200942848	16/06/2025
168	0,338835986	17/06/2021	1,609312263	17/06/2022	0,190821453	17/06/2023	0,404843551	16/06/2024	0,2248404	17/06/2025
169	1,02939326	18/06/2021	0	18/06/2022	0,683144509	18/06/2023	0,278740451	17/06/2024	0,559237765	18/06/2025
170	0,010329826	19/06/2021	1,749739679	19/06/2022	0,908213564	19/06/2023	0,256458828	18/06/2024	0,314979814	19/06/2025
171	0,399571996	20/06/2021	1,690477569	20/06/2022	0	20/06/2023	0,48396982	19/06/2024	0,113907531	20/06/2025
172	0,981261384	21/06/2021	0,815498722	21/06/2022	0	21/06/2023	0,272148355	20/06/2024	0,623855795	21/06/2025
173	0,981884036	22/06/2021	0,609011561	22/06/2022	0,20019067	22/06/2023	0,409540941	21/06/2024	1,246527357	22/06/2025
174	0,746492041	23/06/2021	1,201536763	23/06/2022	0	23/06/2023	0,926704	22/06/2024	0,959993185	23/06/2025
175	0,038089853	24/06/2021	2,043465983	24/06/2022	0,373695595	24/06/2023	0,791129308	23/06/2024	0,833814048	24/06/2025
176	0,020379566	25/06/2021	2,04395926	25/06/2022	0,546448713	25/06/2023	0,53808588	24/06/2024	0,975123277	25/06/2025
177	0,06116346	26/06/2021	2,202921948	26/06/2022	0,094808654	26/06/2023	0,645897345	25/06/2024	0,238879255	26/06/2025
178	0,417195774	27/06/2021	1,67353508	27/06/2022	0	27/06/2023	0,839151594	26/06/2024	0,44345116	27/06/2025
179	1,025273403	28/06/2021	0,695419229	28/06/2022	0	28/06/2023	0,227522577	27/06/2024	0,18693513	28/06/2025
180	1,042087177	29/06/2021	0,665191737	29/06/2022	0	29/06/2023	0,162282877	28/06/2024	0,533133599	29/06/2025
181	0,018528076	30/06/2021	2,224635708	30/06/2022	0,367926126	30/06/2023	0,396595517	29/06/2024	0	30/06/2025
182	0,125003832	01/07/2021	1,56007833	01/07/2022	0,662505691	01/07/2023	0,732327113	30/06/2024	0,34	01/07/2025
183	1,293928053	02/07/2021	0,025608937	02/07/2022	0,146026527	02/07/2023	0,635505318	01/07/2024	0,256829962	02/07/2025
184	0,678209402	03/07/2021	1,081897278	03/07/2022	0,258764744	03/07/2023	0,420086153	02/07/2024	0	03/07/2025
185	1,412599971	04/07/2021	0	04/07/2022	0,051217874	04/07/2023	0,376295487	03/07/2024	0,152682829	04/07/2025
186	0,565276024	05/07/2021	0,167925431	05/07/2022	1,25851576	05/07/2023	0,6625541	04/07/2024	0,50279836	05/07/2025
187	0,592498434	06/07/2021	0,660949484	06/07/2022	0,739507834	06/07/2023	0,376505284	05/07/2024	0,661437977	06/07/2025
188	0	07/07/2021	1,158572802	07/07/2022	2,124332827	07/07/2023	1,009100324	06/07/2024	0,518804726	07/07/2025
189	0,23124057	08/07/2021	0,210742783	08/07/2022	1,784296318	08/07/2023	0,905152631	07/07/2024	0,495478371	08/07/2025
190	1,032898048	09/07/2021	0	09/07/2022	0,682382308	09/07/2023	1,043050324	08/07/2024	0	09/07/2025
191	0,057552325	10/07/2021	0,310227818	10/07/2022	2,034548209	10/07/2023	1,021038733	09/07/2024	0,445292973	10/07/2025
192	0,097982653	11/07/2021	0,457617279	11/07/2022	1,790354211	11/07/2023	0,788190833	10/07/2024	0	11/07/2025
193	0,978837571	12/07/2021	0,323849872	12/07/2022	0,497436995	12/07/2023	0,385150322	11/07/2024	0,229509639	12/07/2025
194	1,260126946	13/07/2021	0,096795716	13/07/2022	0,12508683	13/07/2023	0,9133061	12/07/2024	1,042017241	13/07/2025
195	0,900066858	14/07/2021	0,683511305	14/07/2022	0,251208658	14/07/2023	0,576962659	13/07/2024	0,420857059	14/07/2025
196	0,264865015	15/07/2021	1,957675143	15/07/2022	0	15/07/2023	0,785884246	14/07/2024	0,487355871	15/07/2025
197	0,984078569	16/07/2021	0,321636115	16/07/2022	0,473305582	16/07/2023	1,24623083	15/07/2024	0,204134056	16/07/2025
198	0,914201535	17/07/2021	0,902826974	17/07/2022	0,025608937	17/07/2023	1,102213816	16/07/2024	0	17/07/2025
199	1,134258095	18/07/2021	0	18/07/2022	0,410859923	18/07/2023	0,73192528	17/07/2024	0,131743132	18/07/2025
200	1,922875101	19/07/2021	0	19/07/2022	0	19/07/2023	0,537536402	18/07/2024	0,127073892	19/07/2025

No	2021 m3/s	date	2022 m3/s	date	2023 m3/s	date	2024 m3/s	date	2025 m3/s	date
201	0,991197435	20/07/2021	0,626009311	20/07/2022	0,161069244	20/07/2023	0,299416398	19/07/2024	0,667977408	20/07/2025
202	1,37932098	21/07/2021	0	21/07/2022	0,062543415	21/07/2023	0,148013589	20/07/2024	0,339882273	21/07/2025
203	1,920023465	22/07/2021	0	22/07/2022	0	22/07/2023	0,083483112	21/07/2024	0,554744734	22/07/2025
204	0,834410551	23/07/2021	0,083483112	23/07/2022	1,002162582	23/07/2023	0,205423964	22/07/2024	0	23/07/2025
205	0,162385814	24/07/2021	1,303179279	24/07/2022	0,833539131	24/07/2023	0,440635989	23/07/2024	0	24/07/2025
206	0,972775363	25/07/2021	0,834207344	25/07/2022	0	25/07/2023	0,051217874	24/07/2024	0	25/07/2025
207	0,091793962	26/07/2021	2,047103368	26/07/2022	0,216963499	26/07/2023	0,113907531	25/07/2024	0	26/07/2025
208	1,288573933	27/07/2021	0	27/07/2022	0,176247804	27/07/2023	0,025608937	26/07/2024	0	27/07/2025
209	1,206100369	28/07/2021	0	28/07/2022	0,27423818	28/07/2023	0	27/07/2024	0	28/07/2025
210	1,004230034	29/07/2021	0,249654835	29/07/2022	0,499881222	29/07/2023	0,49294154	28/07/2024	0	29/07/2025
211	1,13866882	30/07/2021	0,076055905	30/07/2022	0,270920614	30/07/2023	0,53926886	29/07/2024	0	30/07/2025
212	1,846202588	31/07/2021	0	31/07/2022	0	31/07/2023	0,240054787	30/07/2024	0	31/07/2025
213	1,200528846	01/08/2021	0	01/08/2022	0,275087481	01/08/2023	0	31/07/2024	0,46238468	01/08/2025
214	1,17706366	02/08/2021	0,158311275	02/08/2022	0,154669891	02/08/2023	0,051217874	01/08/2024	0,372135762	02/08/2025
215	1,837590992	03/08/2021	0	03/08/2022	0	03/08/2023	0,608532782	02/08/2024	0,54816232	03/08/2025
216	1,7684056	04/08/2021	0	04/08/2022	0	04/08/2023	1,029440503	03/08/2024	1,144479797	04/08/2025
217	1,122530919	05/08/2021	0,051217874	05/08/2022	0,408948913	05/08/2023	0,463676933	04/08/2024	0,684255947	05/08/2025
218	1,336484405	06/08/2021	0,094808654	06/08/2022	0	06/08/2023	0,269472705	05/08/2024	0,150695767	06/08/2025
219	1,317542619	07/08/2021	0,136412371	07/08/2022	0	07/08/2023	0	06/08/2024	0,152682829	07/08/2025
220	1,745248188	08/08/2021	0	08/08/2022	0	08/08/2023	0,503902988	07/08/2024	0,591776335	08/08/2025
221	0,796680129	09/08/2021	0,88993131	09/08/2022	0,245511563	09/08/2023	0	08/08/2024	0,234186021	09/08/2025
222	1,295203987	10/08/2021	0,062543415	10/08/2022	0,109092049	10/08/2023	0,428394336	09/08/2024	0,881314747	10/08/2025
223	1,206908099	11/08/2021	0	11/08/2022	0,253298482	11/08/2023	0	10/08/2024	0,904691199	11/08/2025
224	1,685906629	12/08/2021	0	12/08/2022	0	12/08/2023	0,358242638	11/08/2024	0,979606738	12/08/2025
225	1,296995036	13/08/2021	0,157359211	13/08/2022	0	13/08/2023	0,025608937	12/08/2024	0,908477022	13/08/2025
226	1,111292011	14/08/2021	0,439538477	14/08/2022	0,094808654	14/08/2023	0,456378195	13/08/2024	1,108591007	14/08/2025
227	1,196114632	15/08/2021	0,281920074	15/08/2022	0	15/08/2023	0,401171606	14/08/2024	1,036153443	15/08/2025
228	0,731580566	16/08/2021	0	16/08/2022	1,209325518	16/08/2023	0,051217874	15/08/2024	0,509583131	16/08/2025
229	0,67057846	17/08/2021	0,942804152	17/08/2022	0,404843551	17/08/2023	0,927302223	16/08/2024	0,771087279	17/08/2025
230	1,184231035	18/08/2021	0	18/08/2022	0,303766783	18/08/2023	0,87054384	17/08/2024	0,816150822	18/08/2025
231	1,11625125	19/08/2021	0,236554128	19/08/2022	0,27910991	19/08/2023	0	18/08/2024	0,495120336	19/08/2025
232	1,408390436	20/08/2021	0,051217874	20/08/2022	0	20/08/2023	0,654724351	19/08/2024	0,721153657	20/08/2025
233	1,123985745	21/08/2021	0,453623392	21/08/2022	0	21/08/2023	0,766351475	20/08/2024	0,491594145	21/08/2025
234	1,641848323	22/08/2021	0	22/08/2022	0	22/08/2023	0,445866761	21/08/2024	0,581926303	22/08/2025
235	1,641452815	23/08/2021	0	23/08/2022	0	23/08/2023	0	22/08/2024	0,057874175	23/08/2025
236	1,527971541	24/08/2021	0	24/08/2022	0	24/08/2023	1,095097002	23/08/2024	0,632414127	24/08/2025
237	1,526550016	25/08/2021	0	25/08/2022	0	25/08/2023	0,666120448	24/08/2024	0,564756647	25/08/2025
238	1,006823386	26/08/2021	0	26/08/2022	0,731456704	26/08/2023	0,743859891	25/08/2024	0,323547387	26/08/2025
239	1,49561953	27/08/2021	0	27/08/2022	0	27/08/2023	0,336403155	26/08/2024	0,529737637	27/08/2025
240	1,085780319	28/08/2021	0,587873382	28/08/2022	0	28/08/2023	0,456092547	27/08/2024	0,525570769	28/08/2025
241	0,502307306	29/08/2021	1,241176476	29/08/2022	0,27327209	29/08/2023	0,172594671	28/08/2024	0,932805597	29/08/2025
242	0,757224283	30/08/2021	1,181899543	30/08/2022	0	30/08/2023	0,062543415	29/08/2024	0,799197072	30/08/2025
243	0,907955414	31/08/2021	0,932633317	31/08/2022	0	31/08/2023	0,146785848	30/08/2024	1,055932115	31/08/2025
244	1,13703366	01/09/2021	0,372057675	01/09/2022	0	01/09/2023	0,549323398	31/08/2024	0,919095921	01/09/2025
245	0,711340226	02/09/2021	1,258381056	02/09/2022	0	02/09/2023	0,057874175	01/09/2024	0,490444963	02/09/2025
246	1,232711125	03/09/2021	0	03/09/2022	0,243793035	03/09/2023	0,339560895	02/09/2024	0,688960283	03/09/2025
247	0,820604773	04/09/2021	1,096068146	04/09/2022	0	04/09/2023	0,113037974	03/09/2024	0,657011415	04/09/2025
248	0,789773931	05/09/2021	1,160816437	05/09/2022	0	05/09/2023	0	04/09/2024	0,700421037	05/09/2025
249	0,460451985	06/09/2021	1,452137952	06/09/2022	0,148013589	06/09/2023	0,443012913	05/09/2024	0,935494849	06/09/2025
250	0,37379507	07/09/2021	1,525194746	07/09/2022	0,238655375	07/09/2023	0,730956586	06/09/2024	0,477570467	07/09/2025

