

Tinjauan Kelayakan Operasional PLTMH Pada Sungai Batang Senamat Ulu

Devit Rahmawati¹, Suci Rahmadini Yati Putri², Ade Kurnia Putri², Ari Endra Nasution², Arnita³

¹Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik, Universitas Muara Bungo
Kabupaten Bungo Jambi, Indonesia, 37212

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muara Bungo
Kabupaten Bungo Jambi, Indonesia, 37212

³Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta
Gunung Pangilun Padang, Indonesia, 25131
E-mail: deviteriafiqrara@gmail.com*

Abstract

This study discusses the operational feasibility of the Micro Hydro Power Plant (PLTMH) located on the Batang Senamat Ulu River, Senamat Ulu Village, Bathin III Ulu District, Bungo Regency. The objectives of this research are to determine the water potential in terms of discharge and head, to assess operational performance, and to analyze the economic aspects using the Payback Period (PP) and Net Present Value (NPV) methods. The data were obtained from field measurements and secondary information from the PLTMH management. The results show a water discharge of 2.08 m³/s and an effective head of 1.47 m. The 30 kW PLTMH supplies 27 kW of power to 104 houses, each paying a monthly fee of Rp50,000. The economic analysis indicates a PP of 30 years and an NPV of -Rp 811,650,000. Financially, the project is less profitable; however, from social and environmental perspectives, it is considered feasible as it enhances community energy independence and welfare.

Keywords: PLTMH, effective head, operational feasibility, NPV, PP

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang kelayakan operasional Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Batang Senamat Ulu, Desa Senamat Ulu, Kecamatan Bathin III Ulu, Kabupaten Bungo. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui potensi air berupa debit dan Head, menilai kinerja operasional, serta menganalisis aspek ekonomi melalui perhitungan Payback Period (PP) dan Net Present Value (NPV). Data diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan serta data sekunder dari pengelola PLTMH. Hasil penelitian menunjukkan debit air sebesar 2,08 m³/s dan head efektif 1,47 m. PLTMH berkapasitas 30 kW menyalurkan daya 27 kW kepada 104 rumah dengan iuran Rp50.000 per bulan. Berdasarkan analisis ekonomi, diperoleh PP selama 30 tahun dan NPV sebesar -Rp 811.650.000. Secara finansial proyek ini sangat kurang menguntungkan, namun dari sisi manfaat sosial dan lingkungan, PLTMH dinilai layak untuk dilanjutkan karena mampu meningkatkan kemandirian energi dan kesejahteraan masyarakat.

Kata kunci: PLTMH, Head efektif, kelayakan operasional, NPV, PP

1. Pendahuluan

Makhluk hidup seperti manusia, hewan serta tumbuhan yang ada di muka bumi membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya. Salah satu sumber air dalam kehidupan di bumi adalah sungai. Air sungai mengalir dari dataran tinggi menuju dataran rendah. Indonesia termasuk negara yang memiliki banyak sungai, baik di kota maupun di desa, yang kemudian bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan energi listrik. Hampir seluruh sektor kehidupan seperti rumah tangga, pendidikan, kesehatan, industri, dan jasa sangat bergantung pada pasokan listrik yang stabil dan

andal serta sangat penting dalam menunjang aktivitas manusia. Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi, permintaan energi listrik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya [1].

Meskipun secara nasional rasio elektrifikasi Indonesia mengalami peningkatan signifikan, masih terdapat wilayah-wilayah terpencil yang belum sepenuhnya terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Keterbatasan tersebut umumnya disebabkan oleh faktor geografis yang sulit dijangkau, biaya pembangunan infrastruktur yang tinggi, serta rendahnya jumlah pelanggan di wilayah pedesaan

yang membuat investasi kurang ekonomis [2].

