

TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA TURBIN AIR DI PLTM KARAI 7 KABUPATEN SIMALUNGUN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

HAFIZH EL ZACHRIE

2007230183



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hafizh El Zachrie
NPM : 2007230183
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Kinerja Turbin Air di PLTM Karai 7
Kabupaten Simalungun
Bidang Ilmu : Kontruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 06 April 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Dr. Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T.

Dosen Penguji II



Dr. Suherman S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Dr. Khairul Umurani S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik
Mesin



Chandra A Siregar, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hafizh El Zachrie
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 07 Oktober 2002
NPM : 2007230183
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Kinerja Turbin Air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang ada pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 17 April 2026

Saya yang menyatakan



Hafizh El Zachrie

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik di Sumatera Utara yang terus meningkat belum sepenuhnya diimbangi dengan ketersediaan pasokan listrik yang optimal, sehingga diperlukan pemanfaatan energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM). Namun, kinerja PLTM seringkali belum optimal akibat perbedaan antara debit teoritis dan debit aktual serta adanya kerugian energi dalam sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja turbin air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun melalui perbandingan debit teoritis dan debit aktual terhadap daya hidrolis dan efisiensi turbin, serta hubungan daya turbin dan bukaan *guide vane*. Metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif berdasarkan data operasional berupa *head*, debit air, daya turbin, dan diameter *penstock*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit teoritis sebesar 38 m³/s menghasilkan efisiensi rendah yaitu sekitar 11,93%–12,56%, sedangkan debit aktual sebesar 6,12 m³/s menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi yaitu 74,16%–78,12%. Selain itu, efisiensi meningkat seiring kenaikan daya turbin hingga mencapai kondisi optimal pada daya sekitar 3,75 MW. Bukaan *guide vane* juga berpengaruh terhadap daya turbin, dimana semakin besar bukaan maka daya yang dihasilkan meningkat. Dapat disimpulkan bahwa kinerja turbin lebih akurat dianalisis menggunakan data aktual karena mencerminkan kondisi lapangan. Disarankan dilakukan pemeliharaan rutin dan pengaturan bukaan *guide vane* secara optimal untuk menjaga efisiensi turbin.

Kata kunci: PLTM, Turbin Francis, Debit Aktual, Efisiensi Turbin

ABSTRACT

The increasing demand for electrical energy in North Sumatra has not been fully balanced by the availability of optimal electricity supply, so it is necessary to utilize renewable energy such as Mini Hydro Power Plants (PLTM). However, the performance of PLTM is often not optimal due to the difference between theoretical and actual discharge and the presence of energy losses in the system. This study aims to analyze the performance of the water turbine at PLTM Karai 7 Simalungun Regency through a comparison of theoretical and actual discharge on hydraulic power and turbine efficiency, as well as the relationship between turbine power and guide vane opening. The method used is quantitative analysis based on operational data in the form of head, water discharge, turbine power, and penstock diameter. The results show that the theoretical discharge of 38 m³/s produces a low efficiency of around 11.93%–12.56%, while the actual discharge of 6.12 m³/s produces a higher efficiency of 74.16%–78.12%. In addition, efficiency increases with increasing turbine power until it reaches an optimal condition at around 3.75 MW. The guide vane opening also affects turbine power, with larger openings increasing the power output. It can be concluded that turbine performance is more accurately analyzed using actual data because it reflects field conditions. Routine maintenance and optimal adjustment of the guide vane opening are recommended to maintain turbine efficiency.

Keywords: PLTM, Francis Turbine, Actual Discharge, Turbine Efficiency

KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Penyayang, Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “ANALISIS KINERJA TURBIN AIR DI PLTM KARAI 7 KABUPATEN SIMALUNGUN”

Banyak Pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, maka untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ade Faisal, ST, MSc, PhD selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Khairul Umurani S.T., M.T selaku Wakil Dekan I dan Dosen Pembimbing, yang telah banyak meluangkan waktu, senantiasa memberikan dukungan dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dosen Pembanding I yang memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Suherman S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II yang memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Kepada PLTM Karai 7 Simalungun yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis terkait perizinan pengambilan data penelitian untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Kedua orang tua penulis, ayah Irpan dan ibu Julinawati Pane yang selalu memberikan doa, nasihat, kasih sayang serta membiayai penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S1 di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Laily Syafna S.K.M selaku orang yang selalu menemani penulis dan memberi motivasi hingga membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
11. Teman - teman penulis Didi, Nanda dan Akbar yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran yang berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik- mesin.

Medan, 17 April 2026



Hafizh El Zachrie

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.4.1 Tujuan Umum	4
1.4.2 Tujuan Khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	5
2.1.1 Klasifikasi PLTA	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini Hidro (PLTM)	6
2.2.1 Komponen PLTM Karai 7	7
2.3 Turbin Francis	16
2.3.1 Bagian – Bagian Utama Turbin Francis	16
2.4 Kinerja PLTM	19
2.4.1 Luas Penampang <i>Penstock</i>	19
2.4.2 Kecepatan Aliran	19
2.4.3 Debit Air	19
2.4.4 Daya Hidrolis	20
2.4.5 Efisiensi Turbin	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian	21
3.2 Bahan dan Alat	21
3.2.1 Bahan	21
3.2.2 Alat	21
3.3 Bagan Alir Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.5 Variabel yang Akan Diteliti	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	24

4.1 Hasil	24
4.1.1 Data Spesifikasi PLTM Karai 7	24
4.1.2 Perhitungan Kinerja Turbin	24
4.1.3 Grafik dan Diagram Hubungan Variabel	26
4.2 Pembahasan	28
4.2.1 Perbandingan Efisiensi pada Debit Teoritis dan Debit Aktual	28
4.2.2 Hubungan Daya Turbin dan Efisiensi	29
4.2.3 Hubungan Bukaannya <i>Guide Vane</i> dan Daya Turbin	30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	
SK PEMBIMBING	
LEMBAR ASISTENSI	
BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi PLTA	5
Tabel 2. 2 Jenis turbin air	10
Tabel 2. 3 Spesifikasi PLTM Karai 7	15
Tabel 3. 1 Waktu kegiatan penelitian	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTM (Efransyah, 2025)	6
Gambar 2. 2 <i>Weir</i> dan <i>Intake</i> PLTM Karai 7	8
Gambar 2. 3 <i>Waterway</i> PLTM Karai 7	8
Gambar 2. 4 <i>Headpond</i> PLTM Karai 7	9
Gambar 2. 5 <i>Penstock</i> PLTM Karai 7	10
Gambar 2. 6 Turbin Francis PLTM Karai 7	11
Gambar 2. 7 Generator PLTM Karai 7	11
Gambar 2. 8 Governor PLTM Karai 7	12
Gambar 2. 9 <i>Main Inlet Valve</i> PLTM Karai 7	12
Gambar 2. 10 <i>Power House</i> PLTM Karai 7	13
Gambar 2. 11 Transformator <i>Step Up</i> PLTM Karai 7	13
Gambar 2. 12 Transformator <i>Auxiliary</i> PLTM Karai 7	14
Gambar 2. 13 Jaringan Distribusi PLTM Karai 7	14
Gambar 2. 14 Gardu Induk Negeri Dolok	15
Gambar 2. 15 Saluran Pembuangan PLTM Karai 7	15
Gambar 2. 16 Sudu Jalan (<i>Runner</i>)	17
Gambar 2. 17 Sudu Pengantar (<i>Guide Vane</i>)	17
Gambar 2. 18 <i>Spiral Case</i>	18
Gambar 2. 19 <i>Draft Tube</i>	19
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	22
Gambar 5. 1 Perbandingan Efisiensi pada Q Aktual dan Q Teoritis	26
Gambar 5. 2 Hubungan Daya Turbin dan Efisiensi	27
Gambar 5. 3 Hubungan Bukaannya <i>Guide Vane</i> dan Daya Turbin	28

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas penampang	m^2
d	Diameter dalam pipa	m
V	Kecepatan aliran	m/s
H	<i>Head</i> /tinggi terjun air	m
g	Konstanta gravitasi	m/s^2
Q	Debit air	m^3/s
P_h	Daya hidrolis	kW
ρ	Massa jenis fluida	kg/m^3
η_T	Efisiensi turbin	%
P_T	Daya turbin	kW

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebenarnya memiliki sumber daya energi air yang sangat besar, namun pemanfaatannya masih tergolong rendah. Di sisi lain, kebutuhan listrik di Sumatera Utara terus mengalami peningkatan setiap tahun, sementara ketersediaan daya belum mampu mengimbangnya secara optimal sehingga sering terjadi kekurangan pasokan listrik. Kondisi ini tidak hanya disebabkan oleh keterbatasan jumlah pembangkit, tetapi juga dipengaruhi oleh kinerja pembangkit yang belum optimal, termasuk pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM). Kinerja PLTM yang belum maksimal, seperti rendahnya efisiensi turbin akibat perbedaan debit teoritis dan aktual, adanya kerugian energi (*head loss*), serta pengoperasian yang kurang optimal, menyebabkan daya listrik yang dihasilkan tidak mencapai kapasitas terpasang.