No	2021 m3/s	date	2022 m3/s	date	2023 m3/s	date	2024 m3/s	date	2025 m3/s	date
251	0,52141591	08/09/2021	1,30148172	08/09/2022	0,182968148	08/09/2023	0,513674208	07/09/2024	0,897023001	08/09/2025
252	0,674132119	09/09/2021	1,203266483	09/09/2022	0,140129546	09/09/2023	1,123553861	08/09/2024	1,393025391	09/09/2025
253	0,242428047	10/09/2021	1,812427989	10/09/2022	0,173622526	10/09/2023	0,783746632	09/09/2024	0,771010926	10/09/2025
254	0,250406635	11/09/2021	1,968157137	11/09/2022	0	11/09/2023	1,161745579	10/09/2024	0,880321588	11/09/2025
255	0,233846595	12/09/2021	1,993957672	12/09/2022	0	12/09/2023	0,79731255	11/09/2024	0,844630075	12/09/2025
256	0,186537542	13/09/2021	2,071221301	13/09/2022	0	13/09/2023	0,633924505	12/09/2024	1,075711267	13/09/2025
257	1,139760917	14/09/2021	0,103195068	14/09/2022	0,239297989	14/09/2023	0,387859003	13/09/2024	0,886642324	14/09/2025
258	1,494363598	15/09/2021	0	15/09/2022	0	15/09/2023	0,83286659	14/09/2024	0,624434204	15/09/2025
259	1,447112206	16/09/2021	0,036934478	16/09/2022	0	16/09/2023	1,020944651	15/09/2024	1,289279711	16/09/2025
260	1,331092819	17/09/2021	0,102435747	17/09/2022	0	17/09/2023	1,246925221	16/09/2024	1,120110364	17/09/2025
261	0,572563381	18/09/2021	1,046192044	18/09/2022	0,376488408	18/09/2023	1,331552379	17/09/2024	1,486444295	18/09/2025
262	1,398949043	19/09/2021	0,051217874	19/09/2022	0	19/09/2023	0,371997805	18/09/2024	1,303831061	19/09/2025
263	0,938417671	20/09/2021	0	20/09/2022	0,861841113	20/09/2023	0,412254306	19/09/2024	1,463622272	20/09/2025
264	1,010598211	21/09/2021	0,576660842	21/09/2022	0,136412371	21/09/2023	0,403223343	20/09/2024	1,020889232	21/09/2025
265	1,319011391	22/09/2021	0	22/09/2022	0,131371998	22/09/2023	1,062552683	21/09/2024	1,010123126	22/09/2025
266	1,137367895	23/09/2021	0,122404653	23/09/2022	0,243967228	23/09/2023	0,090139414	22/09/2024	1,112130001	23/09/2025
267	0,845238785	24/09/2021	0,806755342	24/09/2022	0,237877326	24/09/2023	0,274578367	23/09/2024	0,780168246	24/09/2025
268	1,077694129	25/09/2021	0,591848114	25/09/2022	0	25/09/2023	0,308083579	24/09/2024	1,059184374	25/09/2025
269	1,318909338	26/09/2021	0,131743132	26/09/2022	0	26/09/2023	0,043790666	25/09/2024	0,758184064	26/09/2025
270	1,394220114	27/09/2021	0,051217874	27/09/2022	0	27/09/2023	1,1824269	26/09/2024	1,021141807	27/09/2025
271	0,795023455	28/09/2021	1,134062952	28/09/2022	0,025608937	28/09/2023	0,116707558	27/09/2024	1,141987771	28/09/2025
272	1,180843588	29/09/2021	0,311241566	29/09/2022	0	29/09/2023	0,392547218	28/09/2024	1,312992385	29/09/2025
273	1,483827363	30/09/2021	0	30/09/2022	0	30/09/2023	0,768943266	29/09/2024	1,182185181	30/09/2025
274	1,134666716	01/10/2021	0,372057675	01/10/2022	0,025608937	01/10/2023	0,408162358	30/09/2024		
275	0,404153157	02/10/2021	1,683490303	02/10/2022	0	02/10/2023	0,467397775	01/10/2024		
276	1,482294562	03/10/2021	0	03/10/2022	0	03/10/2023	0	02/10/2024		
277	0,548049356	04/10/2021	1,426846137	04/10/2022	0	04/10/2023	0,529017237	03/10/2024		
278	0,809066773	05/10/2021	1,053163607	05/10/2022	0,051217874	05/10/2023	0,801700769	04/10/2024		
279	0,814894601	06/10/2021	1,041016465	06/10/2022	0,057874175	06/10/2023	0,115748351	05/10/2024		
280	0,742224934	07/10/2021	1,205585919	07/10/2022	0	07/10/2023	0,552407447	06/10/2024		
281	0,429120826	08/10/2021	1,555498999	08/10/2022	0,090139414	08/10/2023	0,415360015	07/10/2024		
282	0,609479619	09/10/2021	0,958302527	09/10/2022	0,439434244	09/10/2023	0,109092049	08/10/2024		
283	0,408800421	10/10/2021	1,434898089	10/10/2022	0,244809305	10/10/2023	0	09/10/2024		
284	0,941912632	11/10/2021	0,125044038	11/10/2022	0,728886777	11/10/2023	0,85358751	10/10/2024		
285	0,442303483	12/10/2021	1,058338589	12/10/2022	0,571450613	12/10/2023	1,25182223	11/10/2024		
286	0,7123942	13/10/2021	1,10047307	13/10/2022	0,157352068	13/10/2023	0,595122585	12/10/2024		
287	0,71859558	14/10/2021	0,613279645	14/10/2022	0,599035025	14/10/2023	1,316945282	13/10/2024		
288	0,387002945	15/10/2021	1,391995473	15/10/2022	0,319092527	15/10/2023	0,891228807	14/10/2024		
289	0,282370532	16/10/2021	1,902785245	16/10/2022	0	16/10/2023	0,734944411	15/10/2024		
290	0,478364654	17/10/2021	1,527503495	17/10/2022	0,062543415	17/10/2023	0,803827921	16/10/2024		
291	0,543791862	18/10/2021	0,893589566	18/10/2022	0,537257896	18/10/2023	0	17/10/2024		
292	0,529079914	19/10/2021	0,930940268	19/10/2022	0,532220864	19/10/2023	0,627696888	18/10/2024		
293	1,327929603	20/10/2021	0	20/10/2022	0,109092049	20/10/2023	0,365669845	19/10/2024		
294	1,068943361	21/10/2021	0,146985734	21/10/2022	0,472060501	21/10/2023	0,326493656	20/10/2024		
295	1,141561295	22/10/2021	0	22/10/2022	0,340912244	22/10/2023	0,650547789	21/10/2024		
296	0,822819206	23/10/2021	0,954638707	23/10/2022	0,131743132	23/10/2023	0,153653621	22/10/2024		
297	0,206715023	24/10/2021	1,684591915	24/10/2022	0,360293742	24/10/2023	1,029956842	23/10/2024		
298	0,024256496	25/10/2021	1,919250526	25/10/2022	0,632014272	25/10/2023	0,245892607	24/10/2024		
299	0,237359545	26/10/2021	1,684029205	26/10/2022	0,30268348	26/10/2023	0,74827222	25/10/2024		
300	0,0756487	27/10/2021	2,014624862	27/10/2022	0,256089368	27/10/2023	0,07682681	26/10/2024		
301	0,006400109	28/10/2021	1,887423393	28/10/2022	0,820770998	28/10/2023	0,615532125	27/10/2024		
302	0,009991327	29/10/2021	0,726111016	29/10/2022	1,936074622	29/10/2023	0,352664125	28/10/2024		
303	1,296280917	30/10/2021	0,159724795	30/10/2022	0	30/10/2023	0,592344852	29/10/2024		
304	1,276950737	31/10/2021	0	31/10/2022	0,180278828	31/10/2023	0,68334197	30/10/2024		
305	0,651201535	01/11/2021	0,799639807	01/11/2022	0,569649791	01/11/2023	0,41625477	31/10/2024		
306	0,015087208	02/11/2021	2,367670329	02/11/2022	0,267414909	02/11/2023	0,07682681	01/11/2024		
307	0,043928032	03/11/2021	1,696679162	03/11/2022	0,70437853	03/11/2023	1,019585627	02/11/2024		
308	0,297036162	04/11/2021	1,784862304	04/11/2022	0,062543415	04/11/2023	1,222238515	03/11/2024		
309	0,32197771	05/11/2021	1,34632001	05/11/2022	0,491808935	05/11/2023	1,083834913	04/11/2024		
310	0,004483485	06/11/2021	2,146646973	06/11/2022	0,641793255	06/11/2023	1,145905489	05/11/2024		

No	2021 m3/s	date	2022 m3/s	date	2023 m3/s	date	2024 m3/s	date	2025 m3/s	date
311	0,15785679	07/11/2021	2,105621483	07/11/2022	0,032265239	07/11/2023	1,972597041	06/11/2024		
312	0	08/11/2021	2,113448274	08/11/2022	0,942494808	08/11/2023	1,213638528	07/11/2024		
313	0,140654438	09/11/2021	2,17272992	09/11/2022	0	09/11/2023	1,206170463	08/11/2024		
314	0,335747994	10/11/2021	1,764692954	10/11/2022	0,051217874	10/11/2023	0,748117179	09/11/2024		
315	0,164829631	11/11/2021	2,117089378	11/11/2022	0	11/11/2023	0,566690843	10/11/2024		
316	0,030106688	12/11/2021	2,169843018	12/11/2022	0,350410874	12/11/2023	0,570800648	11/11/2024		
317	0,160410219	13/11/2021	1,957654473	13/11/2022	0,179250973	13/11/2023	0,73538718	12/11/2024		
318	0,022913439	14/11/2021	2,209349962	14/11/2022	0,344551512	14/11/2023	0,971793637	13/11/2024		
319	0,19819448	15/11/2021	2,050546807	15/11/2022	0	15/11/2023	0,958793397	14/11/2024		
320	0,063166777	16/11/2021	2,140053918	16/11/2022	0,143068673	16/11/2023	0,858429827	15/11/2024		
321	0,004235078	17/11/2021	2,365401084	17/11/2022	0,451379787	17/11/2023	1,130826429	16/11/2024		
322	0,145498662	18/11/2021	2,039817507	18/11/2022	0,131743132	18/11/2023	1,233118822	17/11/2024		
323	0,106352078	19/11/2021	2,244359271	19/11/2022	0	19/11/2023	0,84835649	18/11/2024		
324	0,192988324	20/11/2021	2,058786519	20/11/2022	0	20/11/2023	0,731472819	19/11/2024		
325	0,188640684	21/11/2021	1,765208771	21/11/2022	0,301455739	21/11/2023	0,555172558	20/11/2024		
326	0	22/11/2021	1,947388854	22/11/2022	0,999552471	22/11/2023	0,340089124	21/11/2024		
327	0	23/11/2021	2,272321057	23/11/2022	1,730434642	23/11/2023	1,320722511	22/11/2024		
328	0,179601769	24/11/2021	1,214438529	24/11/2022	0,869735825	24/11/2023	0,933455353	23/11/2024		
329	0,002706836	25/11/2021	1,063589392	25/11/2022	1,830635019	25/11/2023	0,610914325	24/11/2024		
330	0	26/11/2021	1,548086606	26/11/2022	1,988724593	26/11/2023	0,898006421	25/11/2024		
331	0,004358641	27/11/2021	1,717501235	27/11/2022	1,080396851	27/11/2023	0,957767642	26/11/2024		
332	0,683909712	28/11/2021	1,264069062	28/11/2022	0,069199717	28/11/2023	0,929152805	27/11/2024		
333	0,081735401	29/11/2021	1,83179627	29/11/2022	0,437537163	29/11/2023	0,518169418	28/11/2024		
334	0,191067046	30/11/2021	0,72208311	30/11/2022	1,343712987	30/11/2023	0,736456539	29/11/2024		
335	0,511626642	01/12/2021	0,698454028	01/12/2022	0,807835736	01/12/2023	0,646428565	30/11/2024		
336	0,434179413	02/12/2021	1,152092769	02/12/2022	0,489894949	02/12/2023	0,263448092	01/12/2024		
337	1,033332255	03/12/2021	0,352856869	03/12/2022	0,326929381	03/12/2023	0,848009338	02/12/2024		
338	1,03803343	04/12/2021	0,666868454	04/12/2022	0	04/12/2023	0,71840288	03/12/2024		
339	0,713423069	05/12/2021	1,007477993	05/12/2022	0,217213306	05/12/2023	0,514699541	04/12/2024		
340	0,118757428	06/12/2021	1,719837433	06/12/2022	0,512665067	06/12/2023	0,603040194	05/12/2024		
341	0,384054845	07/12/2021	1,227849579	07/12/2022	0,484628216	07/12/2023	1,041258142	06/12/2024		
342	0,569165875	08/12/2021	0,653960347	08/12/2022	0,770828054	08/12/2023	0,650259633	07/12/2024		
343	0,215779728	09/12/2021	1,328130043	09/12/2022	0,685516728	09/12/2023	0,604446571	08/12/2024		
344	0,286066823	10/12/2021	1,391176515	10/12/2022	0,492648749	10/12/2023	0,754197802	09/12/2024		
345	0,227958429	11/12/2021	1,998895465	11/12/2022	0	11/12/2023	0,989858888	10/12/2024		
346	0,020853709	12/12/2021	1,963191781	12/12/2022	0,624664326	12/12/2023	0,725270817	11/12/2024		
347	0,045896588	13/12/2021	2,392229264	13/12/2022	0	13/12/2023	0,664638509	12/12/2024		
348	0,173475426	14/12/2021	2,100023648	14/12/2022	0	14/12/2023	0,883965919	13/12/2024		
349	0,315721734	15/12/2021	1,843117306	15/12/2022	0	15/12/2023	0,632544941	14/12/2024		
350	0,785301237	16/12/2021	0,972063089	16/12/2022	0,189617307	16/12/2023	0,469916011	15/12/2024		
351	0,085869724	17/12/2021	1,728076721	17/12/2022	0,54043947	17/12/2023	0,471097176	16/12/2024		
352	0,181721654	18/12/2021	1,86653771	18/12/2022	0,209529149	18/12/2023	0,335643834	17/12/2024		
353	0,919064472	19/12/2021	0,069199717	19/12/2022	0,850736597	19/12/2023	0,566872001	18/12/2024		
354	0,885197937	20/12/2021	0,557436929	20/12/2022	0,437175903	20/12/2023	0,514419244	19/12/2024		
355	0,525809387	21/12/2021	1,435412497	21/12/2022	0,032265239	21/12/2023	0,831947607	20/12/2024		
356	1,473470662	22/12/2021	0	22/12/2022	0	22/12/2023	0,540737098	21/12/2024		
357	0,915620583	23/12/2021	0,10985137	23/12/2022	0,817124292	23/12/2023	0,565729962	22/12/2024		
358	0,898663785	24/12/2021	0,190381248	24/12/2022	0,754482802	24/12/2023	0,667844472	23/12/2024		
359	0,626759496	25/12/2021	0	25/12/2022	1,377074928	25/12/2023	0,695157182	24/12/2024		
360	0,660682231	26/12/2021	0,161069244	26/12/2022	1,202703605	26/12/2023	0,741713167	25/12/2024		
361	0,892556367	27/12/2021	0	27/12/2022	0,94685134	27/12/2023	0,210557004	26/12/2024		
362	0,841745152	28/12/2021	0,36634544	28/12/2022	0,683403021	28/12/2023	0,025608937	27/12/2024		
363	0,32907636	29/12/2021	0,973472258	29/12/2022	0,857768909	29/12/2023	0,213046438	28/12/2024		
364	0,37049328	30/12/2021	0,980739804	30/12/2022	0,789656069	30/12/2023	0,641797451	29/12/2024		
365	1,08636496	31/12/2021	0,286544261	31/12/2022	0,287555486	31/12/2023	0	30/12/2024		
366							0,134700986	31/12/2024		