Salah satu solusi yang banyak dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan pasokan listrik di daerah terpencil adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan energi potensial air dari aliran sungai atau saluran irigasi dengan memanfaatkan perbedaan ketinggian (head) dan debit aliran untuk menggerakkan turbin, yang kemudian menggerakkan generator listrik [3].

Keunggulan PLTMH antara lain :

1. Memanfaatkan energi terbarukan yang berasal dari siklus hidrologi.
2. Ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca.
3. Biaya operasional rendah karena tidak membutuhkan bahan bakar fosil.
4. Dapat memberdayakan masyarakat setempat melalui pengelolaan swadaya.

Salah satu contoh penerapan PLTMH adalah di Dusun Senamat Ulu, Kecamatan Batin III Ulu, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Pembangkit listrik ini didirikan pada akhir tahun 2013 dengan bantuan dana APBD sebesar Rp 1,5 miliar dan memiliki kapasitas sebesar 30.000 watt, yang diresmikan oleh Sekda Bungo Ridwan Is pada Minggu (4/5). Peresmian tersebut turut dihadiri oleh Ketua Komisi Bidang Energi dan Lingkungan Parlemen Norwegia Ola Elvestuen, perwakilan Kedutaan Besar Norwegia, serta Komunitas Konservasi Indonesia (KKI) WARSI [4].

Desa Senamat Ulu saat ini telah memanfaatkan PLTMH sebagai sumber energi listrik utama dengan kapasitas terpakai sebesar 27.000 watt yang disalurkan kepada 104 rumah dari total 169 rumah. Setiap rumah memperoleh daya sebesar 220 watt dengan iuran bulanan Rp 50.000, yang digunakan untuk perawatan, honor pengurus, dan kas desa [4].

Namun demikian, beberapa fasilitas umum seperti sekolah dan kantor desa kini telah terhubung dengan jaringan listrik PLN dengan daya sekitar 1.300 VA. Kondisi ini menunjukkan bahwa jaringan PLN sudah menjangkau sebagian wilayah, namun belum seluruhnya karena keterbatasan topografi dan jarak distribusi. Oleh sebab itu, masyarakat masih sangat bergantung pada sistem PLTMH yang dibangun secara swadaya dan dikelola bersama oleh warga.

Berdasarkan kondisi tersebut, penting dilakukan tinjauan terhadap kelayakan operasional PLTMH pada Sungai Batang Senamat Ulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja, menilai potensi air, menghitung biaya yang dikeluarkan masyarakat, serta menganalisis kelayakan ekonomi melalui parameter *Net Present Value* (NPV) dan *Payback Period* (PP).

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini berfokus pada evaluasi kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Senamat Ulu, potensi sumber daya air yang tersedia di Sungai Batang Senamat Ulu, serta analisis biaya yang ditanggung

oleh masyarakat sebagai pengguna listrik PLTMH tersebut. Selain itu, penelitian ini juga membahas aspek kelayakan ekonomi melalui perhitungan *Payback Period* (PP) dan *Net Present Value* (NPV) guna mengetahui tingkat pengembalian investasi dan manfaat ekonomi dari pengoperasian PLTMH Senamat Ulu.

