

**ANALISIS PENGARUH ARUS DAN FAKTOR DAYA TERHADAP JATUH
TEGANGAN PADA UJUNG PENGHANTAR SALURAN UDARA TEGANGAN
MENENGAH PT. PLN ULP LIWA**

**RAHMAN RIZAL¹, ERHANELI², ARFITA YUANA DEWI³, ZULKARNAINI⁴
SEPANNUR BANDRI⁵**

Teknik, Institut Teknologi Padang

2020310087.rahman@itp.ac.id, erhanelimarzuki@gmail.com, arfitarachman.itp@gmail.com,
zulkarnainieva@gmail.com, sepannurb@yahoo.com

Abstract: *Although Indonesia has a considerable potential for New Renewable Energy (EBT), its development has not yet reached the level necessary for future optimization. The Batang Merangin River in Kerinci Regency is a location where a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) could be constructed. Calculating the potential output of electrical power is the goal of this study. In order to fully utilize the electrical energy potential in the area around the Batang Merangin River, this research will be very beneficial for achieving regional electricity independence. The PLTMH design, which specifies the kind of water turbine (Francis) and the size of the turbine, is based on the results of measuring the water output and the height of the water fall. The research approach that will be used is a planning approach that makes use of both field research and mathematical computations. The potential power generated is quite great if the created water discharge is sufficient. The research's findings led to a 5,278.272 kW power capacity with a 43.4 m-high water fall. With the right machinery and parts, the power produced improves as more water enters the turbine in the power plant. The study's findings suggest that the effectiveness of each PLTMH component should be prioritized while planning the PLTMH.*

Keywords: *EBT, Microhydro, Electrical Energy, Flow Rate, Francis Type Water Turbine*

Abstrak: Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang ada di Indonesia tergolong banyak, meskipun demikian pengembangannya belum optimal sehingga di masa depan dapat lebih dioptimalkan. Sungai Batang Merangin di Kabupaten Kerinci merupakan tempat yang berpotensi untuk dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan. Penelitian ini akan sangat berguna bagi kemandirian listrik daerah, sehingga daerah sekitar Sungai Batang Merangin dapat memaksimalkan potensi energi listrik di daerahnya. Hasil dari pengukuran debit air dan tinggi jatuh air tersebut, dipergunakan untuk menentukan desain PLTMH, yang meliputi jenis turbin air (*francis*) dan dimensi turbin air tipe yang akan digunakan PLTMH ini agar tercapainya kapasitas daya yang diharapkan. Metode penelitian yang akan digunakan yaitu metode perencanaan dengan perhitungan matematis serta survei lapangan. Apabila debit air yang dihasilkan cukup besar maka potensi daya yang dihasilkan sangat besar. Dari hasil penelitian, di peroleh kapasitas daya yang dihasilkan sebesar 5.278,272 kW dengan jatuh air setinggi 43,4 m. Semakin tinggi jatuh air ke turbin yang ada di *power house*, maka semakin baik daya yang dihasilkan dengan diikuti peralatan dan komponen yang memadai. Kesimpulan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dalam perencanaan PLTMH yang paling terpenting adalah efisiensi dari setiap bagian-bagian PLTMH.

Kata Kunci : EBT, Mikrohidro, Energi Listrik, Debit Aliran, Turbin Air Tipe francis

A.Pendahuluan

Desa Batang Merangin, Kabupaten Kerinci, Jambi salah satu sumber potensial di banggunya PLTMH, yang..memanfaatkan..debit Sungai..Merangin..dan Danau Kerinci. Daerah tangkapan air seluas 1353 km² dari dasar sungai antara..Danau Kerinci dan bendungan..yang.. terletak di daerah tangkapan memiliki luas tangkapan 393 km² dan debit rata-rata..Sungai Merangin adalah 59,4 m³/detik. Pembangkit tersebut akan dilengkapi dengan 4 (empat) unit pembangkit, terdiri dari turbin berkapasitas 89,3 MW. *Vertical Francis Turbine*, 103 MVA Generator..dan 110 MVA, Main..Transformer 16,5 / 150 kV. Pembangkit tersebut

akan memiliki Kapasitas Nilai..Nominal 350 MW yang akan dikelola oleh PT. KERINCI MERANGIN HIDRO.

PT Kerinci Merangin Hidro diharapkan bisa memenuhi tenaga listrik untuk wilayah yang luas, dikarenakan sungai dan luas tangkapan yang memadai, sehingga layak dibangun sebuah PLTMH (Ningsih et al., 2020), dengan diperhitungkan debit air (Nur et al., 2023), diameter pipa *penstock*, luas tangkapan agar bisa memilih turbin dan generator yang ideal supaya menghasilkan kapasitas daya yang diharapkan dan bisa ditingkatkan (Sukamta et al., 2018). Di Kerinci terjadi ketidakseimbangan antara permintaan dengan penyediaan tenaga listrik, mengakibatkan kekurangan pasokan tenaga listrik di beberapa wilayah. Banyak masyarakat yang tidak dapat pasokan energi tenaga listrik, sehingga berdampak kepada produktivitas kegiatan masyarakat. Hal inilah menjadi landasan yang mendasar untuk memanfaatkan potensi air sungai Batang Merangin menjadi sumber pembangkit listrik yang dapat menyuplai energi listrik mencakup wilayah setempat dan area luas.