Lampiran 4 Tabel Debit Andalan

Q_raw (m³/s)	Q_sorted_desc (m³/s)	Rank (m)	Exceedance P (%) = m/(n+1)
0,01120239	2,67268439	1	0%
0	2,655859206	2	0%
0,293660648	2,612209739	3	0%
0,438427258	2,539049556	4	0%
0,038890816	2,526719794	5	0%
0,101023866	2,506178391	6	0%
0,359828749	2,494176061	7	0%
0,269298433	2,493844743	8	0%
0,034357726	2,487533003	9	1%
0	2,467356722	10	1%
0,003991793	2,464290055	11	1%
0,014220024	2,411332829	12	1%
0,318077754	2,406513287	13	1%
0,27965546	2,401945733	14	1%
0,245962048	2,392229264	15	1%
0	2,372580821	16	1%
0	2,368945595	17	1%
0	2,368820403	18	1%
0	2,367670329	19	1%
0	2,365996431	20	1%
0	2,365401084	21	1%
0	2,362423022	22	1%
0	2,355815945	23	1%
0	2,355678471	24	1%
0	2,338330405	25	1%
0	2,304113105	26	1%
0	2,286306779	27	2%
0	2,284380783	28	2%
0	2,278915738	29	2%
0	2,27733764	30	2%
0	2,272321057	31	2%
0	2,257322696	32	2%
0,175516971	2,245803188	33	2%
0,064594191	2,244359271	34	2%
0,009006822	2,227599976	35	2%
0,153170173	2,224635708	36	2%
0,256921708	2,222849447	37	2%
0	2,214368546	38	2%
0,050406301	2,209349962	39	2%
0,033353042	2,206152146	40	2%
0,026421328	2,202921948	41	2%
0,601077418	2,201472271	42	2%
0,516660808	2,198202236	43	2%

1,17445563	2,196997807	44	3%
2,406513287	2,196519713	45	3%
1,121565986	2,182020378	46	3%
2,304113105	2,176314988	47	3%
1,328976622	2,17272992	48	3%
1,068452723	2,171540722	49	3%
0,035982092	2,170829054	50	3%
1,023266577	2,169843018	51	3%
0,273202905	2,154895856	52	3%
0,003872071	2,146646973	53	3%
0,017826832	2,145904825	54	3%
0,32650148	2,141875029	55	3%
0,713220596	2,140053918	56	3%
0,800075771	2,130631553	57	3%
0	2,124332827	58	3%
0,766023404	2,117089378	59	3%
0,856238897	2,113448274	60	3%
0,978666391	2,1099408	61	4%
0,917640175	2,107971783	62	4%
0,999447732	2,106927164	63	4%
1,058544689	2,105621483	64	4%
0,83676754	2,104504331	65	4%
0,71838668	2,102152905	66	4%
1,049654607	2,100023648	67	4%
0,926981472	2,099309214	68	4%
1,035610651	2,090935611	69	4%
0,331915838	2,072238365	70	4%
0,665396148	2,071221301	71	4%
0,147962028	2,069009065	72	4%
0,485001565	2,059246143	73	4%
0,347967867	2,058786519	74	4%
0,013833471	2,058576678	75	4%
0,021905399	2,052807213	76	4%
0,071552428	2,052284545	77	4%
0,042945699	2,050546807	78	4%
0	2,047103368	79	5%
0	2,046529101	80	5%
0	2,04395926	81	5%
0,764314583	2,043465983	82	5%
0,839853697	2,03997678	83	5%
0,537045364	2,039817507	84	5%
0,753144882	2,037107579	85	5%
0,533418455	2,034548209	86	5%
0,654898502	2,033663129	87	5%
0,996978836	2,014624862	88	5%
0,4472745	2,003613914	89	5%
0,63676354	2,001377849	90	5%
0,881925061	2,001138609	91	5%

0,951392623	1,998895465	92	5%
1,148865301	1,993957672	93	5%
0,700145395	1,988724593	94	5%
0,820993859	1,972597041	95	5%
0,923702859	1,968157137	96	6%
0,968752201	1,965026531	97	6%
2,257322696	1,963768072	98	6%
1,275632399	1,963191781	99	6%
0,733838868	1,960666228	100	6%
1,071364627	1,957675143	101	6%
2,145904825	1,957654473	102	6%
0,993356343	1,951569568	103	6%
1,432658119	1,947388854	104	6%
0,921558653	1,937504401	105	6%
2,130631553	1,936074622	106	6%
1,172388014	1,935025226	107	6%
1,135357115	1,922875101	108	6%
1,068359205	1,920023465	109	6%
0,202007094	1,919250526	110	6%
0,695374044	1,918612919	111	6%
0,619969982	1,902785245	112	6%
0,001818235	1,902325872	113	7%
0,035228094	1,893090674	114	7%
0,066597805	1,892144272	115	7%
0,1272878	1,887423393	116	7%
0,111455484	1,881355677	117	7%
0,005628907	1,875207293	118	7%
0,993025258	1,87431677	119	7%
0,700228659	1,86653771	120	7%
0,465531578	1,848489865	121	7%
1,098498903	1,846202588	122	7%
0,073923209	1,843117306	123	7%
0,134284532	1,842468885	124	7%
0,052630949	1,837590992	125	7%
0,004112795	1,83642784	126	7%
0	1,834289782	127	7%
0,208573915	1,83179627	128	7%
0,290871376	1,830635019	129	7%
0,855544	1,818066625	130	7%
0,494663598	1,812427989	131	8%
0,481738821	1,802939352	132	8%
1,232987482	1,801075682	133	8%
1,269079506	1,801045994	134	8%
1,417880132	1,800865214	135	8%
1,451279659	1,790354211	136	8%
1,354097195	1,787908672	137	8%
0,888776239	1,78563126	138	8%

1,22340276	1,784862304	139	8%
2,1099408	1,784296318	140	8%
1,132033434	1,776741137	141	8%
1,050011824	1,7684056	142	8%
2,104504331	1,765208771	143	8%
0,715423731	1,764692954	144	8%
0,631396134	1,761474885	145	8%
1,122179636	1,749739679	146	8%
2,102152905	1,745248188	147	8%
2,058576678	1,740583168	148	9%
2,003613914	1,730434642	149	9%
2,001377849	1,72858079	150	9%
1,246922371	1,728076721	151	9%
2,001138609	1,719837433	152	9%
1,208580789	1,717501235	153	9%
1,965026531	1,699293551	154	9%
1,960666228	1,696679162	155	9%
1,101390219	1,690477569	156	9%
0,488861606	1,685906629	157	9%
0,921234443	1,684591915	158	9%
0,053922743	1,684029205	159	9%
0,222986977	1,683490303	160	9%
0,646048543	1,67353508	161	9%
0,344875378	1,668690058	162	9%
0,260959591	1,641848323	163	9%
0,99751955	1,641452815	164	9%
0,056197843	1,632160106	165	10%
0,426115935	1,62404349	166	10%
1,022442828	1,620392237	167	10%
0,338835986	1,618133547	168	10%
1,02939326	1,615289083	169	10%
0,010329826	1,609312263	170	10%
0,399571996	1,56007833	171	10%
0,981261384	1,559729052	172	10%
0,981884036	1,555498999	173	10%
0,746492041	1,55344038	174	10%
0,038089853	1,548086606	175	10%
0,020379566	1,547197211	176	10%
0,06116346	1,528629167	177	10%
0,417195774	1,527971541	178	10%
1,025273403	1,527503495	179	10%
1,042087177	1,526550016	180	10%
0,018528076	1,525459061	181	10%
0,125003832	1,525199994	182	10%
1,293928053	1,525194746	183	11%
0,678209402	1,49561953	184	11%
1,412599971	1,494363598	185	11%
0,565276024	1,493318854	186	11%

0,592498434	1,486444295	187	11%
0	1,483827363	188	11%
0,23124057	1,482294562	189	11%
1,032898048	1,473470662	190	11%
0,057552325	1,463622272	191	11%
0,097982653	1,452137952	192	11%
0,978837571	1,451279659	193	11%
1,260126946	1,447112206	194	11%
0,900066858	1,435412497	195	11%
0,264865015	1,434898089	196	11%
0,984078569	1,432658119	197	11%
0,914201535	1,429109704	198	11%
1,134258095	1,426846137	199	11%
1,922875101	1,42081301	200	12%
0,991197435	1,417880132	201	12%
1,37932098	1,412599971	202	12%
1,920023465	1,40883609	203	12%
0,834410551	1,408390436	204	12%
0,162385814	1,400290789	205	12%
0,972775363	1,398949043	206	12%
0,091793962	1,398888179	207	12%
1,288573933	1,394220114	208	12%
1,206100369	1,393025391	209	12%
1,004230034	1,391995473	210	12%
1,13866882	1,391176515	211	12%
1,846202588	1,37932098	212	12%
1,200528846	1,378790075	213	12%
1,17706366	1,377074928	214	12%
1,837590992	1,375779834	215	12%
1,7684056	1,375545559	216	12%
1,122530919	1,367573644	217	13%
1,336484405	1,364371879	218	13%
1,317542619	1,354982784	219	13%
1,745248188	1,354097195	220	13%
0,796680129	1,349141546	221	13%
1,295203987	1,348679766	222	13%
1,206908099	1,34632001	223	13%
1,685906629	1,343712987	224	13%
1,296995036	1,339857177	225	13%
1,111292011	1,336484405	226	13%
1,196114632	1,331552379	227	13%
0,731580566	1,331092819	228	13%
0,67057846	1,328976622	229	13%
1,184231035	1,328130043	230	13%
1,11625125	1,327929603	231	13%
1,408390436	1,320722511	232	13%
1,123985745	1,319011391	233	13%