Sejalan dengan kondisi tersebut, pengembangan PLTM memiliki peran strategis dalam mendukung penyediaan energi listrik, khususnya di wilayah yang memiliki potensi sumber daya air melimpah. PLTM mampu menghasilkan energi listrik secara kontinu dan relatif stabil selama ketersediaan debit air terjaga. Namun, efektivitas pemanfaatan energi air tersebut sangat bergantung pada kinerja sistem pembangkit, terutama pada turbin sebagai komponen utama dalam proses konversi energi. Apabila kinerja turbin tidak optimal, maka energi potensial air yang tersedia tidak dapat dikonversi secara maksimal menjadi energi listrik. Oleh karena itu, selain sebagai solusi terhadap kekurangan listrik, PLTM juga memerlukan evaluasi kinerja secara berkelanjutan agar dapat beroperasi secara efisien dan mendekati kondisi optimal.

Minihidro sendiri memanfaatkan energi air melalui tiga komponen utama, yaitu air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Pada PLTM, turbin yang umum digunakan adalah turbin francis yang bekerja mengubah energi potensial dan kinetik air menjadi energi mekanik. Kinerjanya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tinggi jatuh air (*head*), debit aliran, sudut bukaan sudu, kecepatan putaran turbin, serta kondisi lingkungan. Ketidakseimbangan salah satu faktor

tersebut dapat menurunkan efisiensi turbin dan menimbulkan gangguan seperti kavitasi yang berisiko merusak komponen.

Selain itu perbedaan antara debit teoritis dan debit aktual seringkali cukup signifikan, sehingga berpengaruh langsung terhadap nilai efisiensi turbin. Debit teoritis yang terlalu besar dapat menyebabkan perhitungan daya hidrolis menjadi tidak realistis dan menghasilkan efisiensi yang rendah. Sebaliknya, debit aktual yang lebih kecil tetapi sesuai kondisi operasional justru dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi karena mencerminkan performa nyata sistem. Oleh karena itu, analisis perbandingan antara debit teoritis dan debit aktual menjadi penting untuk mengetahui tingkat kinerja turbin secara akurat.

Sejalan dengan pentingnya menjaga kinerja turbin tersebut, beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji hubungan antara debit air dan efisiensi turbin pada PLTM. Penelitian oleh Basori et al. (2016) menunjukkan bahwa efisiensi turbin meningkat ketika debit air mendekati debit rencana, namun akan menurun apabila terjadi penyimpangan akibat kerugian energi dalam sistem. Selanjutnya, penelitian oleh Sukur & Djmalu (2023) menyatakan bahwa perbedaan antara debit teoritis dan aktual disebabkan oleh faktor *head loss* pada *penstock* dan ketidaksesuaian bukaan *guide vane*, yang berdampak pada penurunan efisiensi turbin.

Penerapan konsep PLTM tersebut sebagaimana telah diuraikan sebelumnya dapat ditemukan di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara, yang memiliki potensi besar dalam pengembangan energi air skala kecil. Hal ini dibuktikan dengan keberadaan beberapa PLTM seperti PLTM Karai 7 yang berlokasi di Kecamatan Silou Kahean dengan kapasitas terpasang sebesar 6,65 MW. PLTM Karai 7 memiliki peran penting yaitu tidak hanya mendukung pasokan listrik di wilayah tersebut tetapi juga menunjukkan potensi nyata energi terbarukan yang dapat dikembangkan lebih lanjut di Simalungun.

Meskipun demikian, penelitian terkait evaluasi kinerja PTM Karai 7 masih terbatas. Hingga saat ini, belum banyak kajian yang secara komprehensif membahas efisiensi operasional turbin. Padahal analisis kinerja PLTM sangat penting untuk mengetahui sejauh mana pembangkit tersebut mampu beroperasi

optimal sesuai kapasitas yang terpasang, serta memberikan gambaran perbaikan bagi keberlanjutan PLTM.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian mengenai analisis kinerja turbin air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun. Penelitian ini difokuskan melalui perhitungan daya hidrolis dan efisiensi berdasarkan data operasional yang tersedia. Pembahasan dibatasi pada penggunaan turbin francis dan hanya mencakup faktor – faktor yang mempengaruhi parameter utama seperti *head*, debit air, dan daya turbin terhadap efisiensi yang di hasilkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran dan referensi yang lebih akurat mengenai kondisi kinerja turbin di lapangan serta evaluasi bagi PLTM Karai 7 Simalungun.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kinerja turbin air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun.
2. Bagaimana perbandingan debit aktual dan teoritis terhadap daya hidrolis dan efisiensi turbin.
3. Bagaimana hubungan daya turbin dengan efisiensi pada kondisi aktual.
4. Bagaimana pengaruh bukaan *guide vane* terhadap daya turbin yang dihasilkan.

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan judul “Analisis Kinerja Turbin Air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun”, terdapat batasan masalah yang dijadikan ruang lingkup oleh peneliti. Adapun ruang lingkup tersebut adalah:

1. Menggunakan turbin francis.
2. Fokus pada faktor - faktor yang mempengaruhi kinerja turbin.
3. Pengumpulan data kinerja turbin (debit air, *head*, daya *output*).

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja turbin air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun.

1.4.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbandingan debit aktual dan teoritis terhadap daya hidrolis dan efisiensi turbin.
2. Bagaimana hubungan daya turbin dengan efisiensi pada kondisi aktual.
3. Bagaimana pengaruh bukaan *guide vane* terhadap daya turbin yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diperoleh, yaitu:

1. Menambah wawasan dan literatur mengenai kinerja turbin pada sistem PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun.
2. Menjadi referensi bagi mahasiswa, akademisi dan peneliti selanjutnya mengenai kinerja turbin air PLTM.
3. Menjadi dasar pertimbangan bagi PLTM Karai 7 agar dapat menjaga kestabilan turbin air.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

PLTA atau Pembangkit Listrik Tenaga Air adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air sumber utamanya. Keunggulan utama pada PLTA terletak pada kecepatan responnya yang cepat sehingga sangat cocok dengan kondisi beban puncak maupun pada saat terjadi gangguan (Hasriani et al., 2017).

PLTA bekerja dengan cara yang cukup sederhana, yaitu mengubah energi potensial dan kinetik air untuk menggerakkan putaran pada turbin. Air dikumpulkan pada suatu area yang terletak pada ketinggian tertentu. Komponen utama dari PLTA terdiri dari 4 yaitu waduk atau bendungan, *waterway* (pembawa air), *powerhouse* dan gardu induk atau unit transmisi yang mengalirkan listrik ke konsumen (Engineering, n.d.)

Sungai yang mengalir di daerah pegunungan merupakan potensi tenaga air yang dimanfaatkan oleh pembangkit. Agar manfaat dari potensi sungai ini dapat dimaksimalkan, maka diperlukan pembangunan bendungan pada sungai tersebut dan airnya dapat dialirkan ke bangunan PLTA. Terdapat lima jenis pembangkit listrik tenaga air yaitu PLTA jenis bendungan, PLTA berdasarkan aliran sungai, PLTA dengan kolam pengatur, PLTA jenis waduk dan PLTA jenis pompa (Arismunandar & Kuwahara, 2004)

2.1.1 Klasifikasi PLTA

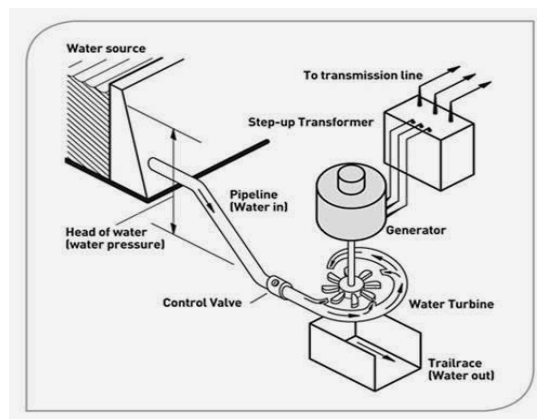
PLTA memiliki beberapa jenis yang diklasifikasikan berdasarkan daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air menurut Penche dan Minas (1998) yaitu seperti yang tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi PLTA

Klasifikasi	Daya
<i>Micro-hydro</i>	1-100 kW
<i>Mini-hydro</i>	100 kW -10 MW
<i>Small-hydro</i>	10 MW – 50 MW
<i>Large-hydro</i>	>50 MW

Sumber : Penche & Minas, 1998

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini Hidro (PLTM)



Gambar 2. 1 Skema PLTM (Efransyah, 2025)

Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik dengan skala kecil seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 yang memanfaatkan energi air sumber penggerakannya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*) dan debit air. Pembangkit listrik tenaga mini hidro berfungsi dengan memanfaatkan potensi air dan gaya gravitasi, sehingga pengoperasiannya tidak memerlukan bahan bakar minyak. (Mokhtar et al., 2022).