PLTMH memiliki prinsip kerja dimana jumlah air yang jatuh (debit) meter perdetik dan juga beda ketinggian (Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani, 2017) yang mengalir melewati pipa dimanfaatkan sehingga menghasilkan daya listrik (Dahlan & Purba, 2010), (Pranowo et al., 2019) dan (Iwanda et al., 2016). Umumnya aliran sungai, air terjun, saluran irigas, debit air (T. Elektro et al., 2021) dan tinggi jatuhnya di dimanfaatkan untuk PLTMH (J. T. Elektro & Semarang, 2022), (Nisworo et al., 2022). Turbin air di gerakkan oleh energi dari air yang bergerak (dikarenakan terdapat beda ketinggian)(Augustone & Pamungkas, 2020) kemudian Energi listrik dihasilkan dari generator yang diputar akibat perputaran dari poros turbin (Nur et al., 2023). Energi yang di dapatkan mikrohidro merupakan hasil dari air yang mengalir dan mempunyai beda ketinggian termasuk kedalam kategori energi baru terbarukan (Pltmh et al., 2023) dan ramah lingkungan (*Clean Energy*) (Saluran et al., 2015). Dasar dari mikrohidro sendiri ialah memanfaatkan energi potensial tinggi jatuh air (head) (Ardo et al., 2022) dimana semakin tinggi air tersebut jatuh maka akan lebih besar pula energi listrik yang didapat dari diubahnya energi potensial tersebut tadi (Suatan et al., 2020), kecepatan aliran atau energi kinetik (Tobi & VAN HARLING, 2017) dan di dasari juga dengan besar diameter pipa *penstock* (Ointu et al., 2020). Dari energi potensial dan kinetik akan menghasilkan energi mekanik (Jumadi & Amir, 2017) sehingga dapat menggerakkan turbin yang di kopel langsung dengan generator (Pratama et al., 2021). Berdasarkan Peraturan Menteri energi dan Sumber daya mineral No. 12 tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) diperlukan untuk kepentingan listrik nasional (Nisworo et al., 2022).

Untuk membangun sebuah PLTMH menentukan debit aliran sungai adalah hal utama (Dwiyanto et al., 2016), penentuan suatu desain unit PLTMH yang efektif dan efisien tergantung dari hasil survey lapangan (Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani, 2017) serta menghitung konstruksi bangunan sipil PLTMH (Kumbi et al., 2015). Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai (Ardo et al., 2022). Prinsip pelaksanaan pengukuran debit sungai adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air sungai tersebut (Pranowo et al., 2019). Indonesia, merupakan negara yang sumber energi alternatifnya melimpah, namun ketersediaan untuk pemenuhan pembangkit listrik masih jauh dari cukup (Teknik et al., 2019). Situasi ini mengakibatkan beberapa wilayah belum terkoneksi listrik seperti daerah lainnya (Anaza, 2017). Dalam prakteknya, biasanya mikro hidro dibangun berdasarkan situasi bahwa adanya aliran air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang cukup dan memenuhi standard untuk dapat diaplikasikan pada sistem pembangkit listrik tenaga air (Sarwono et al., 2018). Pengertian kapasitas merujuk pada jumlah volume aliran air persatuan waktu, sedangkan selisih ketinggian aliran air sampai ke instalasi di terapkannya mikrohidro disebut dengan *head* terpasang.

Pada PLTMH ini dipilih turbin jenis Vertical Francis Turbine, pemilihan jenis turbin yang digunakan dipengaruhi oleh debit dan tinggi jatuh air agar tercapainya kapasitas yang diharapkan. Dari turbin yang dipilih lalu penulis bisa memilih generator yang ideal untuk PLTMH. Hal inilah, yang memicu penulis melakukan kajian tentang mikrohidro agar kapasitas daya yang dihasilkan dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan karena pembaruan energi listrik

harus dilakukan sesuai dengan perkembangan zaman, kajian ini penulis tuangkan dalam penulisan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berdasarkan Perbedaan Debit Aliran Di Desa Batang Merangin**”.

Penelitian ini bertujuan Dapat mengetahui kapasitas daya keluaran PLTMH, dapat mengetahui dan menganalisa turbin yang sesuai, dan dapat Meningkatkan kapasitas daya pada PLTMH agar menghasilkan daya yang optimal.

PLTMH merupakan pembangkit listrik tenaga air skala kecil. Contohnya adalah saluran irigasi, sungai, atau air terjun alam. PLTMH mendapatkan tenaga dari debit air sungai yang dibendung pada ketinggian tertentu dan memiliki debit yang cukup untuk memutar turbin yang terhubung ke generator listrik.

Untuk,,menggerakkan..turbin atau..kincir air..mikrohidro, air dialirkan ke dalam rumah pembangkit melalui pipa pesat yang biasanya dibangun di tepi sungai. Sebuah generator mengubah energi mekanik dari putaran poros turbin menjadi energi listrik. Pembangkit tenaga air menggunakan turbin air dan generator untuk mengubah tenaga potensial dari tenaga air pada ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik. Prinsip kerja pembangkit tenaga air mikro hidro tetap sama, yaitu "Perubahan tenaga potensial menjadi tenaga elektrik (listrik)", dengan tenaga potensial adalah tenaga air karena ketinggiannya. Karena kecepatan air, energi..kinetik..adalah..tenaga air. Tenaga listrik berasal dari generator yang memutar kincir atau turbin karena kecepatan air. Berdasarkan klasifikasi PLTMH, di kelompokkan 2 jenis yaitu berdasarkan *head* (jatuh air) dan berdasarkan kapasitas daya yang dihasilkan (Harianja et al., 2022).