1,641848323	1,318909338	234	13%
1,641452815	1,31779377	235	14%
1,527971541	1,317542619	236	14%
1,526550016	1,316945282	237	14%
1,006823386	1,312992385	238	14%
1,49561953	1,309630635	239	14%
1,085780319	1,306690039	240	14%
0,502307306	1,303831061	241	14%
0,757224283	1,303179279	242	14%
0,907955414	1,30148172	243	14%
1,13703366	1,296995036	244	14%
0,711340226	1,296534543	245	14%
1,232711125	1,296280917	246	14%
0,820604773	1,295203987	247	14%
0,789773931	1,295078543	248	14%
0,460451985	1,293928053	249	14%
0,37379507	1,292724176	250	14%
0,52141591	1,289279711	251	14%
0,674132119	1,289045531	252	15%
0,242428047	1,288573933	253	15%
0,250406635	1,285686752	254	15%
0,233846595	1,281072348	255	15%
0,186537542	1,279580715	256	15%
1,139760917	1,276950737	257	15%
1,494363598	1,276622642	258	15%
1,447112206	1,276306516	259	15%
1,331092819	1,275632399	260	15%
0,572563381	1,27093182	261	15%
1,398949043	1,269079506	262	15%
0,938417671	1,264069062	263	15%
1,010598211	1,260126946	264	15%
1,319011391	1,259153187	265	15%
1,137367895	1,259012929	266	15%
0,845238785	1,25851576	267	15%
1,077694129	1,258381056	268	15%
1,318909338	1,256168943	269	16%
1,394220114	1,25182223	270	16%
0,795023455	1,246925221	271	16%
1,180843588	1,246922371	272	16%
1,483827363	1,246527357	273	16%
1,134666716	1,24623083	274	16%
0,404153157	1,24623083	275	16%
1,482294562	1,241176476	276	16%
0,548049356	1,237167546	277	16%
0,809066773	1,233118822	278	16%
0,814894601	1,232987482	279	16%
0,742224934	1,232711125	280	16%
0,429120826	1,227849579	281	16%

0,609479619	1,22340276	282	16%
0,408800421	1,222238515	283	16%
0,941912632	1,222004183	284	16%
0,442303483	1,221444439	285	16%
0,7123942	1,214438529	286	16%
0,71859558	1,21366184	287	17%
0,387002945	1,213638528	288	17%
0,282370532	1,209325518	289	17%
0,478364654	1,208757212	290	17%
0,543791862	1,208580789	291	17%
0,529079914	1,206908099	292	17%
1,327929603	1,206170463	293	17%
1,068943361	1,206100369	294	17%
1,141561295	1,205585919	295	17%
0,822819206	1,203266483	296	17%
0,206715023	1,202703605	297	17%
0,024256496	1,201536763	298	17%
0,237359545	1,200528846	299	17%
0,0756487	1,200313247	300	17%
0,006400109	1,196787466	301	17%
0,009991327	1,196355125	302	17%
1,296280917	1,196114632	303	17%
1,276950737	1,184231035	304	18%
0,651201535	1,1824269	305	18%
0,015087208	1,182185181	306	18%
0,043928032	1,181899543	307	18%
0,297036162	1,180843588	308	18%
0,32197771	1,178308177	309	18%
0,004483485	1,17706366	310	18%
0,15785679	1,17445563	311	18%
0	1,172388014	312	18%
0,140654438	1,170801415	313	18%
0,335747994	1,163956205	314	18%
0,164829631	1,161745579	315	18%
0,030106688	1,160816437	316	18%
0,160410219	1,158572802	317	18%
0,022913439	1,155319349	318	18%
0,19819448	1,154754305	319	18%
0,063166777	1,154711851	320	18%
0,004235078	1,152092769	321	19%
0,145498662	1,151118427	322	19%
0,106352078	1,150683559	323	19%
0,192988324	1,148865301	324	19%
0,188640684	1,145905489	325	19%
0	1,145823915	326	19%
0	1,144479797	327	19%
0,179601769	1,141987771	328	19%

0,002706836	1,141561295	329	19%
0	1,140271341	330	19%
0,004358641	1,139760917	331	19%
0,683909712	1,13866882	332	19%
0,081735401	1,137367895	333	19%
0,191067046	1,13703366	334	19%
0,511626642	1,136802782	335	19%
0,434179413	1,135357115	336	19%
1,033332255	1,134666716	337	19%
1,03803343	1,134258095	338	19%
0,713423069	1,134062952	339	20%
0,118757428	1,133519725	340	20%
0,384054845	1,132033434	341	20%
0,569165875	1,130826429	342	20%
0,215779728	1,123985745	343	20%
0,286066823	1,123553861	344	20%
0,227958429	1,122530919	345	20%
0,020853709	1,122179636	346	20%
0,045896588	1,121565986	347	20%
0,173475426	1,120110364	348	20%
0,315721734	1,11871636	349	20%
0,785301237	1,11625125	350	20%
0,085869724	1,112130001	351	20%
0,181721654	1,111292011	352	20%
0,919064472	1,108591007	353	20%
0,885197937	1,102213816	354	20%
0,525809387	1,102213816	355	20%
1,473470662	1,101390219	356	21%
0,915620583	1,10047307	357	21%
0,898663785	1,098498903	358	21%
0,626759496	1,097073604	359	21%
0,660682231	1,096068146	360	21%
0,892556367	1,095235756	361	21%
0,841745152	1,095097002	362	21%
0,32907636	1,094229114	363	21%
0,37049328	1,089696975	364	21%
1,08636496	1,086895568	365	21%
2,655859206	1,08636496	366	21%
2,365996431	1,085780319	367	21%
0,90529504	1,083834913	368	21%
0,989464507	1,083177983	369	21%
1,378790075	1,08226926	370	21%
0,691621458	1,081897278	371	21%
0,500929837	1,081529463	372	21%
0,66828725	1,080396851	373	21%
2,278915738	1,077694129	374	22%
2,401945733	1,077254402	375	22%
2,539049556	1,077016829	376	22%

2,612209739	1,075711267	377	22%
1,842468885	1,074531719	378	22%
1,937504401	1,071364627	379	22%
1,40883609	1,068943361	380	22%
2,368820403	1,068452723	381	22%
2,67268439	1,068359205	382	22%
2,355815945	1,066951114	383	22%
1,776741137	1,063589392	384	22%
2,338330405	1,062552683	385	22%
1,72858079	1,060460529	386	22%
1,761474885	1,059184374	387	22%
2,037107579	1,058544689	388	22%
2,206152146	1,058338589	389	22%
2,372580821	1,058311619	390	22%
2,245803188	1,055932115	391	23%
2,033663129	1,054968829	392	23%
2,286306779	1,053163607	393	23%
1,800865214	1,050011824	394	23%
1,881355677	1,049654607	395	23%
2,214368546	1,047272253	396	23%
2,487533003	1,046192044	397	23%
2,099309214	1,043050324	398	23%
2,106927164	1,043050324	399	23%
2,467356722	1,042087177	400	23%
2,059246143	1,042017241	401	23%
1,963768072	1,041258142	402	23%
2,506178391	1,041016465	403	23%
1,935025226	1,039399582	404	23%
2,493844743	1,038975146	405	23%
2,464290055	1,038947071	406	23%
1,400290789	1,038466199	407	23%
1,015225985	1,03828325	408	24%
0	1,03803343	409	24%
0	1,036153443	410	24%
0,491670182	1,035610651	411	24%
0	1,035026124	412	24%
0,103195068	1,033332255	413	24%
0	1,033272784	414	24%
2,090935611	1,032898048	415	24%
0	1,032131134	416	24%
0,686537797	1,029956842	417	24%
1,525459061	1,029440503	418	24%
0,894696521	1,02939326	419	24%
0,214888113	1,026907974	420	24%
0	1,025273403	421	24%
0,127073892	1,023266577	422	24%
1,237167546	1,022442828	423	24%

0	1,021706025	424	24%
0	1,021141807	425	24%
0	1,021038733	426	25%
0,444350396	1,021038733	427	25%
0	1,020944651	428	25%
0	1,020889232	429	25%
0,128044684	1,020092769	430	25%
0	1,019585627	431	25%
0	1,018428802	432	25%
0	1,017363828	433	25%
0	1,015411148	434	25%
1,094229114	1,015225985	435	25%
0,652450683	1,011332385	436	25%
1,740583168	1,010598211	437	25%
0,430331134	1,010415046	438	25%
1,62404349	1,010380321	439	25%
2,494176061	1,010123126	440	25%
2,141875029	1,009100324	441	25%
2,171540722	1,009100324	442	25%
2,198202236	1,007477993	443	26%
2,052807213	1,007133573	444	26%
2,411332829	1,006823386	445	26%
1,615289083	1,004230034	446	26%
0	1,002992856	447	26%
0	1,002869629	448	26%
0,069199717	1,002162582	449	26%
0	0,999552471	450	26%
0,534004923	0,999447732	451	26%
0	0,998239524	452	26%
0	0,99751955	453	26%
0	0,996978836	454	26%
0	0,996786854	455	26%
0	0,993356343	456	26%
0	0,993025258	457	26%
0	0,991197435	458	26%
0	0,989858888	459	26%
0,419117459	0,989464507	460	27%
0,253698091	0,985857669	461	27%
0	0,984775766	462	27%
0	0,984078569	463	27%
0	0,983978785	464	27%
0	0,981884036	465	27%
0	0,981261384	466	27%
0	0,980739804	467	27%
0	0,979606738	468	27%
0	0,978837571	469	27%
0,799387111	0,978666391	470	27%
0	0,975123277	471	27%

0	0,973472258	472	27%
0,374313209	0,972775363	473	27%
0,088152352	0,972063089	474	27%
1,007133573	0,971793637	475	27%
0	0,968752201	476	27%
0,342660635	0,959993185	477	27%
1,892144272	0,958793397	478	28%
1,951569568	0,958302527	479	28%
2,27733764	0,957767642	480	28%
2,107971783	0,955330599	481	28%
1,259153187	0,954638707	482	28%
2,170829054	0,953943182	483	28%
0,782025958	0,953841009	484	28%
1,295078543	0,951967947	485	28%
1,097073604	0,951392623	486	28%
0,556533315	0,949966806	487	28%
2,222849447	0,948667905	488	28%
2,196997807	0,94685134	489	28%
2,196519713	0,943372159	490	28%
2,368945595	0,942804152	491	28%
2,182020378	0,942494808	492	28%
1,818066625	0,941912632	493	28%
0,849927369	0,941802155	494	28%
1,018428802	0,941688071	495	29%
1,528629167	0,938417671	496	29%
0,379234614	0,935494849	497	29%
0,136412371	0,933455353	498	29%
0,198955786	0,932805597	499	29%
0,051217874	0,932633317	500	29%
0,025608937	0,930940268	501	29%
0	0,930189966	502	29%
0,317726197	0,929152805	503	29%
0	0,927302223	504	29%
0	0,926981472	505	29%
0	0,926704	506	29%
0	0,923702859	507	29%
0	0,921558653	508	29%
1,222004183	0,921234443	509	29%
1,375779834	0,919095921	510	29%
0,476701381	0,919064472	511	29%
0	0,918065708	512	30%
0	0,917640175	513	30%
0	0,915620583	514	30%
0	0,915318431	515	30%
0,090139414	0,914847512	516	30%
0	0,914201535	517	30%
0,253088722	0,9133061	518	30%

0	0,9133061	519	30%
0	0,908477022	520	30%
0,458136933	0,908213564	521	30%
1,354982784	0,907955414	522	30%
0,530506777	0,90529504	523	30%
2,154895856	0,905152631	524	30%
1,902325872	0,905152631	525	30%
0,73252657	0,904691199	526	30%
1,632160106	0,903365478	527	30%
1,834289782	0,903186238	528	30%
0,553415051	0,902826974	529	30%
2,284380783	0,900066858	530	31%
1,559729052	0,899831313	531	31%
0,057874175	0,898663785	532	31%
1,609312263	0,898006421	533	31%
0	0,897023001	534	31%
1,749739679	0,896324779	535	31%
1,690477569	0,895107748	536	31%
0,815498722	0,894696521	537	31%
0,609011561	0,89399836	538	31%
1,201536763	0,893589566	539	31%
2,043465983	0,893127422	540	31%
2,04395926	0,892556367	541	31%
2,202921948	0,891228807	542	31%
1,67353508	0,88993131	543	31%
0,695419229	0,888776239	544	31%
0,665191737	0,886642324	545	31%
2,224635708	0,885197937	546	31%
1,56007833	0,8851056	547	32%
0,025608937	0,883965919	548	32%
1,081897278	0,881925061	549	32%
0	0,881314747	550	32%
0,167925431	0,880900137	551	32%
0,660949484	0,880321588	552	32%
1,158572802	0,879491097	553	32%
0,210742783	0,877820559	554	32%
0	0,874256105	555	32%
0,310227818	0,871555921	556	32%
0,457617279	0,87054384	557	32%
0,323849872	0,869735825	558	32%
0,096795716	0,869282066	559	32%
0,683511305	0,86653458	560	32%
1,957675143	0,863707787	561	32%
0,321636115	0,862185573	562	32%
0,902826974	0,86186898	563	32%
0	0,861841113	564	33%
0	0,858429827	565	33%
0,626009311	0,857768909	566	33%