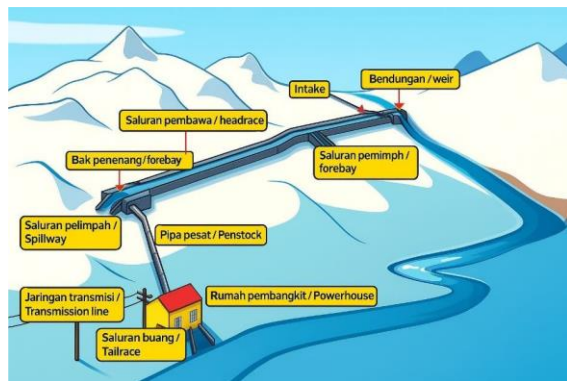
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya debit air dan tinggi jatuh air (head) yang tersedia di Sungai Batang Senamat Ulu sebagai sumber energi utama PLTMH. Penelitian ini juga bertujuan untuk menilai kelayakan operasional PLTMH berdasarkan kondisi eksisting, serta melakukan analisis ekonomi melalui perhitungan biaya listrik yang ditanggung oleh masyarakat pengguna, *Payback Period* (PP), dan *Net Present Value* (NPV) guna mengetahui kelayakan finansial sistem PLTMH tersebut.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja PLTMH Senamat Ulu, khususnya dalam hal kemampuan pembangkitan energi dan kesesuaian antara energi yang dihasilkan dengan energi yang dikonsumsi oleh masyarakat. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi, rujukan, dan pertimbangan bagi pengelola PLTMH dalam meningkatkan efektivitas pengoperasian, sehingga pembangkit dapat beroperasi secara lebih optimal dan menghasilkan daya listrik yang maksimal.

Untuk menjaga fokus dan ruang lingkup penelitian, maka penelitian ini dibatasi pada evaluasi PLTMH yang berlokasi di Desa Senamat Ulu. Analisis dilakukan berdasarkan data primer berupa hasil pengukuran debit air dan tinggi jatuh air (head) di lapangan, serta data sekunder yang diperoleh dari pengelola PLTMH. Penelitian ini tidak mencakup perancangan ulang atau modifikasi komponen PLTMH, melainkan hanya mengevaluasi kondisi eksisting sistem. Selain itu, pembahasan mengenai pemilihan material turbin tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.

Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi yang berasal dari aliran air, waduk atau bendungan, atau saluran irigasi yang pembangunannya bersifat multiguna dengan kapasitas kurang dari 1 MW (satu Megawatt). Kapasitasnya tidak lebih besar daripada Pembangkit Listrik Tenaga Air atau PLTA sehingga dapat dijadikan energy alternatif. Namun, tetap menggunakan sumber daya yang sudah ada di alam yaitu air [5].



Gambar 1. Prinsip Kerja PLTMH
(Sumber: <https://www.kajianpustaka.com>)

Komponen PLTMH

1. Bendungan, Menampung dan menahan air untuk diolah menjadi energi.
2. *Sand Trap* (Saringan), Mengendapkan sedimen agar tidak merusak turbin.
3. Intake (Pintu Pengambilan Air), Mengalirkan air dari sumber ke saluran pembawa.
4. Pipa Pesat (*Penstock*), Menyalurkan air bertekanan tinggi ke turbin.
5. Katup Utama (*Main Inlet Valve*), Mengontrol aliran air masuk turbin.
6. *Power House*, Tempat turbin dan generator, serta pusat pengendalian operasi PLTMH.

Pemilihan Lokasi PLTMH

Faktor penting:

- a. Debit air (Q): Volume air per detik yang tersedia.
- b. Tinggi jatuh air (H): Beda ketinggian air yang mempengaruhi energi potensial.
- c. Kondisi geologi: Stabilitas tanah untuk konstruksi bendungan dan saluran.
- d. Faktor sosial-ekonomi : Penerimaan masyarakat dan biaya pembangunan

Turbin Air

Turbin mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Jenis turbin :

1. Impuls: Contoh Pelton dan Turgo, energi air diubah menjadi kecepatan tinggi.
2. Reaksi: Contoh Francis dan Kaplan, energi air diubah menjadi tekanan dan gerak putar.

Daya turbin dihitung dengan:

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

Dimana:

P = Daya Turbin (Watt)

ρ = Densitas Air (kg/m^3)

H = Tinggi Air Pada Reservoir (m)

Q = Debit (m^3/s)

g = Gravitasi (m/s^2)

Aspek Lingkungan dan Sosial PLTMH

- Lingkungan: Perubahan aliran sungai, sedimentasi, dan ekosistem akuatik.
- Sosial: Keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan, biaya operasional berkelanjutan.