1. Berdasarkan head

- a.Head..tinggi : $H > 100$ m biasanya..digunakan..turbin..pelton
- b.Head..menengah : $30 \text{ m} < H < 100$ m biasanya..digunakan..turbin cross-flow
- c.Head..rendah : $2 \text{ m} < H < 30$ m biasanya..digunakan turbin..propeller

2. Berdasarkan kapasitas

- a.PLTA..piko : < 500 W - PLTA mikro : 0,5-100 kW
- b.PLTA..mini : 100 - 1000 kW
- c.PLTA..kecil : 1-10 mW
- d.PLTA..skala..penuh : > 10 mW

Ada sejumlah proses yang harus dilalui sebelum dapat menghasilkan energi listrik dari air. Pertama, energi potensial air diubah menjadi energi kinetik. Energi potensial meningkat seiring dengan ketinggian air, jadi ketika air mengalir ke bawah, energi potensial tersebut diubah menjadi..energi..kinetik. Ketika air menabrak turbin, perubahan kinetik tersebut diubah menjadi energi mekanik, dan yang terakhir adalah ketika turbin berputar dan menggerakkan rotary. Ini merupakan..sebuah sistem..konversi tenaga, menyerap..tenaga dari bentuk ketinggian dan aliran, dan menyalurkan tenaga..dalam bentuk daya listrik atau daya gagang mekanik. Persamaan konversinya adalah:

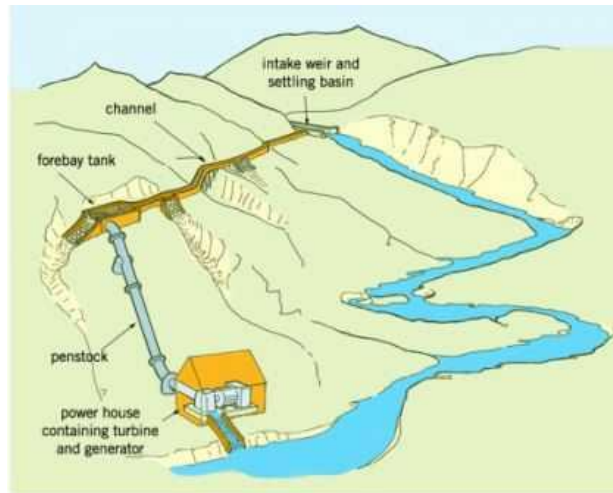
$$\text{Daya yang masuk} = \text{Daya yang keluar} + \text{Kehilangan (Loss)} \dots\dots\dots(1)$$

atau

$$\text{Daya yang keluar} = \text{Daya yang masuk} \times \text{Efisiensi konversi} \dots\dots\dots(2)$$

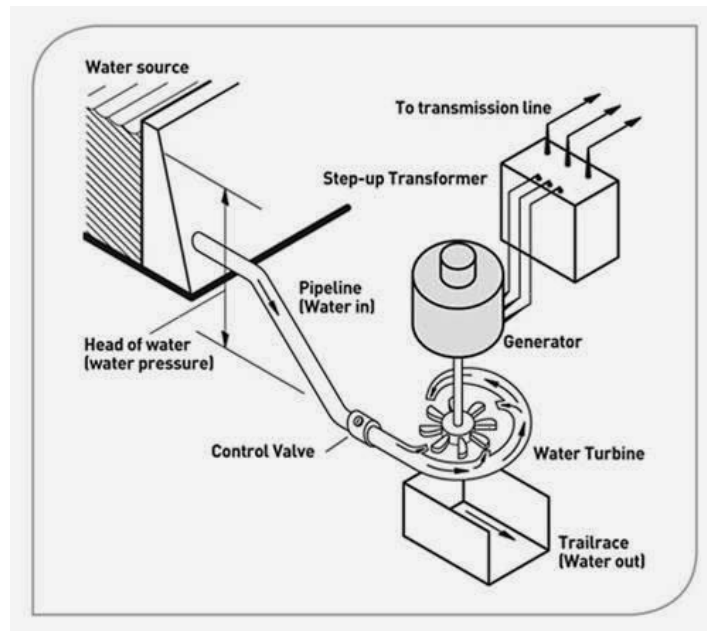
Wilayah atau lokasi yang dipilih dalam pembangunan untuk PLTMH, maka untuk memilih lokasi ada kriterianya sebagai berikut: 1) Panjang saluran distribusi dari rumah pembangkit ke konsumen maksimal 12 km; 2) Terdapat konsumen di lokasi PLTMH yang akan dibangun; 3) Potensi daya tidak lebih dari 100 kW; 4) Ketersediaan air sungai sepanjang tahun; 5) Akses menuju PLTMH terjangkau dan dapat ditempuh; dan 6) Tempat PLTMH tidak berada di kawasan cagar alam atau taman nasional.