PLTM adalah pembangkit listrik berskala kecil (>100 kW- 10 MW) dengan menggunakan kecepatan aliran serta energi potensial jatuh air sebagai sumber penghasil energi PLTM atau *clean energy*, dikarenakan ramah lingkungan. Disisi lain, mini-hidro terbagi menjadi 3 bagian penting ialah air (sebagai sumber energi), turbin serta generator.

Secara garis besar prinsip kerja PLTM dan PLTMH adalah (Hidayat, 2017):

- a) Aliran sungai dengan volume debit air tertentu dialirkan ke bendungan agar memperoleh ketinggian maksimum.
- b) Selanjutnya, air dialirkan melalui *intake* ke saluran pembawa (*waterway*) menuju perangkap pasir (*sand trap*).
- c) Setelah melewati *sand trap*, air dialirkan kembali melalui saluran pembawa ke *headpond* (bak penenang) kemudian dialirkan ke *penstock* dengan ketinggian tertentu agar energi potensial air dapat menggerakkan turbin.

- d) Air yang bertekanan dan berkecepatan tinggi yang dialirkan melalui sirip - sirip pengarah (sudu tetap) akan mendorong sudu jalan/*runner* yang terpasang pada turbin sehingga menyebabkan baling - baling turbin berputar.
- e) Kemudian, turbin mengonversi energi kinetik dari gaya jatuh air menjadi energi mekanik dengan bantuan generator.
- f) Generator terhubung dengan turbin melalui roda gigi sehingga putaran turbin menggerakkan generator. Energi mekanik kemudian diubah menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik pada kumparan tembaga yang berputar di dekat magnet.
- g) Air yang telah di proses secara mekanikal elektrikal di *power house* selanjutnya dialirkan ke *tailrace* untuk menuju ke sungai.
- h) Supaya energi listrik dari generator dapat didistribusikan, tegangan harus ditingkatkan terlebih dahulu menggunakan *transformator step up*.
- i) Energi listrik selanjutnya disalurkan langsung ke konsumen melalui Gardu Hubung (GH) atau Gardu Induk (GI).

2.2.1 Komponen PLTM Karai 7

1. Bendungan dan Saluran Pemasukan (*Weir and Intake*)

Weir seperti Gambar 2.2 (a) merupakan komponen awal dari PLTM yang terletak di sepanjang aliran air. Bendungan merupakan struktur *lowhead dam*, yang berfungsi untuk menaikkan muka air. Permukaan air sungai yang meningkat akan melimpas melalui puncak atau mercu bendung (*overflow*). *Intake* seperti Gambar 2.2 (b) merupakan gerbang untuk masuknya air menuju *waterway* dengan menggunakan tipe pintu vertikal.

Secara umum terdapat beberapa fungsi dari bangunan *intake* (Hidayat, 2017), diantaranya:

- a. Mengumpulkan air dari sumber untuk memastikan kuantitas debit air yang diperlukan tetap terpenuhi.
- b. Menyaring atau memisahkan material - material kasar.
- c. Mengambil air baku yang dilakukan sesuai dengan debit air yang dibutuhkan untuk memastikan kontinuitas dalam penyediaan dan pengambilan air dari sumbernya.



(a)

(b)

Gambar 2. 2 Weir dan Intake PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

2. *Waterway*

Waterway atau saluran pembawa seperti Gambar 2.3 berfungsi untuk mengalirkan air yang masuk dari *intake* menuju *headpond*. Untuk menjaga energi potensial air tetap stabil, saluran pembawa harus mengikuti garis kontur dari sisi bukit. Pada umumnya saluran pembawa menggunakan saluran pembuka dan saluran tertutup (Hidayat, 2017).



Gambar 2. 3 *Waterway* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

3. Bak Penenang (*Headpond*)

Headpond memiliki fungsi sebagai penampung air dalam jumlah besar sebelum dialirkan ke *penstock* dan untuk menciptakan *head* (tinggi jatuh air) sehingga energi yang dihasilkan juga besar. *Headpond* merupakan tempat pemisah akhir kotoran dalam air seperti pasir dan kayu. Selain itu, fungsi bak

penenang yaitu sebagai penghalang agar udara yang tidak masuk kedalam pipa pesat saat muka air rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan. Ukuran besar kecilnya dimensi bak penenang tergantung panjangnya *penstock*. *Headpond* dapat dilihat seperti Gambar 2.4 (Rahmawan, 2024).



Gambar 2. 4 *Headpond* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

4. Pipa Pesat (*Penstock*)

Penstock, yang dikenal dengan pipa pesat seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 adalah pipa yang mengalirkan air dari *headpond* menuju *spiral*. Pada *penstock*, air mengalami perubahan bentuk energi dari energi potensial menjadi energi kinetik. Dalam merancang *penstock*, faktor yang harus diperhatikan meliputi tekanan air di dalam *penstock*, *head losses* dan jenis material pipa. *Penstock* dilengkapi dengan tanki peredam yang berfungsi untuk menyimpan air cadangan dan menyerap pukulan air untuk mengatasi lonjakan beban yang tiba-tiba.



Gambar 2. 5 *Penstock* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

5. Turbin Air

Komponen utama pembangkit listrik adalah turbin air dan juga digunakan dalam berbagai aplikasi industri yang memanfaatkan aliran air. Turbin air adalah suatu mesin berputar yang berfungsi mengubah energi potensial ke energi kinetik. Energi kinetik kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui generator.

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi mekanis, turbin air digolongkan menjadi 2, yaitu turbin impuls dan reaksi (Dietzel, 1980) :

Tabel 2. 2 Jenis turbin air

Jenis	<i>High Head</i>	<i>Medium Head</i>	<i>Low Head</i>
Turbin <i>Impuls</i>	Pelton Turgo	<i>Cross Flow/ Banki</i> Multi – Jet Pelton Turgo	<i>Cross Flow/ Banki</i>
Turbin Reaksi		Francis	<i>Propeller</i> Kaplan

Sumber : (Dietzel, 1980)

Perbedaan utama antara kedua golongan turbin tersebut, yaitu (Dietzel, 1980):

- Turbin impuls berputar di udara karena mendapat pancaran air.
- Turbin reaksi berputar didalam air oleh energi dalam bentuk tekanan dan kinetik.

Gambar 2.6 merupakan turbin air jenis francis yang banyak sering digunakan oleh pembangkit listrik tenaga air. Hal ini terjadi karena karakteristiknya yang mampu mengisi sektor tengah kapasitas tenaga air yang ada. Saat ini turbin francis dioperasikan antara *head* 20 m sampai 600 m.



Gambar 2. 6 Turbin Francis PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

6. Generator

Generator seperti Gambar 2.7 adalah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri dari beberapa bagian, diantaranya rotor dan stator. Generator memerlukan gerakan (putaran), *fluks* (magnet), dan belitan untuk menghasilkan listrik. Terdapat 2 jenis generator, yaitu generator sinkron dan generator induksi (Hidayat, 2017).



Gambar 2. 7 Generator PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

7. Governor

Governor merupakan sistem kendali otomatis yang berfungsi menjaga kecepatan putaran poros suatu pembangkit. Selain itu, governor juga menghentikan operasi turbin saat terjadi gangguan. Saat beban meningkat dan putaran berkurang, governor secara otomatis mengatur kecepatan agar tetap konstan dengan membuka katup masuk air sebelum masuk ke turbin. Governor dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Governor PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

8. *Main Inlet Valve (MIV)*

MIV seperti Gambar 2.9 adalah sebuah katup masukan yang membatasi antara *penstock* dan *spiral case* yang mampu menahan air pada saat terjadi perbaikan atau kerusakan di *spiral case*. Fungsi *counter weight* berwarna merah berguna untuk membantu kinerja *butterfly valve*. Katup *bypass* yang terletak diatas MIV berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan air antara *penstock (upstream)* dan *spiral case (downstream)* saat dioperasikan (Hidayat, 2017).



Gambar 2. 9 *Main Inlet Valve* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

9. *Power House*

Power house atau rumah pembangkit adalah tempat dimana energi listrik dihasilkan. Perangkat didalamnya meliputi *central control room*, *main inlet valve*, turbin, governor, generator, trafo, dan perlengkapan lainnya. *Power house* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 *Power House* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

10. Transformator *Step-up*

Transformator *step-up* seperti Gambar 2.11 adalah mesin listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang mengubah besaran arus dan tegangan dari input, tanpa mengubah besaran daya *input* dan *outputnya*. Tegangan tinggi diperlukan untuk memastikan efisiensi dalam penyaluran daya, terutama ketika daya yang dikirimkan besar dan jaraknya cukup jauh (Rahmawan, 2024).



Gambar 2. 11 Transformator *Step Up* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

11. Transformator *Auxiliary*

Transformator *auxiliary* seperti Gambar 2.12 digunakan untuk pemakaian sendiri. Fungsi dari transformator auxiliary ini adalah untuk menyediakan listrik yang diperlukan dalam operasional PLTM, seperti untuk motor listrik dan penerangan di area PLTM.