Analisis Ekonomi

Selisih nilai sekarang arus kas masuk dan arus kas keluar.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0$$

Dimana:

NPV = *Net Present Value* (Rp)

R_t = Arus kas bersih tiap tahun

η = umur proyek

C_0 = Biaya investasi awal

i = diskonto

PP (*Payback Period*)

Payback Period adalah jangka waktu yang diperlukan untuk pengambilan nilai investasi yang telah di keluarkan.

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Biaya investasi awal}}{\text{Pendapatan bersih per tahun}}$$

2. Metodologi

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Senamat Ulu, Kecamatan Bathin III Ulu, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Lokasi ini dipilih karena memiliki PLTMH dengan kapasitas 30.000watt yang sudah beroperasi dan menjadi sumber listrik utama bagi sebagian masyarakat desa.



Gambar 2. Lokasi penelitian
(Sumber: Google Earth, tahun 2025)

Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

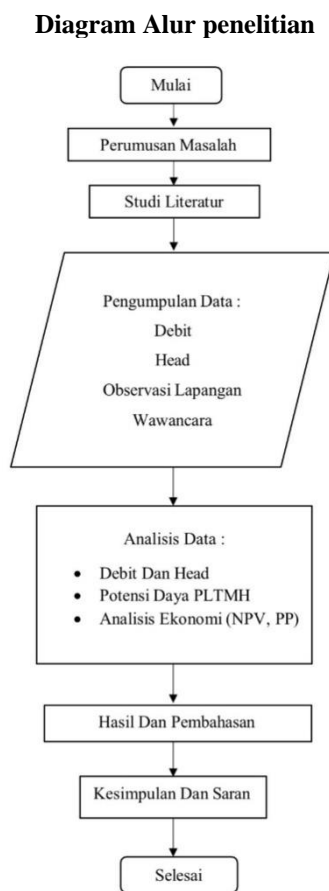
- Debit aliran di pipa *Penstock* (Q)
- Tinggi jatuh air

2. Data Sekunder

- Data kapasitas PLTMH, jumlah rumah pelanggan, tarif iuran, serta data operasional dari pengelola PLTMH.
- Informasi biaya, gaji pengurus, dan pengeluaran operasional.

Metode Pengolahan Data

Data yang diperoleh diolah baik primer dimasukkan ke dalam rumus empiris, kemudian data dari perhitungan disajikan dalam bentuk tabulasi dan dari perhitungan tersebut dapat diketahui besarnya potensi yang dapat digunakan sebagai PLTMH untuk Sungai Batang Senamat Ulu. Berikut di bawah ini adalah gambar diagram alir metode penelitian.



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan Umum

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Desa Senamat Ulu saat ini hanya beroperasi hingga melayani sekitar 104 rumah penduduk. Distribusi daya listrik berhenti pada jumlah tersebut karena kapasitas daya terpasang sebesar 30.000 watt dengan daya tersalurkan sebesar 27.000 watt sudah mencapai batas kemampuan sistem.

Perhitungan Debit

$$Q = A \cdot V$$

- Diameter Pipa Pengalir = 0,8m
- Kecepatan air di pipa pengalir = 4,14m/s

Hitung luas penampang pipa pengalir (A)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times (0,8)^2}{4} = 0,5024 \text{ m}^2$$

Debitair(Q)

$$Q = A \times V = 0,5024 \times 4,14 = 2,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

Menghitung Head efektif

$$H = \frac{P_h}{\eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q} = \frac{30.000}{1000 \times 9,81 \times 2,08} = 1,47 \text{ m}$$

Head loss (H_l)

$$H_L = \text{Head total} - \text{Head efektif} \\ = 2 - 1,47 = 0,53 \text{ m}$$

Biaya yang ditanggung penduduk

Tabel 1. Biaya yang ditanggung penduduk

Keterangan	Nilai
Jumlah pelanggan	104 rumah
Iuran perumah	Rp50.000/ bulan
Total iuran/bulan	104×50.000=Rp 5.200.000