0	0,856238897	567	33%
0	0,855544	568	33%
0,083483112	0,854738279	569	33%
1,303179279	0,85358751	570	33%
0,834207344	0,850736597	571	33%
2,047103368	0,850510411	572	33%
0	0,849927369	573	33%
0	0,849234683	574	33%
0,249654835	0,84835649	575	33%
0,076055905	0,848009338	576	33%
0	0,847779779	577	33%
0	0,847440788	578	33%
0,158311275	0,845238785	579	33%
0	0,844630075	580	33%
0	0,843506971	581	33%
0,051217874	0,841745152	582	34%
0,094808654	0,841276352	583	34%
0,136412371	0,839853697	584	34%
0	0,839151594	585	34%
0,88993131	0,838030837	586	34%
0,062543415	0,83676754	587	34%
0	0,836096868	588	34%
0	0,834410551	589	34%
0,157359211	0,834207344	590	34%
0,439538477	0,834000618	591	34%
0,281920074	0,833814048	592	34%
0	0,833539131	593	34%
0,942804152	0,83286659	594	34%
0	0,831947607	595	34%
0,236554128	0,828610563	596	34%
0,051217874	0,825998653	597	34%
0,453623392	0,823039441	598	34%
0	0,822819206	599	35%
0	0,820993859	600	35%
0	0,820770998	601	35%
0	0,820604773	602	35%
0	0,818637734	603	35%
0	0,817124292	604	35%
0,587873382	0,816150822	605	35%
1,241176476	0,815498722	606	35%
1,181899543	0,81500787	607	35%
0,932633317	0,814894601	608	35%
0,372057675	0,814777528	609	35%
1,258381056	0,809218681	610	35%
0	0,809066773	611	35%
1,096068146	0,809028706	612	35%
1,160816437	0,808409134	613	35%

1,452137952	0,807835736	614	35%
1,525194746	0,806755342	615	35%
1,30148172	0,806541547	616	36%
1,203266483	0,80535711	617	36%
1,812427989	0,803827921	618	36%
1,968157137	0,801700769	619	36%
1,993957672	0,800075771	620	36%
2,071221301	0,799639807	621	36%
0,103195068	0,799396558	622	36%
0	0,799387111	623	36%
0,036934478	0,799197072	624	36%
0,102435747	0,79731255	625	36%
1,046192044	0,796680129	626	36%
0,051217874	0,795023455	627	36%
0	0,791129308	628	36%
0,576660842	0,790170589	629	36%
0	0,789773931	630	36%
0,122404653	0,789656069	631	36%
0,806755342	0,788190833	632	36%
0,591848114	0,788190833	633	36%
0,131743132	0,787395498	634	37%
0,051217874	0,787024434	635	37%
1,134062952	0,785884246	636	37%
0,311241566	0,785884246	637	37%
0	0,785301237	638	37%
0,372057675	0,783746632	639	37%
1,683490303	0,782025958	640	37%
0	0,780168246	641	37%
1,426846137	0,779906855	642	37%
1,053163607	0,778494926	643	37%
1,041016465	0,775392187	644	37%
1,205585919	0,771900961	645	37%
1,555498999	0,771087279	646	37%
0,958302527	0,771010926	647	37%
1,434898089	0,770828054	648	37%
0,125044038	0,77040157	649	37%
1,058338589	0,769049734	650	37%
1,10047307	0,768943266	651	38%
0,613279645	0,766864883	652	38%
1,391995473	0,766710149	653	38%
1,902785245	0,766351475	654	38%
1,527503495	0,766023404	655	38%
0,893589566	0,764314583	656	38%
0,930940268	0,76417112	657	38%
0	0,762136483	658	38%
0,146985734	0,761644022	659	38%
0	0,759861429	660	38%
0,954638707	0,758616835	661	38%

1,684591915	0,758184064	662	38%
1,919250526	0,757460032	663	38%
1,684029205	0,757224283	664	38%
2,014624862	0,755337358	665	38%
1,887423393	0,754482802	666	38%
0,726111016	0,754197802	667	38%
0,159724795	0,753817716	668	39%
0	0,753144882	669	39%
0,799639807	0,74929041	670	39%
2,367670329	0,74827222	671	39%
1,696679162	0,748117179	672	39%
1,784862304	0,746492041	673	39%
1,34632001	0,744782886	674	39%
2,146646973	0,744775757	675	39%
2,105621483	0,74459989	676	39%
2,113448274	0,743859891	677	39%
2,17272992	0,743555144	678	39%
1,764692954	0,742224934	679	39%
2,117089378	0,741713167	680	39%
2,169843018	0,739507834	681	39%
1,957654473	0,738649742	682	39%
2,209349962	0,736784495	683	39%
2,050546807	0,736456539	684	39%
2,140053918	0,73538718	685	39%
2,365401084	0,734944411	686	40%
2,039817507	0,734697578	687	40%
2,244359271	0,734173956	688	40%
2,058786519	0,733838868	689	40%
1,765208771	0,73252657	690	40%
1,947388854	0,732327113	691	40%
2,272321057	0,73192528	692	40%
1,214438529	0,73192528	693	40%
1,063589392	0,731580566	694	40%
1,548086606	0,731472819	695	40%
1,717501235	0,731456704	696	40%
1,264069062	0,730956586	697	40%
1,83179627	0,730235822	698	40%
0,72208311	0,728886777	699	40%
0,698454028	0,726441963	700	40%
1,152092769	0,726111016	701	40%
0,352856869	0,725270817	702	40%
0,666868454	0,723521812	703	41%
1,007477993	0,72208311	704	41%
1,719837433	0,721463497	705	41%
1,227849579	0,721153657	706	41%
0,653960347	0,718905251	707	41%
1,328130043	0,71859558	708	41%

1,391176515	0,71840288	709	41%
1,998895465	0,71838668	710	41%
1,963191781	0,718114031	711	41%
2,392229264	0,715423731	712	41%
2,100023648	0,713423069	713	41%
1,843117306	0,713220596	714	41%
0,972063089	0,712898529	715	41%
1,728076721	0,7123942	716	41%
1,86653771	0,711340226	717	41%
0,069199717	0,711047228	718	41%
0,557436929	0,707651513	719	41%
1,435412497	0,705585683	720	41%
0	0,704869646	721	42%
0,10985137	0,70437853	722	42%
0,190381248	0,70263337	723	42%
0	0,700421037	724	42%
0,161069244	0,700231062	725	42%
0	0,700228659	726	42%
0,36634544	0,700145395	727	42%
0,973472258	0,699455288	728	42%
0,980739804	0,698454028	729	42%
0,286544261	0,697648961	730	42%
0	0,695683149	731	42%
0,6871036	0,695419229	732	42%
0,948667905	0,695374044	733	42%
0,651745038	0,695157182	734	42%
1,035026124	0,693306226	735	42%
1,55344038	0,691621458	736	42%
1,276622642	0,691006944	737	42%
1,289045531	0,689940563	738	43%
0,187059225	0,689857585	739	43%
0,56264339	0,68934086	740	43%
0,296710709	0,688960283	741	43%
0,025608937	0,688925049	742	43%
0	0,6871036	743	43%
0	0,686537797	744	43%
0,57355878	0,685516728	745	43%
1,002992856	0,685290945	746	43%
1,547197211	0,684255947	747	43%
1,848489865	0,683909712	748	43%
2,069009065	0,683511305	749	43%
2,176314988	0,683403021	750	43%
2,201472271	0,68334197	751	43%
2,355678471	0,683144509	752	43%
1,802939352	0,682382308	753	43%
1,801075682	0,681171429	754	43%
1,83642784	0,680319219	755	44%
2,362423022	0,678318333	756	44%

2,227599976	0,678209402	757	44%
2,526719794	0,676677835	758	44%
1,87431677	0,674132119	759	44%
2,03997678	0,673157795	760	44%
1,787908672	0,672451545	761	44%
0,501194194	0,671597296	762	44%
0	0,67057846	763	44%
0,172594671	0,67054011	764	44%
0,205612088	0,66828725	765	44%
0,083483112	0,667977408	766	44%
0	0,667844472	767	44%
1,78563126	0,667572932	768	44%
0,433436845	0,666868454	769	44%
0	0,666120448	770	44%
0,073868956	0,665778875	771	44%
0	0,665396148	772	44%
0,477758098	0,665191737	773	45%
0,320215631	0,664638509	774	45%
0	0,663124487	775	45%
0	0,6625541	776	45%
0	0,6625541	777	45%
0	0,662505691	778	45%
0,622952305	0,661437977	779	45%
0,355869908	0,661309521	780	45%
0,70263337	0,660949484	781	45%
1,259012929	0,660682231	782	45%
1,339857177	0,657939416	783	45%
1,699293551	0,657011415	784	45%
1,620392237	0,656138211	785	45%
1,256168943	0,654936247	786	45%
1,002869629	0,654898502	787	45%
2,046529101	0,654796206	788	45%
1,163956205	0,654783937	789	45%
1,017363828	0,654724351	790	46%
0,828610563	0,654624251	791	46%
0,481894937	0,653960347	792	46%
0,759861429	0,653870058	793	46%
0,627922402	0,652450683	794	46%
0,941688071	0,651745038	795	46%
1,21366184	0,651201535	796	46%
0,656138211	0,650547789	797	46%
0,863707787	0,650259633	798	46%
0,678318333	0,648201165	799	46%
0,734173956	0,647975422	800	46%
0,707651513	0,647672936	801	46%
0,41480509	0,646428565	802	46%
1,140271341	0,646048543	803	46%

0,161069244	0,645897345	804	46%
0,143846721	0,643584202	805	46%
0,435272838	0,641797451	806	46%
0,103195068	0,641793255	807	47%
0,213998503	0,640191434	808	47%
0,914847512	0,639424251	809	47%
1,281072348	0,63676354	810	47%
1,875207293	0,636086249	811	47%
1,170801415	0,636021798	812	47%
1,054968829	0,635505318	813	47%
1,367573644	0,635505318	814	47%
1,196787466	0,635260118	815	47%
0,903186238	0,633924505	816	47%
1,364371879	0,633320631	817	47%
0,766710149	0,632544941	818	47%
1,618133547	0,632414127	819	47%
1,375545559	0,632014272	820	47%
0,996786854	0,631396134	821	47%
0,849234683	0,627922402	822	47%
0,336062967	0,627896775	823	47%
1,306690039	0,627696888	824	47%
0,673157795	0,62691494	825	48%
0,613560775	0,626759496	826	48%
0,847440788	0,626009311	827	48%
0	0,624664326	828	48%
0,18667818	0,624434204	829	48%
1,208757212	0,624289341	830	48%
0,606614545	0,623855795	831	48%
0	0,623632739	832	48%
0,771900961	0,622952305	833	48%
0,051217874	0,619969982	834	48%
0,115748351	0,618311257	835	48%
0	0,617613517	836	48%
0,321993565	0,615532125	837	48%
0	0,613560775	838	48%
0,53640847	0,613279645	839	48%
1,039399582	0,610914325	840	48%
1,31779377	0,609479619	841	48%
1,038975146	0,609011561	842	49%
1,010415046	0,608532782	843	49%
0,513852681	0,606614545	844	49%
0	0,606332904	845	49%
0,094808654	0,604446571	846	49%
0,983978785	0,603040194	847	49%
0,587812905	0,601077418	848	49%
0	0,600960174	849	49%
0	0,599035025	850	49%
0,496286654	0,595155973	851	49%

0	0,595122585	852	49%
0,051217874	0,593720265	853	49%
0	0,592498434	854	49%
0,165167463	0,592344852	855	49%
0,456254346	0,591848114	856	49%
0,809218681	0,591776335	857	49%
0,203129797	0,591714652	858	49%
1,026907974	0,589798761	859	50%
0	0,588475771	860	50%
0	0,587873382	861	50%
1,200313247	0,587812905	862	50%
0,106334081	0,586067478	863	50%
0	0,584354381	864	50%
0	0,581926303	865	50%
0	0,576962659	866	50%
0,069199717	0,576962659	867	50%
0,654783937	0,576660842	868	50%
0,243967065	0,57647205	869	50%
0	0,575077258	870	50%
0,431997	0,57355878	871	50%
0,654624251	0,572563381	872	50%
0	0,572009661	873	50%
0	0,571450613	874	50%
0	0,570800648	875	50%
0	0,569649791	876	50%
0	0,569165875	877	51%
0	0,56837875	878	51%
0	0,566872001	879	51%
0	0,566690843	880	51%
0,150503023	0,566572261	881	51%
0	0,565729962	882	51%
0	0,565276024	883	51%
0	0,564756647	884	51%
0	0,563849636	885	51%
0,077586131	0,56264339	886	51%
0,177064024	0,561615112	887	51%
0,384824889	0,559237765	888	51%
0,199231463	0,557436929	889	51%
0,106134195	0,556533315	890	51%
0,639424251	0,556517252	891	51%
0,165167463	0,556134533	892	51%
0,128232985	0,555172558	893	51%
0,211016584	0,554965953	894	52%
0,064530477	0,554744734	895	52%
0,109092049	0,553415051	896	52%
0,654936247	0,552921346	897	52%
0,190821453	0,552407447	898	52%