Untuk skema PLTMH yang di rancang sebelum pembangunan PLTMH yang dilakukan dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 1. Skema PLTMH

Tiga komponen terdiri dari konversi energi dalam PLTMH: a. Energi Potensial - Energi Mekanik - Energi Listrik.



Gambar 2. Konversi energi pada PLTMH

Kesuksesan proyek pembangkit listrik tenaga mikrohidro bergantung pada jumlah daya yang dihasilkan dan jumlah energi yang dihasilkan setiap tahunnya. Jika tinggi jatuh efektif maksimum (H_{eff}) adalah m , debit maksimum turbin adalah Q (m^3/dtk), dan efisiensi generator dan turbin masing-masing adalah η_t dan η_g , maka pembangkit listrik akan menghasilkan daya atau tenaga. Cara kerja pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini sangat bergantung pada tiga faktor, yaitu debit air, jatuh ketinggian, dan efisiensi. Dari tiga faktor itu maka dapat di rumuskan bagaimana potensi suatu sungai jika dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLMTH) dan berapa daya keluarannya sebagai berikut :

$$P = Q \times H \times 9.8 \times \mu \dots \dots \dots (3)$$

Dimana: P = daya yang di bangkitkan (kilowatt)

Q = debit air ($m^3/detik$)

H = ketinggian air (m)

μ = efisiensi

9,8 = konstanta gravitasi bumi (m/detik)

1. Kehilangan tinggi terjun (*Head Loss*)

Perhitungan kehilangan energi pada intake hingga saluran pembuangan adalah tahap-tahap pada PLTMH. Dalam saluran PLTMH ada 2 macam kehilangan energy yaitu:

a. Kehilangan energy akibat mayor losses

Gesekan dinding *penstock*

$$h_s = f x \frac{L}{D} x \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana: f = Koefisien gesekan dinding pipa

D= Diameter pipa (m)

V= Kecepatan aliran dalam pipa (m/dt)

L= Panjang pipa (m)

g= Percepatan gravitasi (m/dt²)

2. Kehilangan energy akibat minor losses

a. Kisi-kisi (*Trashrack*)

$$h_s = Kx \left(\frac{t}{b}\right)^4 x \frac{V_o^2}{2g} x \sin \alpha \dots\dots\dots(5)$$

Dimana: K = koefisien penampang kisi

t = Tebal kisi (cm)

b = Celah antar 2 elemen (cm)

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan air dalam pipa (m/dt)

g = Percepatan gravitasi (m/dt²)

α = Sudut kemiringan *trash rack*

b. *Inlet penstock*

$$h_s = k x \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana : K = 0,5 untuk bentuk persegi

K = 0,05 untuk bentuk lingkaran

c. Belokan

$$h_s = K_b \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(7)$$

d. *Outlet penstock*

$$h_s = k x \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(8)$$

3. Tinggi terjun bersih

Tinggi terjun bersih adalah tinggi terjun yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Dengan kata lain, ketika elevasi tinggi terjun pada headpond MA dikurangi dengan elevasi muka air trailrace, kehilangan tinggi terjun total dikurangi.

B. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian ini adalah perencanaan dimana pada penelitian ini untuk mengkaji tentang perencanaan sistem bangun PLTMH. Oleh karena itu penulis melakukan perhitungan data dan menganalisa secara manual. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Sungai Batang Hari, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi. Untuk lokasinya dapat dilihat pada gambar di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 3. Lokasi penelitian (Google Maps, 2023)

Untuk keperluan dan kebutuhan data penelitian maka data-data yang dibutuhkan diperlukan adalah sebagai berikut: 1) Data debit andalan sungai sekitaran Kabupaten Merangin; 2) Data peta *topografi*; 3) Curah hujan. Data yang diperoleh berupa data sekunder yang telah di ukur oleh institusi kehutanan atau perusahaan yang mengolah PLTMH di Sungai Batang Merangin provinsi jambi. Untuk danau kerinci data yang diperoleh juga merupakan data sekunder. Pengumpulan data dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini menggunakan metode antara lain metode observasi, survei lapangan dan metode literatur. Dilihat kondisi melimpahnya air yang ada di desa Batang Merangin, aliran sungai dan danau sepanjang tahun maka perlu kajian terkait potensi air untuk dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Sebelum mengadakan pengukuran debit, peneliti terlebih dahulu memilih lokasi yang tepat karena pemilihan lokasi merupakan hal penting yang harus diperhatikan karena kesesuaian lokasi akan berpengaruh terhadap akurasi hasil pengukuran. Dengan melakukan pengukuran profil sungai, maka luas penampang sungai dapat diketahui. Setelah luas penampang sungai diketahui maka peneliti mengukur kecepatan aliran sungai. Kecepatan aliran sungai diperoleh dari rata-rata kecepatan aliran pada tiap bagian penampang sungai. Biasanya pengukuran kecepatan aliran rata-rata diukur dengan mempergunakan '*flow probe*' atau '*current meter*'. Namun karena peneliti tidak memiliki alat tersebut, maka peneliti mengacu pada data debit yang sudah ada. Kecepatan aliran merupakan hasil bagi antara jarak lintasan dengan waktu tempuh. Analisa kapasitas daya diperlukan untuk mengetahui untuk mengetahui besarnya daya yang direncanakan. Setelah peneliti mengetahui besarnya debit dan ketinggian jatuh air di air terjun Sungai Batang Hari maka peneliti langsung membuat perkiraan daya yang dihasilkan dan membuat rancangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Tenaga listrik yang dihasilkan pembangkit akan disalurkan melalui saluran transmisi 150kV. Saluran 150kV dengan panjang total sekitar 2,5 km akan dibangun dari pusat transfer pembangkit listrik ke saluran transmisi 150kV yang ada dari sistem jaringan PLN terdekat di bagian Provinsi Jambi ini. Halaman sakelar pembangkit listrik 150kV dan saluran transmisi terkait yang terhubung ke Sistem Jaringan Listrik 150 kV milik PLN dirancang dan dibangun untuk mengakomodasi daya yang dihasilkan oleh Pembangkit. Pada perencanaan PLTMH, debit andalan sangat berpengaruh pada daya yang akan dikeluarkan sehingga bisa menentukan turbin yang ideal pada PLTMH ini, Namun turbin tersebut masih dapat berubah tergantung tujuan perencanaan. Debit pada PLTMH Merangin ini berasal dari Sungai Batang Hari yang diperuntukkan sebagai saluran irigasi.