Sumber: TFCA Sumatra

Rincian Biaya Operasional

Tabel 2. Data Rincian Biaya Operasional

Keterangan	Biaya	Waktu	Jumlah
Gaji	RP 500.000	12 bulan	Rp 6.000.000
Pemeliharaan	Rp 3.000.000	1 tahun	Rp 3.000.000
Administrasi	Rp 2.000.000	1 tahun	Rp 2.000.000
Dana cadangan	Rp 1.400.000	1 tahun	Rp 1.400.000
Total		1 tahun	Rp 12.400.000

Sumber: Data pribadi di lapangan terlampir, 19 Juli 2025

Payback Period (PP)

Total iuran per bulan :

$$104 \text{ rumah} \times \text{Rp } 50.000,- = \text{Rp } 5.200.000,-$$

Pendapatan kotor pertahun :

$$Rp\ 5.200.000 \times 12 = Rp\ 62.400.000,-$$

Pendapatan bersih pertahun :

$$Rp\ 62.400.000 - Rp\ 12.400.000, = Rp\ 50.000.000,-$$

$$PP = \frac{\text{Biaya Investasi awal}}{\text{Pendapatan bersih per tahun}}$$

$$= \frac{Rp.1.500.000.000}{Rp.50.000.000} = 30 \text{ tahun}$$

Dengan pendapatan bersih Rp 50 juta per tahun, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi sebesar Rp 1,5 miliar adalah 30 tahun.

$$NPV (\text{Net Present Value}) = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - C_0$$

Diketahui :

Investasi awal (C_0) = Rp 1.500.000.000 ,-

Pendapatan bersih pertahun (R_t) = Rp. 50.000.000

Umur proyek (n)= 30 tahun

Tingkat diskonto (i) = 6%

Karena nilai pendapatan bersih tahunan (R_t) yang diperoleh dari hasil operasi PLTMH adalah sama setiap tahun, maka perhitungan nilai sekarang total dari seluruh pendapatan bersih proyek.

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

$$= Rp\ 50.000.000 \times \frac{1 - (1 + 0,06)^{-30}}{0,06}$$

$$= Rp\ 50.000.000 \times \frac{1-0,174}{0,06}$$

$$= Rp\ 50.000.0000 \times 13,767$$

$$\approx Rp\ 688.350.000,-$$

Maka NPV :

$$NPV = Rp\ 688.350.000 - Rp\ 1.500.000.000,-$$

$$\approx -Rp\ 811.650.000,-$$

Nilai NPV bernilai negative sebesar Rp 811.650.000. Secara financial murni, proyek ini kurang menguntungkan. Namun, karena PLTMH ini memiliki manfaat sosial dan lingkungan yang tinggi (penyediaan listrik untuk 104 rumah, pengurangan polusi, dan kemandirian energy desa), maka proyek tetap layak dijalankan dari sisi non-finansial.

4. Simpulan

1. Kinerja PLTMH Senamat Ulu dengan kapasitas terpasang 30 kW mampu

menyalurkan daya rata-rata sebesar 27 kW untuk melayani 104 rumah. Setiap rumah memperoleh alokasi daya 220 watt dengan iuran bulanan Rp50.000. Sistem ini telah beroperasi lebih dari 10 tahun dengan kondisi relatif stabil.