Gambar 2. 12 Transformator *Auxiliary* PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

12. Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah sistem yang menghubungkan sumber tenaga listrik utama dengan pengguna akhir sehingga listrik dapat didistribusikan secara langsung dan efektif kepada konsumen atau pelanggan. Jaringan distribusi dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Jaringan Distribusi PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

13. Gardu Induk

Gardu induk seperti yang terlihat pada Gambar 2.14 adalah suatu instalasi yang meliputi peralatan listrik yang berfungsi sebagai pusat beban yang diambil dari saluran transmisi yang secara spesifik dengan tujuan mentransformasi tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan tinggi lainnya atau dari tegangan tinggi ke tegangan menengah, serta melakukan pengukuran, pengawasan operasi, dan pengaturan dari pengamanan sistem tenaga listrik (Hidayat, 2017).



Gambar 2. 14 Gardu Induk Negeri Dolok (Dokumen Pribadi)

14. Saluran Pembuangan (*Tailrace*)

Tailrace merupakan tempat dimana air yang telah digunakan untuk memutar turbin mengalir keluar setelah melewati *draft tube* seperti Gambar 2.15. *Tailrace* dapat digunakan untuk mengalirkan dan menurunkan tekanan air dari *draft tube*. *Tailrace* dilengkapi dengan pintu yang berujung menutup aliran air dari *tailrace* ke *draft tube* pada waktu diadakan perbaikan atau pemeriksaan pada turbin.



Gambar 2. 15 Saluran Pembuangan PLTM Karai 7 (Dokumen Pribadi)

Tabel 2. 3 Spesifikasi PLTM Karai 7

No	Keterangan	Spesifikasi
1.	<i>Weir</i> dan <i>intake</i>	Lebar dan tinggi bendung: 25 m x 7 m Elevasi Mercur Bendung: 388,30 mdpl
2.	<i>Waterway</i>	Panjang <i>waterway</i> 2500 m
3.	<i>Penstock</i>	Panjang ± 800 meter dengan diameter 111 cm
4.	2 Turbin	<i>Type</i> : Francis <i>Output</i> : 4431 KW

	<i>Rated head</i>	: 80.03 m
	<i>Rated discharge</i>	: 6.12 m ³ /s
	<i>Rated speed</i>	: 750 rpm
5. 2 Generator	Seri	: SSA- 900
	<i>Phase</i>	: 3 <i>phase</i>
	<i>Rated power</i>	: 5000 kVA
	<i>Rated voltage</i>	: 6600 V
	<i>Rated current</i>	: 437,4 A
	<i>Rated freq</i>	: 50 Hz
	<i>Power factor</i>	: 0,85
6. Transformator <i>step up</i>	Menaikkan tegangan dari 6.600 <i>volt</i> menjadi 20.000 <i>volt</i> . Dan daya yang dihasilkan sebesar 4,4 MW.	
7. Gardu Induk	Menerima tegangan 20 Kv dari PLTM Karai 7 yang di transmisikan ke Penyulang ND 1	

Sumber: PLTM Karai 7 Simalungun

2.3 Turbin Francis

Turbin Francis merupakan turbin reaksi yang dirancang sedemikian rupa dengan desain yang memungkinkan air mengalir masuk secara radial ke sudu-sudunya dan keluar secara aksial. Turbin ini sangat fleksibel dan dapat digunakan pada berbagai tingkat *head* dari rendah sampai sangat tinggi. Keistimewaannya terletak pada desain sudu yang memungkinkan perubahan arah aliran sehingga tekanan dapat menurun secara efisien. Tekanan yang menurun ini yang menghasilkan gaya yang mendorong *runner* turbin untuk berputar.

Turbin Francis adalah turbin reaksi dengan desain yang memungkinkan air mengalir masuk secara radial ke sudu-sudunya dan keluar secara aksial. Ini adalah turbin yang sangat fleksibel dan dapat digunakan pada berbagai tingkat *head*, dari rendah hingga sangat tinggi. Keunikannya terletak pada desain sudu yang memfasilitasi perubahan arah aliran air, yang menghasilkan penurunan tekanan secara efektif. Penurunan tekanan ini yang menghasilkan gaya yang mendorong *runner* turbin untuk berputar. Turbin francis sangat cocok untuk pembangkitan listrik pada tinggi jatuh air menengah hingga tinggi (Rahmawan, 2024).

2.3.1 Bagian – Bagian Utama Turbin Francis

Bagian pada turbin francis terdiri dari *runner*, *guide vane* (sudu pengarah), *draft tube* dan rumah keong (*spiral case*).

1. Sudu Jalan (*Runner*)

Runner merupakan bagian yang bergerak atau berputar yang terdiri dari poros dan sudu turbin. Sudu jalan berfungsi merubah energi ginetik menjadi energi mekanik dengan mengambil energi kecepatan dan tekanan air pada sekeliling *runner*. Rumah keong mengalirkan air di sekeliling *runner* secara horizontal dengan arah tangensial terhadap *runner* (Hamdani Putra, 2021). *Runner* dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Sudu Jalan (*Runner*)

Sumber: <http://www.asnt.org/mar08basicsfig1.jpg>

2. Sudu Pengantar (*Guide Vane*)

Guide vane berfungsi sebagai pengarah aliran air dari katup pengatur kapasitas dari *casing* ke *runner* mulai dari debit nol (posisi sudu tertutup) sampai maksimum (sudu terbuka penuh) guna mengatur kecepatan putar *runner* sesuai beban yang dipikul. Pada turbin francis posisi *guide vane* bisa diatur sedemikian rupa sesuai dengan kebutuhan (Rahmawan, 2024). Sudu pengantar dapat dilihat pada Gambar 2.17.

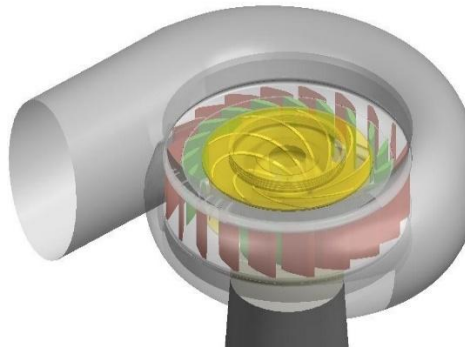


Gambar 2. 17 Sudu Pengantar (*Guide Vane*)

Sumber: http://www.globalpowerandenergi.com/images_francis.bmp

3. *Spiral Case*

Spiral case seperti Gambar 2.18 merupakan saluran yang mempunyai rumah keong dengan bentuk penampang melintang lingkaran. Rumah keong yang berbentuk melingkari sekelilingi luar runner dengan menampang melintang dan air akan berangsur makin kecil yang selanjutnya membuat air bergerak melingkar di seluruh keliling runner dan selanjutnya di arahkan oleh sudu-sudu antar menuju runner. Permukaan dengan cat terkelupas atau menggelembung setelah cat di buang harus di beri lapisan cat pelindung baru yang sejenis (Rahmawan, 2024).

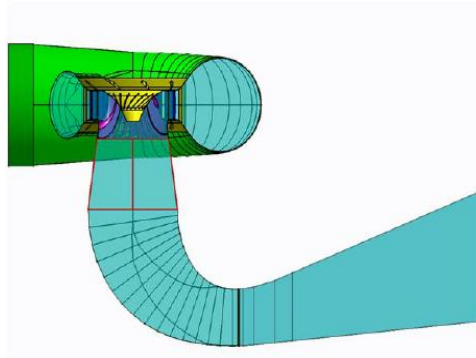


Gambar 2. 18 *Spiral Case*

Sumber: http://www.globalpowerandenergi.com/images_spiral_case.bmp

4. *Draft Tube*

Draft tube berfungsi meneruskan air turbin ke saluran pembuangan dengan menggunakan tinggi air dan jatuh air. *Draft tube* juga digunakan untuk menurunkan kecepatan yang berasal dari sudu-sudu selang yang mempunyai tekanan kurang dari 1 atmosfer. *Draft tube* dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 *Draft Tube*

Sumber : <http://www.asnt.org/mar08basicsfig1.jpg>

2.4 Kinerja PLTM

Adapun data utama yang digunakan dalam perhitungan kinerja turbin sebagai berikut:

- *Head* maksimum = 80,03 m
- *Rate discharge* (debit) = 6,12 m³/s
- Daya turbin = 4431 kW
- Diameter *penstock* = 111 cm → 1,11 m

2.4.1 Luas Penampang *Penstock*

Untuk menghitung luas penampang pipa dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Dietzel, 1980) :

$$A = \frac{d^2\pi}{4} \#(2.1)$$

2.4.2 Kecepatan Aliran

Untuk menghitung kecepatan aliran air dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Dietzel, 1980):