C.Hasil dan Pembahasan

Untuk analisis perhitungan, debit PLTMH digunakan. Data setidaknya enam bulan diperlukan untuk menghitung debit, dan debit minimum, maksimum, dan andalan dicari dari data tersebut. Dengan debit yang digunakan 80 persen (Q80), PLTMH digunakan untuk meringankan beban PLN. Jika data yang dikumpulkan adalah data per hari, perlu dilakukan pengolahan tambahan untuk mengubahnya menjadi data bulanan. Selain itu, satuan debit yang digunakan adalah liter/detik. Untuk mengolah data debit, semua data disusun berdasarkan tahun dan bulan. Kemudian data diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil, dengan debit dengan persentase kejadian terkecil dianggap sebagai yang terbesar. Selanjutnya, jumlah hari

setiap bulan dimasukkan dan disusun ke bawah dengan penambahan kumulatif. Selanjutnya, urutan waktu tersebut dihubungkan dengan persentase terhadap jumlah hari.

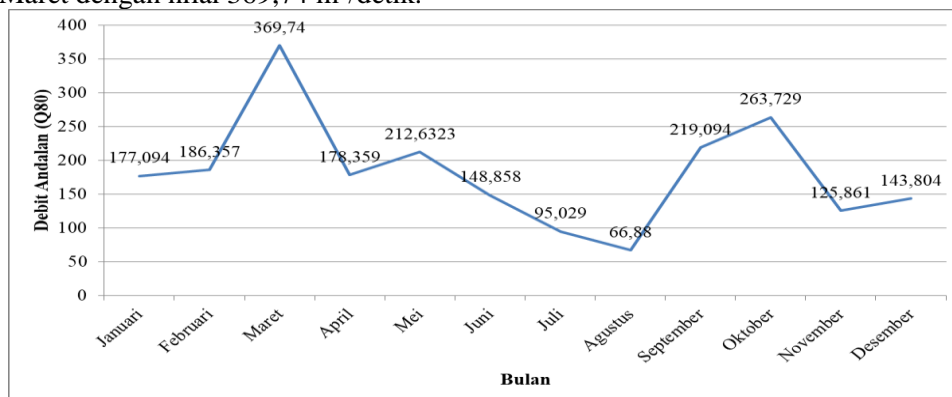
Setelah itu disusun, grafik menunjukkan hubungan antara rata-rata debit tahunan dan persentase kejadian. Kemudian dihasilkan "Kurva Durasi Aliran", yang dapat dengan mudah diamati tanpa menggunakan tabel untuk menghitung debit Q_{80} . Anda juga dapat melihat debit maksimum dan minimum, serta perubahan debit. Untuk merekayasa pengaliran, hal ini berguna untuk mengetahui debit terendah dan debit tertinggi.

Debit banjir harus ditanggulangi semaksimal mungkin karena sangat berbahaya untuk PLTMH. Salah satunya dengan meletakkan pelimpah di bak penenang. Pelimpah yang direncanakan harus benar-benar memiliki kemampuan untuk mengeluarkan debit yang lebih besar daripada batas maksimal turbin. Kondisi banjir tersebut juga merupakan salah satu penyebab rusaknya PLTMH sebelumnya, karena ruang runner turbin dan ujung bak pengendap mengalami kerusakan yang parah, yang menyebabkan turbin rusak dan merusak bagian lain. Ada fluktuasi debit air di pintu waduk lama. Ini mungkin disebabkan oleh rekayasa pengaliran dari waduk, yang mengatur debit keluar secara khusus. Oleh karena itu, penentuan debit ini dipertimbangkan.

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan debit andalan (Q_{80})

No	Bulan	Debit andalan (Q_{80})
1	Januari	177,094
2	Februari	186,357
3	Maret	369,74
4	April	178,359
5	Mei	212,6323
6	Juni	148,858
7	Juli	95,029
8	Agustus	66,88
9	September	219,094
10	Oktober	263,729
11	November	125,861
12	Desember	143,804

Tabel 1 mendeskripsikan hasil perhitungan debit andalan dengan berbagai variasi data dalam rentang 50 s/d 400 $m^3/detik$ yang mengalir di batang Merangin Jambi. Data yang terendah terdapat pada bulan Agustus dengan nilai 66,88 $m^3/detik$ dan data yang tertinggi terdapat pada bulan Maret dengan nilai 369,74 $m^3/detik$.