2. Potensi air Berdasarkan hasil pengukuran, maka debit air yang dimanfaatkan sekitar 2,08 m³/s dengan head efektif 1,47 m. Hasil ini menunjukkan bahwa potensi energi air di Sungai Batang Senamat Ulu cukup untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan daya listrik sesuai kebutuhan masyarakat.
3. Dengan jumlah pelanggan 104 rumah, diperoleh total iuran sekitar Rp 62,4 juta per tahun. Setelah dikurangi biaya operasional tahunan sebesar Rp 12,4 juta, maka pendapatan bersih yang diperoleh adalah sekitar Rp 50 juta per tahun.
4. Hasil analisis menunjukkan Payback Period (PP) selama 30 tahun. Nilai Net Present Value (NPV) pada tingkat diskonto 6% sebesar -Rp 811.650.000, sehingga secara finansial murni proyek ini tidak menguntungkan. Namun, dari sisi manfaat sosial dan lingkungan, proyek PLTMH tetap dinilai layak dijalankan karena mampu meningkatkan kualitas hidup masyarakat desa.
5. PLTMH Senamat Ulu memberikan dampak positif berupa kemandirian energi, pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung kegiatan sosial-ekonomi masyarakat. Listrik yang dihasilkan mampu menunjang pendidikan, kesehatan, dan usaha kecil di desa.
6. Kondisi Kelistrikan Desa selain PLTMH, sebagian kecil wilayah Desa Senamat Ulu telah terhubung dengan jaringan listrik PLN, terutama untuk fasilitas umum seperti sekolah dan kantor desa. Namun, jaringan PLN belum menjangkau seluruh masyarakat karena kondisi geografis dan keterbatasan jaringan distribusi. Oleh karena itu, PLTMH masih menjadi tulang punggung penyediaan listrik desa dan berperan penting dalam mendukung kemandirian masyarakat.

Saran

1. Untuk masyarakat Desa Senamat Ulu, diharapkan dapat meningkatkan partisipasi dalam pengelolaan dan pemeliharaan PLTMH agar keberlanjutan operasional tetap terjaga.
2. Untuk pengelola PLTMH, disarankan meningkatkan kemampuan teknis melalui pelatihan, khususnya terkait perawatan turbin,

- penstock, dan sistem kelistrikan.
3. Untuk pemerintah daerah dan pihak terkait, diharapkan dapat memberikan dukungan berupa bantuan teknis maupun tambahan dana guna meningkatkan efisiensi dan memperpanjang umur operasional PLTMH.
4. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya dilakukan kajian lebih mendalam mengenai peningkatan efisiensi turbin, penggunaan teknologi hybrid (misalnya kombinasi dengan PLTS), serta strategi pengelolaan finansial agar sistem menjadi lebih berkelanjutan.
5. Kolaborasi dengan Pihak PLN dan Pemerintah Desa Diharapkan adanya kerja sama antara pengelola PLTMH, PLN, dan pemerintah desa dalam mengatur sistem kelistrikan agar energi dari PLTMH tetap dimanfaatkan, misalnya dengan sistem paralel (hybrid) yang dapat beroperasi bersamaan dengan jaringan PLN pada kondisi tertentu.

Daftar Pustaka

- [1] Bungo, B. P. S. K. (2023). *Statisti Daerah Kabupaten Bungo 2023*. Badan pusat statistik kabupaten bungo.
- [2] Naufal, Z. (2024). *Kementerian ESDM Sebut Rasio Elektrifikasi Indonesia masih Sangat Kurang*. <https://mediaindonesia.com/ekonomi/724749/kementerian-esdm-sebut-rasio-elektrifikasi-indonesia-masih-sangat-kurang>
- [3] Harvey, A., Brown, A., Hettiarachi, P., & Inversin, A. (1993). *Micro-hydro Design Manual: A Guide to Small-scale Water Power Schemes*. Intermediate Technology Publications. https://books.google.co.id/books?id=xPZ_QgAACAAJ
- [4] Anonim. (2020). *PLTMH Senamat Ulu Diresmikan Dihadiri Anggota Parlemen Norwegia*. <https://tfcasumatera.org/pltmh-senamat-ulu-diresmikan-dihadiri-anggota-parlemen-norwegia/>
- [5] Yuda. (2025). *Mengenal Apa Itu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro PLTMH*. <https://ilmuteknik.id/pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro/>