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \# (2.2)$$

2.4.3 Debit Air

Debit air merupakan jumlah air yang mengalir di dalam saluran atau saluran per unit waktu. Daya yang dihasilkan oleh turbin sangat tergantung pada debit air

yang tersedia. Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s). Perhitungan debit air dapat dilihat pada Rumus 2.3 (Dietzel, 1980):

$$Q = V.A \# (2.3)$$

2.4.4 Daya Hidrolis

Daya hidrolis adalah daya yang dihasilkan karena adanya debit air yang mengalir di aliran saluran dan adanya tinggi terjun antara bak penampung dan rumah pembangkit. Daya yang mampu dibangkitkan dapat dihitung dengan mengalikan gravitasi, debit air dan tinggi terjun. Sehingga dapat ditulis dengan persamaan (Dietzel, 1980):

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \# (2.4)$$

2.4.5 Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin adalah presentase seberapa baik turbin merubah energi air menjadi energi mekanik. Untuk menghitung efisiensi dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Dietzel, 1980):

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \# (2.5)$$

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PLTM Karai 7 yang terletak di Simanabun, Kecamatan Silau Kahean, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu pelaksanaan kegiatan penelitian ini dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 3. 1 Waktu kegiatan penelitian

No	Jenis Kegiatan	Waktu (Bulan)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Pengajuan Judul	■							
2.	Studi Literatur		■	■	■				
3.	Pembuatan Proposal			■	■	■			
4.	Seminar Proposal				■	■	■		
5.	Pengambilan Data					■	■	■	
6.	Analisa Data						■	■	■
7.	Seminar Hasil							■	■
8.	Sidang Sarjana								■

3.2 Bahan dan Alat

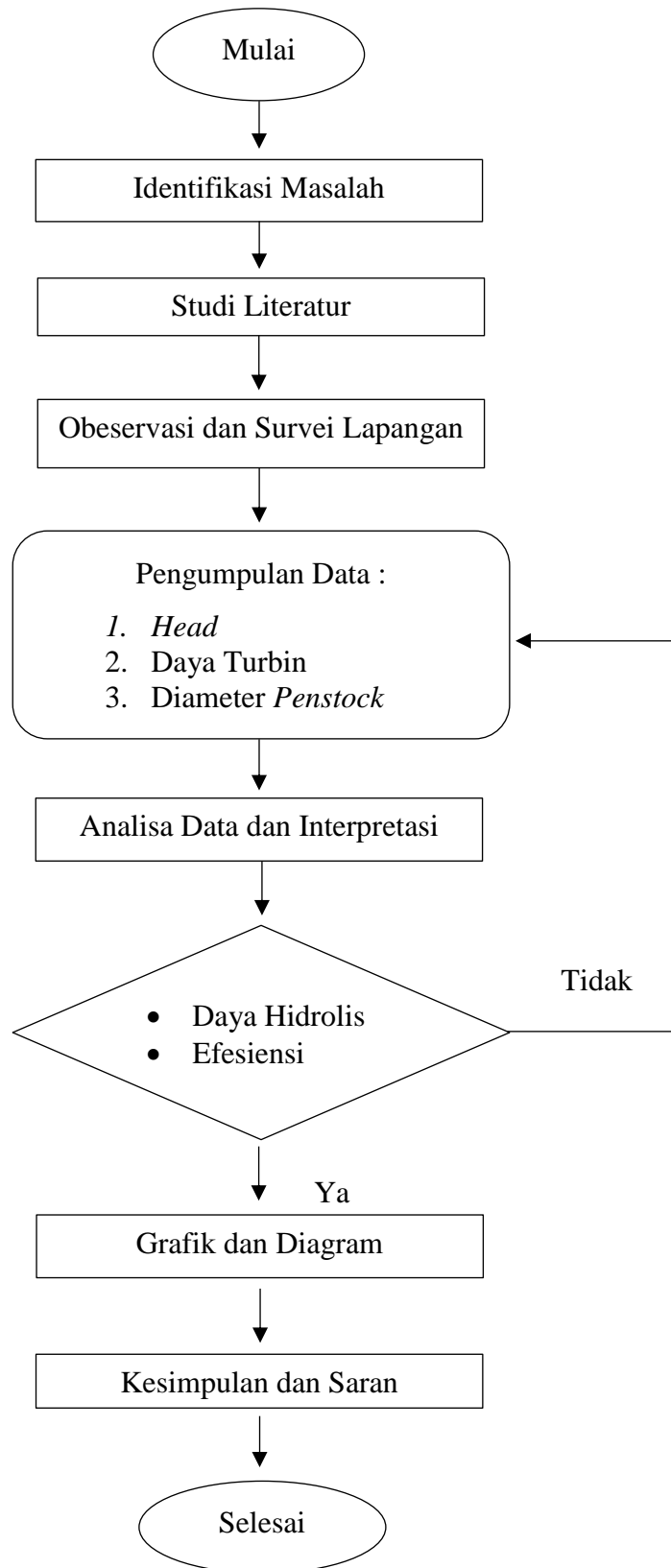
3.2.1 Bahan

1. *Head* maksimum 80,03 m
2. Daya turbin 4431 kW
3. Diameter *penstock* 111 cm

3.2.2 Alat

1. Turbin francis PLTM Karai 7
2. *Penstock* PLTM Karai 7
3. Generator PLTM Karai 7
4. Meteran

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan penelitian dimulai dari studi literatur terkait turbin francis dan performa PLTM.
2. Melakukan observasi lapangan dengan mengamati kondisi turbin, sistem saluran air dan melakukan wawancara.
3. Mengumpulkan data yang diperlukan.
4. Melakukan pengukuran diameter *penstock* menggunakan meteran.
5. Melakukan pengolahan data dan menganalisis data.
6. Membuat kesimpulan dan saran.

3.5 Variabel yang Akan Diteliti

Pada penelitian ini yang menjadi variabel yang akan diteliti adalah luas penampang, kecepatan aliran, debit air, daya hidrolis dan efisiensi turbin pada kinerja turbin di PLTMH Karai 7 Simalungun.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Data Spesifikasi PLTM Karai 7

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari spesifikasi teknis PLTM Karai 7. Adapun data utama yang digunakan dalam perhitungan kinerja turbin sebagai berikut:

- Tipe turbin = Francis
- *Head* maksimum = 80,03 m
- *Rate discharge* = 6,12 m³/s
- Daya turbin = 4431 kW
- Diameter *penstock* = 111 cm → 1,11 m
- Massa jenis fluida = 1000 kg/m³
- Konstanta gravitasi = 9,81 m/s²

4.1.2 Perhitungan Kinerja Turbin

1. Perhitungan untuk *Q Teoritis*

a. Luas Penampang *Penstock*

$$A = \frac{d^2 \pi}{4}$$
$$A = \frac{1,11^2 \times 3,14}{4}$$
$$A = \frac{3,868}{4}$$
$$A = 0,96 \text{ m}^2$$

b. Kecepatan Aliran

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$
$$V = \sqrt{2 \times 9,81 \times 80,03}$$
$$V = \sqrt{1.570,18}$$
$$V = 39,63 \text{ m/s}$$

c. Debit Air

$$Q = V \cdot A$$

$$Q = 39,63 \times 0,96$$

$$Q = 38 \text{ m}^3/\text{s}$$

d. Daya Hidrolis

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

$$P_h = 1000 \times 9,81 \times 38 \times 80,03$$

$$P_h = 29.833.583 \text{ Watt} \rightarrow 29.833 \text{ kW}$$

e. Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{4431}{29.833} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 14,85 \%$$

2. Perhitungan untuk $Q \text{ aktual} = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$

a. Daya Hidrolis

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

$$P_h = 1000 \times 9,81 \times 6,12 \times 80,03$$

$$P_h = 4.804.777,116 \text{ Watt} \rightarrow 4800 \text{ kW}$$

b. Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

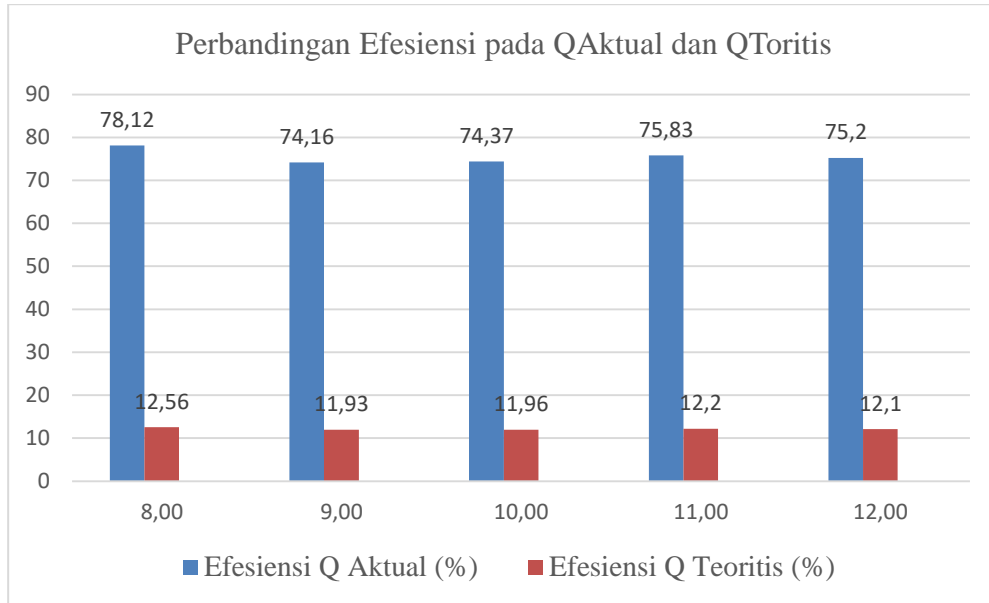
$$\eta_T = \frac{4431}{4800} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 92,31 \%$$

4.1.3 Grafik dan Diagram Hubungan Variabel

1. Perbandingan Efisiensi pada Debit Teoritis dan Debit Aktual

Pada penelitian ini, perbandingan terhadap efisiensi pada debit aktual dan debit teoritis PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun pada pukul 08:00 WIB – 12:00 WIB dapat dilihat dengan grafik pada Gambar 5.1 dibawah ini.