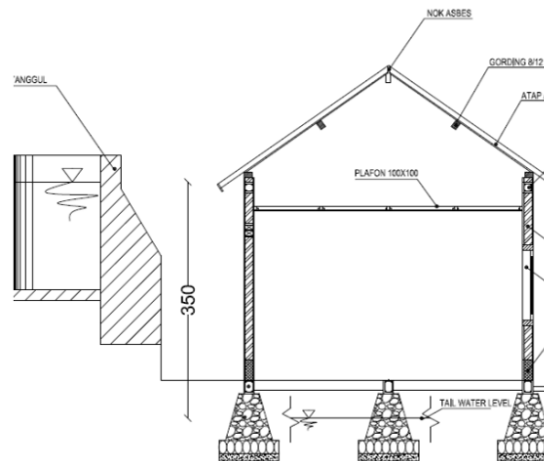


Gambar 7. Grafik debit andalan Q_{80}

Grafik diatas merupakan grafik dari debit andalan Q_{80} yang di peroleh dari table 4.1 hasil dari perhitungan. Nilai debit andalan di setiap bulan selama 1 tahun bervariasi atau berbeda-beda sehingga menampilkan grafik naik-turun. Hal itu disebabkan dari nilai debit rata-rata

yang diperoleh di waktu melaksanakan penelitian berbeda-beda, ditambahkan lagi dengan nilai x_i (nilai debit pertengahan bulan) berbeda-beda di setiap bulan. Contoh bulan Januari debit andalannya 177,094 berbeda dengan debit andalan di bulan Oktober dengan nilai debit andalannya 263,729. Faktor lain mempengaruhi debit andalan yaitu curah hujan, kondisi iklim (Indonesia ada dua iklim : musim kemarau dan penghujan), penguapan dan pembukaan lahan untuk dijadikan lahan pertanian atau perkebunan.

Untuk perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH), tinggi jatuh air (head) dihitung secara langsung dengan menghitung perbedaan elevasi antara muka air di bak penenang dan tingkat air ekor (TWL). Cara pengukuran tinggi terjun yang direncanakan dalam penelitian adalah 13 m dan untuk mendapatkan tinggi terjun efektif maka $H_{kotor} = 13$ m dan $H_{rugi} = 25\%$ dari H_{kotor} . Hal tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

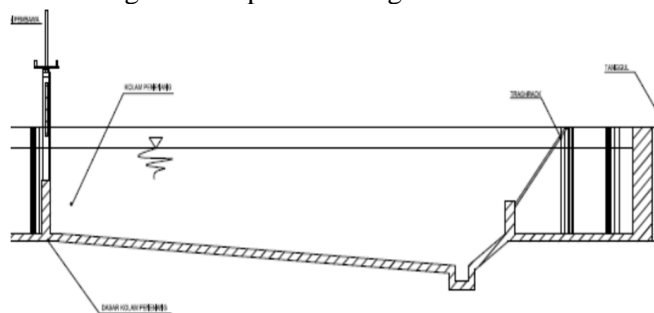


Gambar 8. Tinggi terjun air

Perhitungan tinggi terjun air dapat dilihat di bawah ini sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{kotor} &= 43,4 \text{ m} \\ H_{bersih} &= H_{kotor} - H_{rugi} \\ H_{bersih} &= 43,4 - 0,25 \times 43,4 \text{ m} \\ H_{bersih} &= 43,4 - 10,85 \text{ m} \\ H_{bersih} &= 32,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Bendungan pengalih dan bak pengendap berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai, ke dalam bak pengendap, terdiri dari 2 pintu Intake dan 2 pintu Flushing. Memiliki trash rake untuk menyaring sampah dan endapan lumpur. Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Memiliki 1 pintu flushing sand trap, untuk mengeluarkan pasir ke sungai sebelum masuk ke water way.



Gambar 9. Bak Pengendap

Cara kerja penangkap pasir ialah dengan cara membuat aliran berkecepatan rendah sehingga dapat dihitung kecepatan turun butir sedimen. Hal yang berpengaruh ialah ukuran butiran sedimen dan masa jenis pelarut. Dari data tersebut dapat dihitung kecepatan turun sedimen serta panjang minimal saluran agar sedimen dapat mengendap. Perhitungan panjang minimum bak pengendap dapat memakai persamaan yang ada di bab 2. Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}d &= 3 \text{ mm} \\a &= 20 \\v &= \text{Kecepatan aliran } \sqrt[4]{d} \\&= 0,34 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

Maka kecepatan di bak pengendap tidak boleh lebih dari 0.34 m/detik, direncanakan kecepatannya adalah 0.3 m/detik.

$$\begin{aligned}Q &= 2,28 \text{ m}^3/\text{detik} \\B &= 20 \text{ m} \\H &= 4,7 \text{ m} \\w &= 0,08 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