0,683144509	0,549323398	899	52%
0,908213564	0,54816232	900	52%
0	0,548049356	901	52%
0	0,546702498	902	52%
0,20019067	0,546448713	903	52%
0	0,545084878	904	52%
0,373695595	0,543791862	905	52%
0,546448713	0,543174336	906	52%
0,094808654	0,540737098	907	52%
0	0,54043947	908	52%
0	0,53926886	909	52%
0	0,53926886	910	52%
0,367926126	0,53808588	911	53%
0,662505691	0,537536402	912	53%
0,146026527	0,537536402	913	53%
0,258764744	0,537257896	914	53%
0,051217874	0,537045364	915	53%
1,25851576	0,53640847	916	53%
0,739507834	0,535846089	917	53%
2,124332827	0,534179953	918	53%
1,784296318	0,534004923	919	53%
0,682382308	0,533418455	920	53%
2,034548209	0,533133599	921	53%
1,790354211	0,532220864	922	53%
0,497436995	0,530506777	923	53%
0,12508683	0,529737637	924	53%
0,251208658	0,529079914	925	53%
0	0,529017237	926	53%
0,473305582	0,525809387	927	53%
0,025608937	0,525570769	928	53%
0,410859923	0,523521541	929	54%
0	0,52141591	930	54%
0,161069244	0,518804726	931	54%
0,062543415	0,518169418	932	54%
0	0,516700711	933	54%
1,002162582	0,516660808	934	54%
0,833539131	0,514906392	935	54%
0	0,514713648	936	54%
0,216963499	0,514699541	937	54%
0,176247804	0,514419244	938	54%
0,27423818	0,513852681	939	54%
0,499881222	0,513674208	940	54%
0,270920614	0,512665067	941	54%
0	0,511639087	942	54%
0,275087481	0,511626642	943	54%
0,154669891	0,511453309	944	54%
0	0,509583131	945	54%
0	0,503902988	946	55%

0,408948913	0,50279836	947	55%
0	0,502307306	948	55%
0	0,50198214	949	55%
0	0,501194194	950	55%
0,245511563	0,501072867	951	55%
0,109092049	0,500929837	952	55%
0,253298482	0,500090982	953	55%
0	0,499881222	954	55%
0	0,49985209	955	55%
0,094808654	0,497436995	956	55%
0	0,496286654	957	55%
1,209325518	0,495478371	958	55%
0,404843551	0,495120336	959	55%
0,303766783	0,494663598	960	55%
0,27910991	0,494242371	961	55%
0	0,49294154	962	55%
0	0,49294154	963	56%
0	0,492648749	964	56%
0	0,491808935	965	56%
0	0,491670182	966	56%
0	0,491594145	967	56%
0,731456704	0,490444963	968	56%
0	0,489894949	969	56%
0	0,488861606	970	56%
0,27327209	0,487355871	971	56%
0	0,485001565	972	56%
0	0,484628216	973	56%
0	0,48396982	974	56%
0	0,481894937	975	56%
0,243793035	0,481738821	976	56%
0	0,478364654	977	56%
0	0,477758098	978	56%
0,148013589	0,477570467	979	56%
0,238655375	0,476701381	980	56%
0,182968148	0,47495716	981	57%
0,140129546	0,473305582	982	57%
0,173622526	0,473222441	983	57%
0	0,472060501	984	57%
0	0,471097176	985	57%
0	0,470911397	986	57%
0,239297989	0,469916011	987	57%
0	0,469117079	988	57%
0	0,467397775	989	57%
0	0,467327093	990	57%
0,376488408	0,465531578	991	57%
0	0,46416237	992	57%
0,861841113	0,463688518	993	57%

0,136412371	0,463676933	994	57%
0,131371998	0,46238468	995	57%
0,243967228	0,460451985	996	57%
0,237877326	0,460421213	997	57%
0	0,458136933	998	58%
0	0,457617279	999	58%
0	0,456378195	1000	58%
0,025608937	0,456254346	1001	58%
0	0,456092547	1002	58%
0	0,453623392	1003	58%
0,025608937	0,45138522	1004	58%
0	0,451379787	1005	58%
0	0,449398158	1006	58%
0	0,448177381	1007	58%
0,051217874	0,4472745	1008	58%
0,057874175	0,445866761	1009	58%
0	0,445292973	1010	58%
0,090139414	0,444350396	1011	58%
0,439434244	0,443993579	1012	58%
0,244809305	0,44345116	1013	58%
0,728886777	0,443012913	1014	58%
0,571450613	0,442427785	1015	59%
0,157352068	0,442303483	1016	59%
0,599035025	0,440635989	1017	59%
0,319092527	0,440635989	1018	59%
0	0,439538477	1019	59%
0,062543415	0,439434244	1020	59%
0,537257896	0,438427258	1021	59%
0,532220864	0,437537163	1022	59%
0,109092049	0,437175903	1023	59%
0,472060501	0,435272838	1024	59%
0,340912244	0,434179413	1025	59%
0,131743132	0,433436845	1026	59%
0,360293742	0,431997	1027	59%
0,632014272	0,430331134	1028	59%
0,30268348	0,429120826	1029	59%
0,256089368	0,428394336	1030	59%
0,820770998	0,426115935	1031	59%
1,936074622	0,423796186	1032	59%
0	0,420857059	1033	60%
0,180278828	0,420086153	1034	60%
0,569649791	0,420086153	1035	60%
0,267414909	0,419117459	1036	60%
0,70437853	0,417195774	1037	60%
0,062543415	0,41625477	1038	60%
0,491808935	0,415360015	1039	60%
0,641793255	0,41480509	1040	60%
0,032265239	0,414514989	1041	60%

0,942494808	0,413448579	1042	60%
0	0,412254306	1043	60%
0,051217874	0,410859923	1044	60%
0	0,409540941	1045	60%
0,350410874	0,408948913	1046	60%
0,179250973	0,408800421	1047	60%
0,344551512	0,408162358	1048	60%
0	0,407865611	1049	60%
0,143068673	0,405033949	1050	61%
0,451379787	0,404843551	1051	61%
0,131743132	0,404843551	1052	61%
0	0,404153157	1053	61%
0	0,403223343	1054	61%
0,301455739	0,401171606	1055	61%
0,999552471	0,399571996	1056	61%
1,730434642	0,396871402	1057	61%
0,869735825	0,396595517	1058	61%
1,830635019	0,396542814	1059	61%
1,988724593	0,392547218	1060	61%
1,080396851	0,390807617	1061	61%
0,069199717	0,387859003	1062	61%
0,437537163	0,387002945	1063	61%
1,343712987	0,385150322	1064	61%
0,807835736	0,385150322	1065	61%
0,489894949	0,384824889	1066	61%
0,326929381	0,384054845	1067	61%
0	0,383351561	1068	62%
0,217213306	0,381940303	1069	62%
0,512665067	0,379234614	1070	62%
0,484628216	0,376505284	1071	62%
0,770828054	0,376505284	1072	62%
0,685516728	0,376488408	1073	62%
0,492648749	0,376295487	1074	62%
0	0,376295487	1075	62%
0,624664326	0,375329315	1076	62%
0	0,374313209	1077	62%
0	0,37379507	1078	62%
0	0,373695595	1079	62%
0,189617307	0,373342253	1080	62%
0,54043947	0,372135762	1081	62%
0,209529149	0,372057675	1082	62%
0,850736597	0,372057675	1083	62%
0,437175903	0,371997805	1084	62%
0,032265239	0,37049328	1085	63%
0	0,368512234	1086	63%
0,817124292	0,367926126	1087	63%
0,754482802	0,36634544	1088	63%

1,377074928	0,365669845	1089	63%
1,202703605	0,362211978	1090	63%
0,94685134	0,362019234	1091	63%
0,683403021	0,360293742	1092	63%
0,857768909	0,359828749	1093	63%
0,789656069	0,359194619	1094	63%
0,287555486	0,358242638	1095	63%
0,635505318	0,357542738	1096	63%
0,420086153	0,356583531	1097	63%
0,376295487	0,355869908	1098	63%
0,6625541	0,3554054	1099	63%
0,376505284	0,352859391	1100	63%
1,009100324	0,352856869	1101	63%
0,905152631	0,352664125	1102	64%
1,043050324	0,350410874	1103	64%
1,021038733	0,347967867	1104	64%
0,788190833	0,345432184	1105	64%
0,385150322	0,345051139	1106	64%
0,9133061	0,344989456	1107	64%
0,576962659	0,344875378	1108	64%
0,785884246	0,344551512	1109	64%
1,24623083	0,342660635	1110	64%
1,102213816	0,342114781	1111	64%
0,73192528	0,340912244	1112	64%
0,537536402	0,340089124	1113	64%
0,299416398	0,34	1114	64%
0,148013589	0,339882273	1115	64%
0,083483112	0,339560895	1116	64%
0,205423964	0,338835986	1117	64%
0,440635989	0,336403155	1118	64%
0,051217874	0,336062967	1119	64%
0,113907531	0,335747994	1120	65%
0,025608937	0,335643834	1121	65%
0	0,331915838	1122	65%
0,49294154	0,32907636	1123	65%
0,53926886	0,326929381	1124	65%
0,240054787	0,32650148	1125	65%
0	0,326493656	1126	65%
1,801045994	0,323849872	1127	65%
0,500090982	0,323547387	1128	65%
1,42081301	0,321993565	1129	65%
0,953841009	0,32197771	1130	65%
1,429109704	0,321636115	1131	65%
0,834000618	0,320215631	1132	65%
1,918612919	0,319092527	1133	65%
2,052284545	0,318077754	1134	65%
1,493318854	0,317726197	1135	65%
1,083177983	0,315721734	1136	65%

0,113907531	0,314979814	1137	66%
0,588475771	0,311241566	1138	66%
0,443993579	0,310227818	1139	66%
1,081529463	0,309082833	1140	66%
1,033272784	0,308083579	1141	66%
1,133519725	0,306279551	1142	66%
0,705585683	0,303766783	1143	66%
0,636021798	0,30268348	1144	66%
0,405033949	0,301455739	1145	66%
0,657939416	0,300820514	1146	66%
1,221444439	0,300427884	1147	66%
0,80535711	0,299416398	1148	66%
1,154754305	0,299416398	1149	66%
1,086895568	0,297036162	1150	66%
0,949966806	0,296710709	1151	66%
1,276306516	0,294799437	1152	66%
0,930189966	0,293660648	1153	66%
1,668690058	0,290871376	1154	67%
2,072238365	0,287555486	1155	67%
1,292724176	0,286544261	1156	67%
1,525199994	0,286066823	1157	67%
1,077254402	0,284425961	1158	67%
1,058311619	0,282370532	1159	67%
0,943372159	0,281920074	1160	67%
1,038947071	0,27965546	1161	67%
0,704869646	0,27910991	1162	67%
0,758616835	0,278740451	1163	67%
0,808409134	0,275087481	1164	67%
0,998239524	0,274578367	1165	67%
0,985857669	0,274440671	1166	67%
0,534179953	0,27423818	1167	67%
0,396542814	0,27327209	1168	67%
0,07682681	0,273202905	1169	67%
0,115748351	0,272529399	1170	67%
0,556134533	0,272148355	1171	67%
0,718114031	0,270920614	1172	68%
0,359194619	0,270418242	1173	68%
0,368512234	0,269472705	1174	68%
0,146785848	0,269298433	1175	68%
0,46416237	0,267414909	1176	68%
0	0,264865015	1177	68%
0,270418242	0,263486263	1178	68%
0,761644022	0,263448092	1179	68%
0,414514989	0,262791148	1180	68%
0,854738279	0,260959591	1181	68%
0,818637734	0,258764744	1182	68%
0,467327093	0,256921708	1183	68%

0,442427785	0,256829962	1184	68%
0,635260118	0,256458828	1185	68%
0,546702498	0,256134846	1186	68%
0,778494926	0,256089368	1187	68%
1,285686752	0,256089368	1188	68%
0,473222441	0,253698091	1189	69%
1,893090674	0,253298482	1190	69%
0,823039441	0,253088722	1191	69%
0,8851056	0,251208658	1192	69%
1,398888179	0,250406635	1193	69%
0,787395498	0,249654835	1194	69%
0,738649742	0,245962048	1195	69%
0,871555921	0,245892607	1196	69%
0,836096868	0,245511563	1197	69%
1,27093182	0,244809305	1198	69%
0,730235822	0,243967228	1199	69%
0,766864883	0,243967065	1200	69%
0,193334482	0,243793035	1201	69%
0,128044684	0,242428047	1202	69%
0,390807617	0,240054787	1203	69%
1,021706025	0,240054787	1204	69%
1,150683559	0,239297989	1205	69%
1,196355125	0,238879255	1206	70%
0,593720265	0,238655375	1207	70%
0,45138522	0,237877326	1208	70%
0,711047228	0,237359545	1209	70%
0,381940303	0,236554128	1210	70%
0,623632739	0,234186021	1211	70%
1,08226926	0,233846595	1212	70%
0,586067478	0,232455909	1213	70%
0,721463497	0,23124057	1214	70%
1,151118427	0,229509639	1215	70%
0,689857585	0,227958429	1216	70%
1,03828325	0,227522577	1217	70%
0,413448579	0,2248404	1218	70%
1,074531719	0,222986977	1219	70%
1,349141546	0,217213306	1220	70%
1,348679766	0,216963499	1221	70%
0,841276352	0,215779728	1222	70%
0,984775766	0,214888113	1223	70%
0,383351561	0,213998503	1224	71%
0,869282066	0,213046438	1225	71%
0,744782886	0,212287117	1226	71%
0,915318431	0,211527796	1227	71%
1,095235756	0,211016584	1228	71%
1,11871636	0,210742783	1229	71%
0,688925049	0,210742783	1230	71%
0,663124487	0,210557004	1231	71%