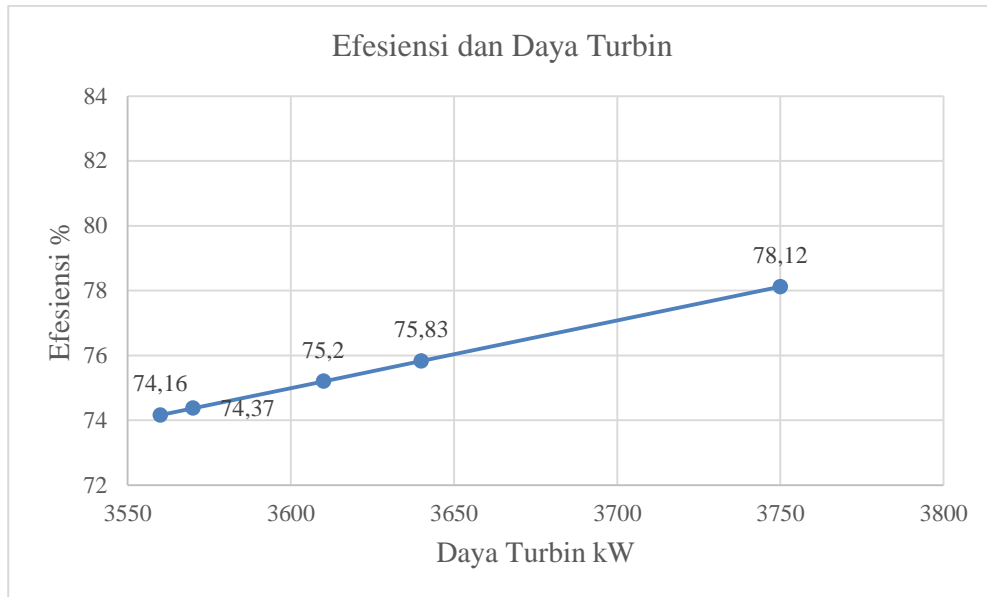


Gambar 5. 1 Perbandingan Efisiensi pada Q Aktual dan Q Teoritis

Berdasarkan grafik efisiensi debit yang telah dibuat, dapat dilihat bahwa efisiensi debit aktual berada pada kisaran 74,16% hingga 78,2%. Nilai efisiensi tertinggi terjadi pada pukul 08.00 yaitu 78,12%, sedangkan nilai terendah terjadi pada pukul 09.00 yaitu 74,16%. Secara umum, efisiensi aktual menunjukkan kondisi yang relatif stabil sepanjang waktu pengamatan. Sementara itu, efisiensi debit teoritis berada pada kisaran 11,93% hingga 12,56%, dengan nilai tertinggi pada pukul 08.00 dengan nilai 12,56% dan terendah pada pukul 09.00 dengan nilai 11,93%.

2. Hubungan Daya Turbin dan Efisiensi

Pada penelitian ini, hubungan antara daya turbin (P_T) dengan efisiensi PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun pada pukul 08:00 WIB – 12:00 WIB dapat dilihat dengan grafik pada Gambar 5.1 dibawah ini.

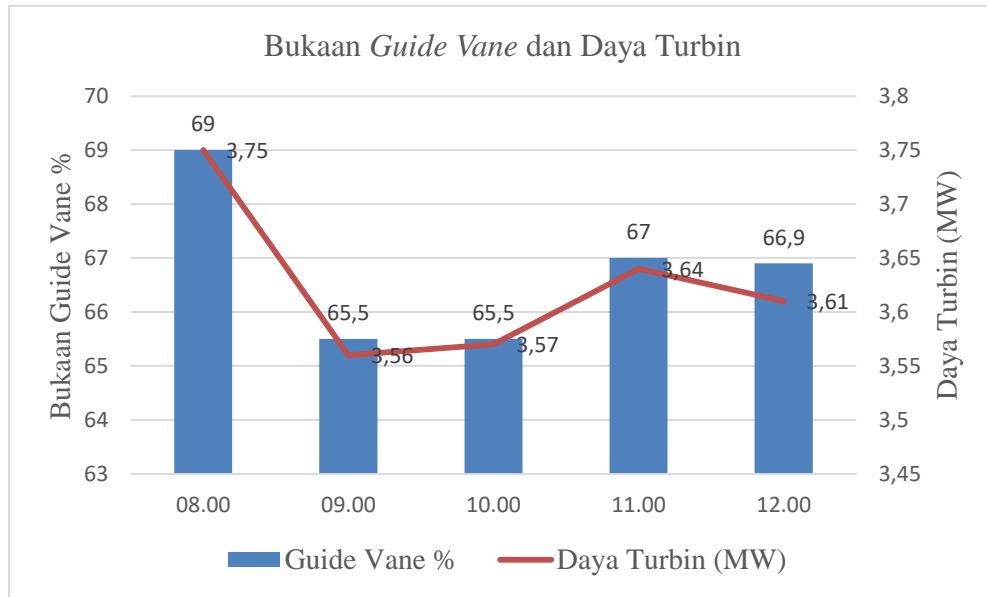


Gambar 5. 2 Hubungan Daya Turbin dan Efisiensi

Berdasarkan hasil pengamatan dan grafik yang diperoleh, dapat diketahui bahwa pada debit $6,2 \text{ m}^3/\text{s}$ yang merupakan debit aktual, dengan daya turbin 3560 kW menghasilkan efisiensi sebesar $74,16\%$. Pada daya turbin 3570 kW menghasilkan efisiensi sebesar $74,37\%$. Pada daya turbin 3610 kW menghasilkan efisiensi sebesar $75,20\%$. Pada daya turbin 3640 kW menghasilkan efisiensi sebesar $75,83\%$. Pada daya turbin 3750 kW menghasilkan efisiensi sebesar $78,12\%$.

3. Hubungan Bukaannya *Guide Vane* dan Daya Turbin

Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin adalah bukaannya *guide vane*, sehingga pada penelitian ini, dilakukan analisis hubungan antara bukaannya *guide vane* dan daya yang dihasilkan turbin (P_T) PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun pada pukul 08:00 WIB – 12:00 WIB yang dapat dilihat dengan diagram pada Gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5. 3 Hubungan Bukaan *Guide Vane* dan Daya Turbin

Berdasarkan dari grafik diatas, hubungan bukaan *guide vane* terhadap daya turbin di PLTM Karai 7 menunjukkan semakin besar pula daya yang dihasilkan turbin. Pada pukul 08.00 WIB, bukaan *guide vane* menghasilkan daya 3,75 MW. Pada pukul 09.00 WIB, bukaan *guide vane* menghasilkan daya 3,56 MW. Pada pukul 10.00 WIB, bukaan *guide vane* menghasilkan daya 3,57 MW. Pada pukul 11.00 WIB, bukaan *guide vane* menghasilkan daya 3,64 MW. Pada pukul 12.00 WIB, bukaan *guide vane* menghasilkan daya 3,61 MW.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Perbandingan Efisiensi pada Debit Teoritis dan Debit Aktual

Perbandingan efisiensi antara debit teoritis dan debit aktual pada PLTM Karai 7 menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi turbin dengan menggunakan debit teoritis hanya berada pada kisaran 11,93% – 12,56%, sedangkan efisiensi dengan debit aktual jauh lebih tinggi yaitu sekitar 74,16% – 78,12%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pendekatan teoritis belum mampu merepresentasikan kondisi kerja turbin yang sebenarnya di lapangan.

Perhitungan debit teoritis menghasilkan nilai yang jauh lebih besar, yaitu sekitar 38 m³/s, dibandingkan debit aktual sebesar 6,12 m³/s. Hal ini terjadi karena dalam perhitungan teoritis digunakan asumsi ideal, seperti tidak adanya kerugian

energi (*head loss*), aliran dianggap sempurna, serta tidak memperhitungkan faktor gesekan pada *penstock*, turbulensi, maupun kondisi mekanis turbin. Akibatnya, daya hidrolis yang dihasilkan menjadi sangat besar sehingga nilai efisiensi menjadi kecil.