Maka,

$$L = h \frac{v}{w}$$
$$L = 4,7 \frac{0,3}{0,08}$$

$$L = 17,625 \text{ m}$$

$$b = \frac{Q}{h \cdot v}$$

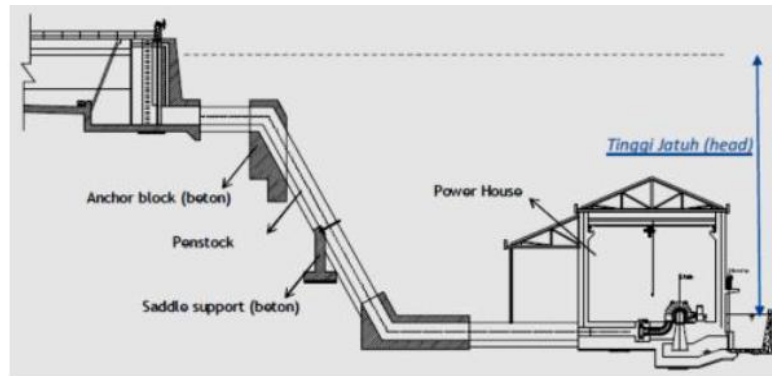
$$b = \frac{2,28}{4,7 \times 0,3}$$

$$b = 1,61 \text{ m}$$

Desain tersebut sudah memenuhi syarat karena L dan b yang direncanakan sudah melebihi L dan b minimum. Karena saluran terdiri dari dua lajur, setiap lajur menerima setengah debit total, perhitungan tersebut menghasilkan debit 2,28 m³/detik. Pembagian ini dilakukan untuk rekayasa pengoperasian. Dengan demikian, ketika satu lajur dikuras, air tetap dapat mengalir melalui lajur lain dan PLTMH tetap berfungsi. Untuk mengatur aliran, pintu air dipasang di ujung lajur saluran. Selanjutnya, diujung bak pengendap terdapat trashrack yang kedua. Trashrack ini memiliki jarak yang lebih rapat dari yang pertama, yaitu berjarak 1cm. Trashrack yang kedua ini berfungsi untuk menyaring sampah melayang yang masih tertinggal. Pemasangannya harus dapat menutup semua luasan basah air, untuk lebih efisien maka dapat dibeti pasangan batu di bawah trashrack untuk mengurangi panjang totalnya agar lebih efektif.

Pipa pesat adalah pipa bertekanan yang mengalirkan air langsung ke intake turbin dari bak penenang (sandtrap). Pipa pesat dapat dipasang baik di atas permukaan tanah maupun di dalam tanah. Jika dipasang di atas permukaan tanah, blok anker dan struktur pendukung diperlukan untuk menahan tekanan air di dalam pipa dari perubahan suhu akibat hujan dan matahari. Jika dipasang di dalam tanah, pipa harus dipasang untuk menahan bebatuan.

Pipa pesat atau penstock adalah pipa yang digunakan untuk mengalirkan air dari bak penenang atau tank forebay. Pemilihan material, diameter penstock, tebal, dan jenis sambungan adalah semua aspek perencanaan pipa pesat. Diameter pipa pesat dipilih karena keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material, dan tingkat rugi-rugi (friction loss) yang paling rendah. Ketebalan penstock dipilih untuk menahan tekanan hidrolis dan tekanan surge.



Gambar 10. Perancangan Pipa Penstock

Diameter dan panjang pipa penstock ditentukan oleh debit aliran yang akan mengalir melaluinya. Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam penentuan diameter dan panjang pipa penstock termasuk keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material, tingkat kerugian yang seminimal mungkin, dan nilai ekonomis. Dengan mempertimbangkan tinggi head, debit, dan efisiensi dari komponen mekanik dan elektrik, potensi daya yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini sangat besar. Ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi sungai Merangin, Jambi yang digunakan untuk pembangunan PLTMH. Daya keseluruhan yang dapat dibangkitkan dihitung dengan mengalikan semua efisiensi turbin dan generator. Dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8) dengan efisiensi yang dipertimbangkan adalah efisiensi turbin dan generator.

Besarnya daya dan energi yang dibangkitkan oleh debit sebesar $2,28 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan tinggi jatuh efektif $42,50 \text{ m}$.

Efisiensi turbin, $\mu_t = 5,79$

Efisiensi generator $\mu_g = 0,96$

Daya listrik yang dibangkitkan dihitung dengan memakai persamaan:

$$P = Q \times H_{\text{eff}} \times 9,8 \times \mu_t \times \mu_g$$

$$P = 2,28 \times 42,50 \times 9,8 \times 5,79 \times 0,96$$

$$P = 5.278,272 \text{ kW}$$

D. Penutup

Kapasitas daya yang keluar dari hasil perhitungan mengenai perencanaan PLTMH sebesar P (daya) = $5.278,272 \text{ kW}$. Dihitung dengan melibatkan data-data efisiensi turbin, efisiensi generator, tinggi jatuh air, dan debit air. Turbin yang dipilih berjenis Francis sesuai dengan topografi atau bentuk permukaan dari Batang Merangin dan tinggi jatuh airnya serta debit air sesuai dengan turbin yang digunakan. Untuk kapasitas daya yang dihasilkan dapat di tingkat dengan memperhatikan efisiensi-efisiensi pipa penstock, kecuraman jatuh air dan peralatan-peralatan turbin atau generator yang digunakan, seperti beralihnya dari generator buatan China ke buatan Jerman.