0,511453309	0,209529149	1232	71%
0,56837875	0,208573915	1233	71%
0,74929041	0,206715023	1234	71%
1,032131134	0,205612088	1235	71%
1,154711851	0,205423964	1236	71%
1,077016829	0,205423964	1237	71%
1,066951114	0,204134056	1238	71%
1,015411148	0,203129797	1239	71%
0,356583531	0,202007094	1240	71%
0,640191434	0,200942848	1241	72%
0,595155973	0,20019067	1242	72%
0,941802155	0,199231463	1243	72%
1,309630635	0,198955786	1244	72%
0,918065708	0,198955786	1245	72%
0,469117079	0,19819448	1246	72%
0,787024434	0,196273609	1247	72%
0,618311257	0,193334482	1248	72%
0,643584202	0,192988324	1249	72%
0,67054011	0,191067046	1250	72%
0,847779779	0,190821453	1251	72%
1,020092769	0,190381248	1252	72%
1,011332385	0,189617307	1253	72%
0,953943182	0,188640684	1254	72%
0,545084878	0,187059225	1255	72%
0,309082833	0,18693513	1256	72%
0,681171429	0,18667818	1257	72%
0,566572261	0,186537542	1258	73%
0,81500787	0,182968148	1259	73%
0,955330599	0,181721654	1260	73%
0,743555144	0,180278828	1261	73%
0,232455909	0,179601769	1262	73%
0,404843551	0,179250973	1263	73%
0,278740451	0,177064024	1264	73%
0,256458828	0,176247804	1265	73%
0,48396982	0,175733684	1266	73%
0,272148355	0,175516971	1267	73%
0,409540941	0,175162664	1268	73%
0,926704	0,173622526	1269	73%
0,791129308	0,173622526	1270	73%
0,53808588	0,173622526	1271	73%
0,645897345	0,173475426	1272	73%
0,839151594	0,172594671	1273	73%
0,227522577	0,172594671	1274	73%
0,162282877	0,171635464	1275	73%
0,396595517	0,167925431	1276	74%
0,732327113	0,165167463	1277	74%
0,635505318	0,165167463	1278	74%

0,420086153	0,164979162	1279	74%
0,376295487	0,164829631	1280	74%
0,6625541	0,162385814	1281	74%
0,376505284	0,162282877	1282	74%
1,009100324	0,161069244	1283	74%
0,905152631	0,161069244	1284	74%
1,043050324	0,161069244	1285	74%
1,021038733	0,160410219	1286	74%
0,788190833	0,159724795	1287	74%
0,385150322	0,158311275	1288	74%
0,9133061	0,15785679	1289	74%
0,576962659	0,157359211	1290	74%
0,785884246	0,157352068	1291	74%
1,24623083	0,156385896	1292	74%
1,102213816	0,154669891	1293	75%
0,73192528	0,153653621	1294	75%
0,537536402	0,153653621	1295	75%
0,299416398	0,153170173	1296	75%
0,148013589	0,152882715	1297	75%
0,083483112	0,152682829	1298	75%
0,205423964	0,152682829	1299	75%
0,440635989	0,152682829	1300	75%
0,051217874	0,150695767	1301	75%
0,113907531	0,150503023	1302	75%
0,025608937	0,150124747	1303	75%
0	0,148013589	1304	75%
0,49294154	0,148013589	1305	75%
0,53926886	0,148013589	1306	75%
0,240054787	0,147962028	1307	75%
0	0,146985734	1308	75%
0,051217874	0,146785848	1309	75%
0,608532782	0,146785848	1310	76%
1,029440503	0,146026527	1311	76%
0,463676933	0,145498662	1312	76%
0,269472705	0,143846721	1313	76%
0	0,143068673	1314	76%
0,503902988	0,143068673	1315	76%
0	0,140654438	1316	76%
0,428394336	0,140129546	1317	76%
0	0,136412371	1318	76%
0,358242638	0,136412371	1319	76%
0,025608937	0,136412371	1320	76%
0,456378195	0,134700986	1321	76%
0,401171606	0,134700986	1322	76%
0,051217874	0,134284532	1323	76%
0,927302223	0,131743132	1324	76%
0,87054384	0,131743132	1325	76%
0	0,131743132	1326	76%

0,654724351	0,131743132	1327	76%
0,766351475	0,131371998	1328	77%
0,445866761	0,128232985	1329	77%
0	0,128044684	1330	77%
1,095097002	0,128044684	1331	77%
0,666120448	0,1272878	1332	77%
0,743859891	0,127073892	1333	77%
0,336403155	0,127073892	1334	77%
0,456092547	0,127073892	1335	77%
0,172594671	0,127073892	1336	77%
0,062543415	0,12508683	1337	77%
0,146785848	0,125044038	1338	77%
0,549323398	0,125003832	1339	77%
0,057874175	0,124134765	1340	77%
0,339560895	0,122404653	1341	77%
0,113037974	0,119451418	1342	77%
0	0,118757428	1343	77%
0,443012913	0,116707558	1344	77%
0,730956586	0,115748351	1345	78%
0,513674208	0,115748351	1346	78%
1,123553861	0,115748351	1347	78%
0,783746632	0,113907531	1348	78%
1,161745579	0,113907531	1349	78%
0,79731255	0,113907531	1350	78%
0,633924505	0,113907531	1351	78%
0,387859003	0,113037974	1352	78%
0,83286659	0,112990383	1353	78%
1,020944651	0,111455484	1354	78%
1,246925221	0,10985137	1355	78%
1,331552379	0,109092049	1356	78%
0,371997805	0,109092049	1357	78%
0,412254306	0,109092049	1358	78%
0,403223343	0,109092049	1359	78%
1,062552683	0,106352078	1360	78%
0,090139414	0,106334081	1361	78%
0,274578367	0,106134195	1362	79%
0,308083579	0,103195068	1363	79%
0,043790666	0,103195068	1364	79%
1,1824269	0,103195068	1365	79%
0,116707558	0,102435747	1366	79%
0,392547218	0,101023866	1367	79%
0,768943266	0,097982653	1368	79%
0,408162358	0,096795716	1369	79%
0,467397775	0,094808654	1370	79%
0	0,094808654	1371	79%
0,529017237	0,094808654	1372	79%
0,801700769	0,094808654	1373	79%

0,115748351	0,091793962	1374	79%
0,552407447	0,090139414	1375	79%
0,415360015	0,090139414	1376	79%
0,109092049	0,090139414	1377	79%
0	0,090139414	1378	79%
0,85358751	0,088152352	1379	79%
1,25182223	0,085869724	1380	80%
0,595122585	0,083483112	1381	80%
1,316945282	0,083483112	1382	80%
0,891228807	0,083483112	1383	80%
0,734944411	0,083483112	1384	80%
0,803827921	0,083483112	1385	80%
0	0,083483112	1386	80%
0,627696888	0,081735401	1387	80%
0,365669845	0,077586131	1388	80%
0,326493656	0,07682681	1389	80%
0,650547789	0,07682681	1390	80%
0,153653621	0,07682681	1391	80%
1,029956842	0,076055905	1392	80%
0,245892607	0,0756487	1393	80%
0,74827222	0,073923209	1394	80%
0,07682681	0,073868956	1395	80%
0,615532125	0,071552428	1396	80%
0,352664125	0,069199717	1397	81%
0,592344852	0,069199717	1398	81%
0,68334197	0,069199717	1399	81%
0,41625477	0,069199717	1400	81%
0,07682681	0,066597805	1401	81%
1,019585627	0,064594191	1402	81%
1,222238515	0,064530477	1403	81%
1,083834913	0,063166777	1404	81%
1,145905489	0,062543415	1405	81%
1,972597041	0,062543415	1406	81%
1,213638528	0,062543415	1407	81%
1,206170463	0,062543415	1408	81%
0,748117179	0,062543415	1409	81%
0,566690843	0,06116346	1410	81%
0,570800648	0,057874175	1411	81%
0,73538718	0,057874175	1412	81%
0,971793637	0,057874175	1413	81%
0,958793397	0,057874175	1414	81%
0,858429827	0,057874175	1415	82%
1,130826429	0,057874175	1416	82%
1,233118822	0,057552325	1417	82%
0,84835649	0,056197843	1418	82%
0,731472819	0,053922743	1419	82%
0,555172558	0,052630949	1420	82%
0,340089124	0,051217874	1421	82%

1,320722511	0,051217874	1422	82%
0,933455353	0,051217874	1423	82%
0,610914325	0,051217874	1424	82%
0,898006421	0,051217874	1425	82%
0,957767642	0,051217874	1426	82%
0,929152805	0,051217874	1427	82%
0,518169418	0,051217874	1428	82%
0,736456539	0,051217874	1429	82%
0,646428565	0,051217874	1430	82%
0,263448092	0,051217874	1431	82%
0,848009338	0,051217874	1432	83%
0,71840288	0,051217874	1433	83%
0,514699541	0,051217874	1434	83%
0,603040194	0,051217874	1435	83%
1,041258142	0,050406301	1436	83%
0,650259633	0,045896588	1437	83%
0,604446571	0,043928032	1438	83%
0,754197802	0,043790666	1439	83%
0,989858888	0,042945699	1440	83%
0,725270817	0,038890816	1441	83%
0,664638509	0,038089853	1442	83%
0,883965919	0,036934478	1443	83%
0,632544941	0,035982092	1444	83%
0,469916011	0,035228094	1445	83%
0,471097176	0,034357726	1446	83%
0,335643834	0,033353042	1447	83%
0,566872001	0,032265239	1448	83%
0,514419244	0,032265239	1449	84%
0,831947607	0,030106688	1450	84%
0,540737098	0,026421328	1451	84%
0,565729962	0,025608937	1452	84%
0,667844472	0,025608937	1453	84%
0,695157182	0,025608937	1454	84%
0,741713167	0,025608937	1455	84%
0,210557004	0,025608937	1456	84%
0,025608937	0,025608937	1457	84%
0,213046438	0,025608937	1458	84%
0,641797451	0,025608937	1459	84%
0	0,025608937	1460	84%
0,134700986	0,025608937	1461	84%
0,896324779	0,024256496	1462	84%
0	0,022913439	1463	84%
0,127073892	0,021905399	1464	84%
0,342114781	0,020853709	1465	84%
0,112990383	0,020379566	1466	84%
0,083483112	0,018528076	1467	85%
0,407865611	0,017826832	1468	85%

0,514906392	0,015087208	1469	85%
0,198955786	0,014220024	1470	85%
0,300820514	0,013833471	1471	85%
0,210742783	0,01120239	1472	85%
0,057874175	0,010329826	1473	85%
0,090139414	0,009991327	1474	85%
0,306279551	0,009006822	1475	85%
0,057874175	0,006400109	1476	85%
0,196273609	0,005628907	1477	85%
0,699455288	0,004483485	1478	85%
0,806541547	0,004358641	1479	85%
0,647975422	0,004235078	1480	85%
0,633320631	0,004112795	1481	85%
0,375329315	0,003991793	1482	85%
0,86186898	0,003872071	1483	85%
0,396871402	0,002706836	1484	86%
0,874256105	0,001818235	1485	86%
1,089696975	0	1486	86%
0,712898529	0	1487	86%
0,516700711	0	1488	86%
0,648201165	0	1489	86%
0,744775757	0	1490	86%
0,535846089	0	1491	86%
0,862185573	0	1492	86%
0,790170589	0	1493	86%
0,272529399	0	1494	86%
0,345051139	0	1495	86%
0,143068673	0	1496	86%
0,153653621	0	1497	86%
0,624289341	0	1498	86%
0,667572932	0	1499	86%
1,010380321	0	1500	86%
1,178308177	0	1501	87%
0,175162664	0	1502	87%
0,460421213	0	1503	87%
0,175733684	0	1504	87%
0,173622526	0	1505	87%
0,809028706	0	1506	87%
0,156385896	0	1507	87%
1,155319349	0	1508	87%
0,691006944	0	1509	87%
1,145823915	0	1510	87%
1,296534543	0	1511	87%
0,89399836	0	1512	87%
0,951967947	0	1513	87%
0,689940563	0	1514	87%
0,775392187	0	1515	87%
0,68934086	0	1516	87%

0,718905251	0	1517	87%
0,556517252	0	1518	87%
0,799396558	0	1519	88%
0,680319219	0	1520	88%
0,671597296	0	1521	88%
0,685290945	0	1522	88%
0,561615112	0	1523	88%
1,038466199	0	1524	88%
0,734697578	0	1525	88%
0,77040157	0	1526	88%
0,661309521	0	1527	88%
0,74459989	0	1528	88%
0,514713648	0	1529	88%
0,814777528	0	1530	88%
0,448177381	0	1531	88%
0,62691494	0	1532	88%
0,212287117	0	1533	88%
0,49985209	0	1534	88%
0,769049734	0	1535	88%
0,723521812	0	1536	89%
0,572009661	0	1537	89%
0,779906855	0	1538	89%
0,50198214	0	1539	89%
0,606332904	0	1540	89%
0,850510411	0	1541	89%
0,726441963	0	1542	89%
0,877820559	0	1543	89%
0,463688518	0	1544	89%
0,589798761	0	1545	89%
0,697648961	0	1546	89%
0,511639087	0	1547	89%
0,653870058	0	1548	89%
0,3554054	0	1549	89%
0,152882715	0	1550	89%
0,600960174	0	1551	89%
0,76417112	0	1552	89%
0,672451545	0	1553	90%
0,345432184	0	1554	90%
0,843506971	0	1555	90%
0,591714652	0	1556	90%
0,693306226	0	1557	90%
0,755337358	0	1558	90%
0,825998653	0	1559	90%
0,676677835	0	1560	90%
0,654796206	0	1561	90%
0,362211978	0	1562	90%
0,757460032	0	1563	90%