Sebaliknya, pada debit aktual, perhitungan dilakukan berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Nilai debit yang lebih kecil justru menghasilkan efisiensi yang tinggi karena daya hidrolis yang dihitung lebih mendekati daya turbin yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem turbin bekerja cukup optimal pada kondisi operasional sebenarnya. Efisiensi yang tinggi ini juga menandakan bahwa konversi energi dari air menjadi energi mekanik berlangsung dengan baik dan kerugian energi masih dalam batas wajar.

Debit air pada kondisi ideal sangat mempengaruhi tercapainya efisiensi yang optimal, tetapi jika kondisi debit terlalu rendah atau tinggi maka efisiensi dari turbin akan menurun (Rahmawan, 2024). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa debit aktual lebih merepresentasikan kinerja nyata turbin dibandingkan debit teoritis. Perhitungan teoritis tetap penting sebagai dasar analisis, namun dalam evaluasi kinerja turbin, data aktual lapangan lebih relevan digunakan karena telah mempertimbangkan kondisi operasional yang sebenarnya.

4.2.2 Hubungan Daya Turbin dan Efisiensi

Berdasarkan hasil perhitungan, daya turbin yang dihasilkan pada PLTM Karai 7 berada pada rentang 3560 kW hingga 3750 kW, dengan efisiensi yang bervariasi antara 74,16% hingga 78,12%. Pola ini menunjukkan bahwa semakin tinggi daya turbin yang dihasilkan, efisiensi juga meningkat hingga mencapai titik optimal. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja turbin paling baik dicapai pada daya 3750 kW dengan efisiensi 78,12%. Sesuai dengan karakteristik turbin Francis, di mana efisiensi tertinggi biasanya dicapai pada daya dan debit rencana (*design point*) (Rahmawan, 2024).

Fenomena tersebut dapat dijelaskan melalui teori konversi energi. Pada saat debit air yang masuk ke turbin sesuai dengan kapasitas rencana, maka energi potensial air dapat diubah menjadi energi mekanik dengan kehilangan (*losses*) yang minimal. Sebaliknya, ketika daya yang dihasilkan lebih rendah dari kapasitas

rencana, sebagian energi air tidak termanfaatkan secara optimal, sehingga efisiensi cenderung menurun (Basori et al., 2016).

Hasil penelitian ini sejalan dengan studi Sukur & Djamalu (2023), yang menemukan bahwa efisiensi turbin PLTM menurun apabila debit aktual lebih kecil atau lebih besar dari debit rencana akibat adanya ketidaksesuaian pada bukaan *guide vane* dan kerugian gesekan di *penstock*.

4.2.3 Hubungan Bukaan *Guide Vane* dan Daya Turbin

Bukaan *guide vane* berfungsi sebagai pengatur debit air yang masuk ke runner turbin. Dari grafik terlihat bahwa semakin besar bukaan *guide vane*, semakin besar pula daya turbin yang dihasilkan. Misalnya, pada pukul 08.00 WIB daya mencapai 3,75 MW, sementara pada bukaan yang lebih kecil (pukul 09.00 – 12.00 WIB) daya berkisar antara 3,56 – 3,64 MW.

Guide vane berperan penting dalam mengatur jumlah debit air yang masuk ke runner turbin. Dari grafik hubungan *guide vane* dengan daya turbin, terlihat bahwa semakin besar bukaan *guide vane*, daya turbin juga meningkat. Hal ini terjadi karena debit air yang masuk ke turbin bertambah, sehingga energi potensial dan kinetik yang tersedia untuk menggerakkan runner juga meningkat (EIProCus, 2022).

Namun, peningkatan daya ini tidak selalu linear dengan efisiensi. Apabila bukaan *guide vane* terlalu besar, risiko terjadinya turbulensi aliran air dan kavitasi meningkat, yang justru dapat menurunkan efisiensi turbin (Hamdani Putra, 2021). Oleh karena itu, pengoperasian *guide vane* perlu dijaga agar sesuai dengan debit rencana turbin.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan kinerja turbin francis di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Debit teoritis sebesar 38 m³/s berbeda jauh dari debit aktual 6,12 m³/s, sehingga efisiensi teoritis hanya 14,85%, sedangkan efisiensi aktual mencapai 92,31%. Hal ini menunjukkan perhitungan teoritis tidak memperhitungkan kerugian energi dan kondisi lapangan.
2. Hubungan daya turbin dengan efisiensi menunjukkan bahwa efisiensi meningkat seiring kenaikan daya hingga mencapai titik optimal pada daya sekitar 3,75 MW dengan efisiensi 78,12%.
3. Bukaannya *guide vane* berpengaruh langsung terhadap daya turbin. Semakin besar bukaan *guide vane*, semakin besar daya yang dihasilkan. Namun, jika bukaan terlalu besar, potensi kerugian energi meningkat akibat turbulensi dan kavitasi.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perbedaan signifikan antara debit teoritis dan debit aktual berpengaruh besar sehingga diperlukan pemeliharaan dan inspeksi rutin untuk menekan *head loss*.
2. Untuk menjaga stabilitas kinerja PLTM, pemantauan debit air sungai secara kontinyu perlu dilakukan terutama di musim kemarau atau saat fluktuasi debit, sehingga dapat diprediksi potensi penurunan daya dan efisiensi.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji pengaruh faktor lingkungan (misalnya kandungan sedimen atau kualitas air) terhadap performa turbin, karena kondisi ini juga dapat menurunkan efisiensi dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A., & Kuwahara, S. (2004). *Buku pegangan teknik tenaga listrik*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Basori, Wismanto Setyadi, & Ferdiana, R. (2016). Analisis unjuk kerja turbin air pada pusat Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan kapasitas 70 MW. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 3(3), 131–134. <https://doi.org/10.21009/jkem.3.3.3>
- Bryan, S. (2017). *Perencanaan teknis PLTM Karai 7 di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara*. Institute Teknologi Bandung. Diambil dari <https://digilib.itb.ac.id/gdl/view/24374/>
- Dietzel, F. (1980). *Turbin pompa dan kompresor*. Jakarta: Erlangga.
- Efransyah, R. A. (2025). Memahami Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH). Diambil 6 Juli 2025, dari <https://www.kelasteknisi.com/2024/06/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh.html>
- ElProCus. (2022). Francis turbine: constructions, working and it applications. Diambil 9 Juli 2025, dari <https://www.elprocus.com/francis-turbine/>
- Engineering. (n.d.). Mengenal Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
- Ferro, A. (2024). Analisis pengaruh debit air terhadap efisiensi turbin peltun dengan 32 sudu pada PLTMH, 4(November), 205–212.
- Hamdani Putra, R. (2021). *Analisa tingkat kavitasi turbin francis di PT.PLN (Persero) PLTA Batang Agam*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Diambil dari <http://eprints.umsb.ac.id/943/>
- Hasriani, L, M. S., & Jafar, A. F. (2017). Penerapan media Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) terhadap keterampilan siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 89–95.
- Hidayat. (2017). *Mikrohidro*. Padang: Bung Hatta University Press.
- Kementrian ESDM. (2023). Laporan kinerja DITJEN EBTKE. <Http://Kemdikbud.Go.Id/>, 4(Mei), 197. Diambil dari <https://www.menpan.go.id/site/publikasi/unduh-dokumen-2/akuntabilitas-kinerja/laporan-kinerja/file/6647-laporan-kinerja-lakip-2021>
- Mokhtar, S., Suhardi, D., & Eff, M. (2022). *Pembangkit Listrik Tenaga Mini dan*

Mikro Hidro (PLTM & PLTMH). Malang: UMMPress.

Penche, C., & Minas, D. I. de. (1998). *Layman's Guidebook on How to develop a small hydro site*. Brussel: European Small Hydropower Association.