Daftar Pustaka

- Ardo, B., Emidiana, E., & Perawati, P. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Tanjung Raman Talang Air Selepah Kecamatan Pendopo Kabupaten Empat Lawang. *Jurnal Tekno*, 19(1), 81–92.
- Augustone, N., & Pamungkas, P. (2020). *Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong Sebagai Sumber Energi Terbarukan Melalui PLTMH*. 1(1), 1–6.
- Dahlan, M. bin, & Purba, L. (2010). *HYDRO (APLIKASI DESA RANTAU SULI - KEC . JANGKAT - KAB . MERANGIN – JAMBI) RECONFIGURATION OF 20 KV DISTRIBUTION NETWORK FOR IMPROVING VOLTAGE PROFILE AND LOSSES*. 11(2), 64–68.
- Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(3), 407–422.
- Elektro, J. T., & Semarang, U. N. (2022). *Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro*

- Hidro (PLTMH) Berdasarkan Debit Air dan Kebutuhan Energi Listrik. 3(2), 31–39.*
- Elektro, T., Teknik, F., & Semarang, U. N. (2021). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro. 10(2), 26–34.*
- Harianja, S., Sebayang, S., Hasballah, T., & Universitas Dharma Agung, M. (2022). Studi Perencanaan Turbin Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Rahuning 70 kW. *JURNAL TEKNOLOGI MESIN UDA, 3, 136–145.*
- Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani. (2017). Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur. *Jurnal Reka Buana, 2(2), 149–155.*
- Iwanda, P. S., Syafriyudin, S. T., Prastyono, I., Pambudi, E., & Elektro, M. T. (2016). PERENCANAAN GENERATOR AXIAL FLUKS MAGNET PERMANEN JENIS NEODYMIUM (NdFeB) TANPA INTI STATOR Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Elektrikal, 3(2), 23–30.*
- Jumadi, J., & Amir, F. (2017). Perencanaan dan perancangan pembangkit listrik tenaga mikro–hidro jenis crossflow. *Jurnal POLIMESIN, 15(1), 30.*
- Kumbi, P., Desa, D. I., & Sempage, L. (2015). PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIDRO (PLTM) KUMBI DI DESA LEMBAH SEMPAGE. *Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Mataram.*
- Ningsih, S. R., Putra, E. G. E., & Goembira, F. (2020). Analisis Ketersediaan , Kebutuhan dan Kualitas Air pada DAS Batang Merao. *Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(3), 545–555.*
- Nisworo, S., Pravitasari, D., Elektro, T., & Tidar, U. (2022). *Studi potensi perencanaan pltmh pada saluran irigasi berdasarkan aspek teknis.*
- Nur, M., Taqwa, A., Yahya, A., Ali, M. Y., & Agusalm, M. (2023). *Analisis Debit Andalan Untuk Kebutuhan Air Pada Daerah Irigasi Leko Pancing Kabupaten Maros. 16, 35–43.*
- Ointu, S., Surusa, F. E. P., & Zainuddin, M. (2020). Studi Perencanaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Berdasarkan Potensi Air yang Ada di Desa Pinogu. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2(2), 30–38.* <https://doi.org/10.37905/jjee.v2i2.4618>
- Pltmh, M., Sungai, D. I., Dikis, Y. E. H., Nazara, S., Gede, C., Partha, I., & Sukerayasa, I. W. (2023). *PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BANJAR LEBAH KABUPATEN TABANAN. 10(2), 7–13.*
- Pranowo, D. D., Erwanto, Z., & Arianto, L. (2019). Evaluasi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Sumber Mata Air Rambut Muko di Desa Gunungsari Kecamatan Glenmore Kabupaten Banyuwangi. *Prosiding Seminar Nasional (SEMSINA) “Infrastruktur Berkelanjutan Era Revolusi Industri 4.0”, 65–72.*
- Pratama, A. D., Hidayah, E., Utami, R., & Wiyono, A. (2021). *Penentuan Desain Optimum Penstock untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Poreng , Jember Determination of the Optimum Penstock Design for a Micro-Hydro Power. 12(1), 71–80.*
- Saluran, D. I., Mataram, I., & Pendahuluan, I. (2015). Perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di saluran irigasi mataram. *JURNAL HIDROTEKNIK, 11.*
- Sarwono, E., Karsa, H. E., Julianto, E., & Gunarto, G. (2018). Perencanaan Daya Mampu Pembangkit Listrik Tenaga Air Di Pltmh Desa Karang Daging Kabupaten Ketapang. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah, 9(2), 51–57.*
- Suatan, R. A., Giriantari, I. A. D., & Sukerayasa, I. W. (2020). Kajian Ekonomi Rencana PLTMH di Desa Panji. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, 19(2), 263.*
- Sukamta, S., Ananta, H., & Aini, M. K. (2018). Studi Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kedung Sipingit Desa Kayupuring Kecamatan Petungkriyono Kabupaten Pekalongan. *Edu Elekrika Journal, 7(1), 27–33.*
- Teknik, J., Destiany, A., Fauzi, M., Handayani, Y. L., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Riau, U. (2019). *ANALISIS DEBIT ANDALAN SUNGAI BATANG LUBUH. 13, 9–16.*
- Tobi, M. D., & VAN HARLING, V. N. (2017). Studi Perencanaan Pembangunan Pltmh Di Kampung Sasnek Distrik Sawiat Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat. *Electro Luceat, 3(1), 32.* <https://doi.org/10.32531/jelekn.v3i1.63>