0,86653458	0	1564	90%
1,060460529	0	1565	90%
0,736784495	0	1566	90%
0,552921346	0	1567	90%
0,647672936	0	1568	90%
0,665778875	0	1569	90%
1,136802782	0	1570	90%
0,903365478	0	1571	91%
1,047272253	0	1572	91%
0,893127422	0	1573	91%
0,57647205	0	1574	91%
0,543174336	0	1575	91%
0,627896775	0	1576	91%
0,523521541	0	1577	91%
0,895107748	0	1578	91%
0,344989456	0	1579	91%
1,279580715	0	1580	91%
0,880900137	0	1581	91%
0,470911397	0	1582	91%
0,284425961	0	1583	91%
0,357542738	0	1584	91%
0,263486263	0	1585	91%
0,700231062	0	1586	91%
0,563849636	0	1587	91%
0	0	1588	92%
0,695683149	0	1589	92%
0,554965953	0	1590	92%
0,124134765	0	1591	92%
0,494242371	0	1592	92%
0,164979162	0	1593	92%
0,879491097	0	1594	92%
0,899831313	0	1595	92%
0,449398158	0	1596	92%
0,575077258	0	1597	92%
0,294799437	0	1598	92%
0,423796186	0	1599	92%
0,051217874	0	1600	92%
0,584354381	0	1601	92%
0,083483112	0	1602	92%
0,762136483	0	1603	92%
0,838030837	0	1604	92%
0,362019234	0	1605	93%
0,256134846	0	1606	93%
0,501072867	0	1607	93%
0,256089368	0	1608	93%
0,171635464	0	1609	93%
0,352859391	0	1610	93%
0,127073892	0	1611	93%

0,274440671	0	1612	93%
0,173622526	0	1613	93%
0,119451418	0	1614	93%
0,300427884	0	1615	93%
0,134700986	0	1616	93%
0,753817716	0	1617	93%
0,636086249	0	1618	93%
0,150124747	0	1619	93%
0	0	1620	93%
0	0	1621	93%
0,262791148	0	1622	93%
0,211527796	0	1623	94%
0,152682829	0	1624	94%
0,373342253	0	1625	94%
0,47495716	0	1626	94%
0,617613517	0	1627	94%
0,200942848	0	1628	94%
0,2248404	0	1629	94%
0,559237765	0	1630	94%
0,314979814	0	1631	94%
0,113907531	0	1632	94%
0,623855795	0	1633	94%
1,246527357	0	1634	94%
0,959993185	0	1635	94%
0,833814048	0	1636	94%
0,975123277	0	1637	94%
0,238879255	0	1638	94%
0,44345116	0	1639	94%
0,18693513	0	1640	95%
0,533133599	0	1641	95%
0	0	1642	95%
0,34	0	1643	95%
0,256829962	0	1644	95%
0	0	1645	95%
0,152682829	0	1646	95%
0,50279836	0	1647	95%
0,661437977	0	1648	95%
0,518804726	0	1649	95%
0,495478371	0	1650	95%
0	0	1651	95%
0,445292973	0	1652	95%
0	0	1653	95%
0,229509639	0	1654	95%
1,042017241	0	1655	95%
0,420857059	0	1656	95%
0,487355871	0	1657	96%
0,204134056	0	1658	96%

0	0	1659	96%
0,131743132	0	1660	96%
0,127073892	0	1661	96%
0,667977408	0	1662	96%
0,339882273	0	1663	96%
0,554744734	0	1664	96%
0	0	1665	96%
0	0	1666	96%
0	0	1667	96%
0	0	1668	96%
0	0	1669	96%
0	0	1670	96%
0	0	1671	96%
0	0	1672	96%
0	0	1673	96%
0,46238468	0	1674	96%
0,372135762	0	1675	97%
0,54816232	0	1676	97%
1,144479797	0	1677	97%
0,684255947	0	1678	97%
0,150695767	0	1679	97%
0,152682829	0	1680	97%
0,591776335	0	1681	97%
0,234186021	0	1682	97%
0,881314747	0	1683	97%
0,904691199	0	1684	97%
0,979606738	0	1685	97%
0,908477022	0	1686	97%
1,108591007	0	1687	97%
1,036153443	0	1688	97%
0,509583131	0	1689	97%
0,771087279	0	1690	97%
0,816150822	0	1691	97%
0,495120336	0	1692	98%
0,721153657	0	1693	98%
0,491594145	0	1694	98%
0,581926303	0	1695	98%
0,057874175	0	1696	98%
0,632414127	0	1697	98%
0,564756647	0	1698	98%
0,323547387	0	1699	98%
0,529737637	0	1700	98%
0,525570769	0	1701	98%
0,932805597	0	1702	98%
0,799197072	0	1703	98%
1,055932115	0	1704	98%
0,919095921	0	1705	98%
0,490444963	0	1706	98%

0,688960283	0	1707	98%
0,657011415	0	1708	98%
0,700421037	0	1709	99%
0,935494849	0	1710	99%
0,477570467	0	1711	99%
0,897023001	0	1712	99%
1,393025391	0	1713	99%
0,771010926	0	1714	99%
0,880321588	0	1715	99%
0,844630075	0	1716	99%
1,075711267	0	1717	99%
0,886642324	0	1718	99%
0,624434204	0	1719	99%
1,289279711	0	1720	99%
1,120110364	0	1721	99%
1,486444295	0	1722	99%
1,303831061	0	1723	99%
1,463622272	0	1724	99%
1,020889232	0	1725	99%
1,010123126	0	1726	99%
1,112130001	0	1727	100%
0,780168246	0	1728	100%
1,059184374	0	1729	100%
0,758184064	0	1730	100%
1,021141807	0	1731	100%
1,141987771	0	1732	100%
1,312992385	0	1733	100%
1,182185181	0	1734	100%

Lampiran 5 Katalog penggunaan komponen peralatan

SPESIFIKASI TEKNIS KOMPONEN PLTMH KAPASITAS s.d 20kW		
1. TURBIN		
Type and Model	: CROSS FLOW, PME-D150	
Diameter runner	: 150 mm	
Lebar runner	: 200 s.d 450 mm	
Diameter Pipa	: 8 s.d 14 inch, PVC/HDPE/Steel	
Tinggi Jatuh (Head)	: 6 - 25 m	
Debit air (Flow)	: 54 - 216 l/s l/sec	
Daya Output	: 3 - 20 kW	
Effisiensi	: 75%	
Tipe Bearing	: Spherical roller bearing SKF	
2. TRANSMISI MEKANIK		
Tipe	: Ve Belt	
Tipe Puley dan Belt	: Tipe B, NBK Japan	
Jumlah alur	: 3-4 alur	
Posisi Pulley	: Puley langsung pada shaft	
3. GENERATOR		
Tipe	: Generator Sinkron AVR	
Construction	: Double bearing Horizontal shaft	
Putaran	: 1,500 rpm	
Phase/ Frekuensi	: 3 Phase/50 Hz	
Tegangan	: 230/400 V	
Kapasitas	: 16 kVA - 27.5kVA	
Faktor daya (PF)	: 0.8	
4. PANEL KONTROL + BALLAST LOAD		
Tipe	: Electronic Load Controller (ELC)	
Ukuran panel	: 40x60x20 cm	
Tegangan	: 230/400 V	
Phase/ Frekuensi	: 3P / 50 Hz	
Kapasitas ELC	: 3 - 20 kW	
Metering	: 3xAmp. Balast load, 3xAmp.consumer, Hour, volt, Hz.	
Proteksi	: MCB, MCCB, contactor	
Tipe Ballast Load	: Heater pemanas udara tubular	
Kapasitas ballast load	: 3 - 20 kW	
5. AKSESORIS		
Kabel sambungan	: Kabel generator, kabel ballast load	
Tool	: Operator Toolbox	
Flange Pipa	: PVC Flange (8 s.d 14 Inch)	
Saringan sampah	: Besi strip ukuran 1.3x1.5m	

RINGKASAN PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : JUMAT 13 Februari 2026
 Nama mahasiswa : ADI KURNIAWAN
 NIM : 202312569
 Program studi : S1 Teknik Mesin
 Fakultas/Sekolah : Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi
 Judul tugas akhir : KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO
 PADA PLTA MUSI BENGKULU

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

Perbaikan mengikuti saran dan masukan dari penguji sidang

Jangka waktu untuk perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal **20 Februari 2026**

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang

Mahasiswa



ADI KURNIAWAN

Dosen Pembimbing



HENDRI, S.T., M.T

Ketua Penguji



**Dr. Drs. PRAYUDI, M.M.,
M.T**

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal 19 Februari 2026

Mahasiswa



ADI KURNIAWAN

Dosen Pembimbing



HENDRI, S.T., M.T

Ketua Penguji



**Dr. Drs. PRAYUDI, M.M.,
M.T**



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

PERBAIKAN NASKAH TUGAS
AKHRI

Kode	FO-PD-A03-2-003-3-008
Tanggal	10 Februari 2025
Level	2
Revisi ke-	3

RINGKASAN PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : JUMAT 13 Februari 2026
Nama mahasiswa : ADI KURNIAWAN
NIM : 202312569
Program studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas/Sekolah : Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi
Judul tugas akhir : KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO PADA
PLTA MUSI BENGKULU

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Tambahkan potensi biaya investasi,
2. Buat pula analisis finansial, IRR, PBP
3. Analisis mitigasi dan potensi resiko
4. Analisis kelayakan

Jangka waktu untuk perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal **20 Februari 2026**

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang

Mahasiswa

ADI KURNIAWAN

Ketua Penguji

Dr. Drs. PRAYUDI, M.M.,
M.T

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal

Mahasiswa

ADI KURNIAWAN

Ketua Penguji

Dr. Drs. PRAYUDI, M.M.,
M.T



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

PERBAIKAN NASKAH TUGAS
AKHIR

Kode	FO-PD-A03-2-003-3-008
Tanggal	10 Februari 2025
Level	2
Revisi ke-	3

RINGKASAN PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : JUMAT 13 Februari 2026
Nama mahasiswa : ADI KURNIAWAN
NIM : 202312569
Program studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas/Sekolah : Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi
Judul tugas akhir : KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO PADA PLTA MUSI BENGKULU

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

Penulisan cek kembali ikuti pedoman terbaru, gambar tambahkan sumber, rumus diberi no urut

Flowchart diperbaiki, terutama pada pada belah ketupat, tambahkan indikator parameter data limpasan buat grafik per tahun dan bulannya dan dibandingkan debit andalan

Tambahkan skema PLTA Musi yang menunjukkan lipasan untuk potensi PLTMH

Tambahkan skema PLTMH hasil kajian potensi

Pada tahapan perhitungan di bab 4 tambahkan satuan

Tambahkan kajian kelayakan apabila diimplementasikan baik pengaruh terhadap PLTA maupun PLTMHnya

Rumusan-Tujuan-Kesimpulan agar disesuaikan

Jangka waktu untuk perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal **20 Februari 2026**

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang

Mahasiswa

ADI KURNIAWAN

Anggota Penguji

Ir. ROSWATI
NURHASANAH, S.T., M.T

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal 19 Februari 2026

Mahasiswa

ADI KURNIAWAN

Anggota Penguji

Ir. ROSWATI
NURHASANAH, S.T., M.T



INSTITUT TEKNOLOGI PLN

PERBAIKAN NASKAH TUGAS
AKHRI

Kode	FO-PD-A03-2-003-3-008
Tanggal	10 Februari 2025
Level	2
Revisi ke-	3

RINGKASAN PERBAIKAN NASKAH TUGAS AKHIR

Tanggal ujian sidang : JUMAT 13 Februari 2026
Nama mahasiswa : ADI KURNIAWAN
NIM : 202312569
Program studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas/Sekolah : Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi
Judul tugas akhir : KAJIAN POTENSI PEMBANGKIT TENAGA MIKROHIDRO PADA
PLTA MUSI BENGKULU

Saran perbaikan naskah tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Tambahkan skema proses dari Reservoir atas, pipa pesat, turbin dan generator
2. Perbaiki mengikuti saran dari penguji

Jangka waktu untuk perbaikan naskah tugas akhir diatas harus diselesaikan paling lambat satu minggu setelah tanggal ujian yakni pada tanggal **20 Februari 2026**

Apabila dalam jangka waktu tersebut mahasiswa tersebut diatas tidak dapat menyelesaikan **REVISI tugas akhirnya**, maka mahasiswa harus kembali mengulang sidang

Mahasiswa

ADI KURNIAWAN

Pembimbing

HENDRI, S.T., M.T

Tugas akhir telah selesai diperbaiki pada tanggal 19 Februari 2026

Mahasiswa

ADI KURNIAWAN

Pembimbing

HENDRI, S.T., M.T