Rahmawan, I. (2024). *Analisa kinerja turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

Sukur, M. A., & Djamalu, Y. (2023). Analisis Kinerja Sistem Turbin Pembangkit Listrikmini Hidro (PLTM) Taluda'a Kabupaten Bone Bolango Gorontalo. *Journal of Energy and Mechanical Engineering*, 1(1), 7–11. <https://doi.org/10.62299/jeme.vi.3>

LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Dokumentasi Pra Penelitian



Lampiran 1.2 Pengukuran *Penstock*



Lampiran 1.3 Log Sheet PLTM Karai 7

global karai PT. GLOBAL KARAI ENERGI		LOG SHEET PLTM KARAI 7 UNIT 1 (SATU)												DOC NO : REV : HARI : TANGGAL :									
JAM	GUIDE VANE (%)	RPM	FREQ. (Hz)	LOAD (MW)	MVAR	COS φ	TEG. GENERATOR (kV)			ARUS (A)			EXCITATION			MW	MVAR	COS φ	JARINGAN (GRID)			ARUS (A)	WAKTU
							R	S	T	R	S	T	(Volt)	(Amp.)	MW				MVAR	COS φ	R		
8:00	61.0	712	50	3.95	0.32	0.99	6.74	6.74	6.81	371	316	308	4.11	6.00	6.94	0.96	20.99	21.6	21.6	17.5	18.3	17.7	1.00
9:00	61.4	748	50	3.86	0.78	0.97	6.76	6.76	6.81	316	316	299	30.59	6.57	6.38	1.15	20.03	20.97	20.97	17.0	18.3	17.6	1.00
10:00	61.6	751	50	3.54	0.97	0.97	6.76	6.76	6.81	320	322	324	31.44	6.80	6.43	1.41	20.99	20.94	20.87	18.0	18.7	17.1	1.00
11:00	61.0	742	50	3.64	1.11	0.96	6.76	6.76	6.81	326	329	311	33.44	6.89	6.43	1.58	20.94	20.90	20.84	18.4	19.0	18.0	1.00
12:00	61.9	741	50	3.61	1.01	0.96	6.76	6.76	6.81	322	324	306	33.44	6.76	6.43	1.58	20.97	20.94	20.89	17.6	18.4	17.4	1.00
13:00	68.9	740	50	3.44	0.82	0.97	6.76	6.76	6.80	309	308	291	31.52	6.49	6.21	1.19	20.81	20.97	20.90	19.1	18.0	17.6	1.00
4:00	65.9	753	50	3.57	1.13	0.94	6.75	6.75	6.80	324	326	309	31.88	6.89	6.38	1.79	20.88	20.85	20.79	18.2	19.7	18.8	1.00
5:00	65.0	751	50	3.59	1.06	0.95	6.75	6.75	6.80	323	326	308	31.44	6.84	6.10	1.69	20.72	20.88	20.83	19.2	19.7	18.3	1.00

DIKETAHUI OLEH:

DIPERIKSA OLEH:

DIBUAT OLEH:

AHMAD RIFAI
PLANT MANAGER

TAUFAN NAINGGOLAN
Supervision

Operator Shift Pagi

Operator Shift Malam

Taufan Nainggolan

Agus

Agus



Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 1.4 Perhitungan

A. Perhitungan Pada Debit Teoritis

1. Perhitungan pada pukul 08.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,75 \text{ MW} \rightarrow 3750 \text{ kW}$$

$$Q \text{ teoritis} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 29.833.583 \text{ Watt} \rightarrow 29.833 \text{ kW}$$

Efisiensi:

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3750}{29.833} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 12,56 \%$$

2. Perhitungan pada pukul 09.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,56 \text{ MW} \rightarrow 3560 \text{ kW}$$

$$Q \text{ teoritis} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 29.833.583 \text{ Watt} \rightarrow 29.833 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3560}{29.833} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 11,93 \%$$

3. Perhitungan pada pukul 10.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,57 \text{ MW} \rightarrow 3570 \text{ kW}$$

$$Q \text{ teoritis} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 29.833.583 \text{ Watt} \rightarrow 29.833 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3570}{29.833} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 11,96 \%$$

4. Perhitungan pada pukul 11.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,64 \text{ MW} \rightarrow 3640 \text{ kW}$$

$$Q \text{ teoritis} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 29.833.583 \text{ Watt} \rightarrow 29.833 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3640}{29.833} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 12,20 \%$$

5. Perhitungan pada pukul 12.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,61 \text{ MW} \rightarrow 3610 \text{ kW}$$

$$Q \text{ teoritis} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 29.833.583 \text{ Watt} \rightarrow 29.833 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3610}{29.833} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 12,10 \%$$

B. Perhitungan Pada Debit Teoritis

1. Perhitungan pada pukul 08.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,75 \text{ MW} \rightarrow 3750 \text{ kW}$$

$$Q \text{ aktual} = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 4.804.777,116 \text{ Watt} \rightarrow 4800 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3750}{4800} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 78,12 \%$$

2. Perhitungan pada pukul 09.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,56 \text{ MW} \rightarrow 3560 \text{ kW}$$

$$Q \text{ aktual} = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 4.804.777,116 \text{ Watt} \rightarrow 4800 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3560}{4800} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 74,16 \%$$

3. Perhitungan pada pukul 10.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,57 \text{ MW} \rightarrow 3570 \text{ kW}$$

$$Q \text{ aktual} = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 4.804.777,116 \text{ Watt} \rightarrow 4800 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3570}{4800} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 74,37 \%$$

4. Perhitungan pada pukul 11.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,64 \text{ MW} \rightarrow 3640 \text{ kW}$$

$$Q \text{ aktual} = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 4.804.777,116 \text{ Watt} \rightarrow 4800 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3640}{4800} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 75,83 \%$$

5. Perhitungan pada pukul 12.00 WIB

Diketahui:

$$P_T = 3,61 \text{ MW} \rightarrow 3610 \text{ kW}$$

$$Q \text{ aktual} = 6,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_h = 4.804.777,116 \text{ Watt} \rightarrow 4800 \text{ kW}$$

Efisiensi

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_h} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = \frac{3610}{4800} \cdot 100 \%$$

$$\eta_T = 75,20 \%$$



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Eksistensi Baru di Aja di bujukan nomor dan tangganya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/AK.Pp/PT/11/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 940/IL3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 04 Juni 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : HAFIZH EL ZACHRIE
Npm : 2007230183
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 8 (DELAPAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KINERJA TURBIN AIR DI PLTMH KARAI 17
KABUPATEN SIMALUNGUN

Pembimbing : Dr KHAIRUL UMURANI ST.MT .

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 21 Dzulhijjah 1446 H
18 Juni 2025 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

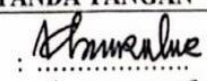





Judul : Analisis Kinerja Turbin Air di PLTM Karai 7 Kabupaten Simalungun
 Nama : Hafizh El Zachrie
 NPM : 2007230183
 Dosen Pembimbing : Dr. Khairul Umurani S.T., M.T.

No	Hari/ Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pembelian Spesifikasi tugas Akhir	h
		- Perbaiki Pendahuluan	h
		- Perbaiki rumusan dan tujuan penelitian	h
		- Perbaiki tinjauan pustaka	h
		- Perbaiki persamaan-persamaan	h
		- Perbaiki Metode penelitian	h
		- Ate. Seminar proposal	h
		- Perbaiki hasil	h
		- Perbaiki kesimpulan	h
		- Ate, seminar hasil	h

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU**

Peserta seminar

Nama : Hafizh El Zachrie
 NPM : 2007230183
 Judul Tugas Akhir : Analisis Kinerja Turbin Air Di PLTM Kasai 7
 Kabupaten Simalungun .

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing	:	Dr Khairul Umurani ST.MT	: 
Pembanding I	:	Dr Munawar A Siregar ST.MT	: 
Pembanding II	:	Dr Suherman ST.MT	: 
..			
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230010	FERRI RONALDO	
2	2207230104	RAIHAN ARDHAN DJALIL	
3	2207230046	Andre Summa Atmaja	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 17 Ramadhan 1447 H
06 Maret 2026 M

Ketua Prodi T. Mesin


Chandra A Siregar ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Hafizh El Zachrie
NPM : 2007230183
Judul Tugas Akhir : Analisa Kinerja Turbin Air Di PLTM Kasai 7 Kabupaten Simalungun .

Dosen Pembanding – I : Dr Munawar A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – II : Dr Suherman ST.MT
Dosen Pembimbing – : Dr . Khairul Umurani ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Perbaikan: Bab I dan III
Perbaikan: Bab Hasil dan Pembahasan
Perbaikan: Kesimpulan dan Saran

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan, 17 Ramadhan 1447 H
06 Maret 2026 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar ST.MT



Dr Suherman ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Hafizh El Zachrie
NPM : 2007230183
Judul Tugas Akhir : Analisa Kinerja Turbin Air Di PLTM Kasai 7 Kabupaten Simalungun .

Dosen Pembanding – I : Dr Munawar A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – II : Dr Suherman ST.MT
Dosen Pembimbing – : Dr . Khairul Umurani ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

- Perbaikan Analisa kinerja yg di ingatkan
- Jelaskan Variabel yg kontra pembebasan
- Pendekatan masalah dan juga judul turbin

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan, 17 Ramadhan 1447 H
06 Maret 2026 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding- 1



Dr Munawar A Siregar ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Hafizh El Zachrie
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 07 Oktober 2002
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status Perkawinan : Belum Menikah
Agama : Islam
Kewarnageraan : Indonesia
Anak Ke : 2 dari 4 saudara
Alamat : Jl. K.L. Yos Sudarso KM 9,2 Link
12 Mabar
E-mail : helzachrie@gmail.com
No. Hp : 088261000025

B. Nama Orang Tua

Nama Ayah : Irpan
Pekerjaan Ayah : Pegawai Swasta
Nama Ibu : Julinawati Pane
Pekerjaan Ibu : Pegawai Swasta
Alamat : Jl. K.L. Yos Sudarso KM 9,2 Link
12 Mabar

C. Riwayat Pendidikan

1. SD Swasta Bahagia 2007 - 2010
2. MTS Negeri 3 Medan 2010 - 2014
3. SMA Swasta Dharmawangsa Medan 2014 - 2020
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 2020 - 2026