

Perancangan Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Pada Irigasi Bendungan Sedau

Wili Ardianto^{1*}, Agung Budi Muljono², Abdul Natsir³

¹Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Email : leonjanuanto@gmail.com (W.A), agungbm@unram.ac.id (A.B.M),
natsiramin@unram.ac.id (A.N);

Abstrak : Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) merupakan salah satu solusi pemanfaatan energi terbarukan yang potensial dalam mendukung ketersediaan listrik di wilayah pedesaan dengan keterbatasan akses jaringan PLN. Penelitian ini dilakukan di Desa Sedau, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, dengan tujuan merencanakan pembangunan PLTMH pada saluran irigasi Bendungan Sedau. Metode penelitian meliputi pengumpulan data sekunder berupa debit aliran sungai selama 10 tahun dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I serta data primer hasil survei lapangan yang mencakup pengukuran debit aliran dan head efektif. Hasil analisis menunjukkan debit andalan (Q50) sebesar 0,64 m³/s dengan head efektif 11 m. Perencanaan teknis mencakup pembangunan bak penenang, penstock, pemilihan turbin Kaplan tipe S, sistem transmisi mekanis dengan belt drive, serta generator induksi tiga fasa Stamford N125G4. Perhitungan menghasilkan kapasitas terpasang 103,03 kW dan estimasi produksi energi tahunan 602,96 MWh. Implementasi PLTMH ini diharapkan meningkatkan kemandirian energi, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, serta mendukung pertumbuhan ekonomi masyarakat.

Kata Kunci : MHPP, Bendungan Sedau, Pelepasan Optimal, Kaplan turbin, Generato induksi.

Abstract : Micro-Hydro Power Plant (MHPP) is a promising renewable energy solution to support electricity availability in rural areas with limited access to the national grid. This study was conducted in Sedau Village, Narmada District, West Lombok Regency, with the objective of planning an MHPP utilizing the irrigation channel of the Sedau Dam. The research method involved secondary data collection of river discharge records over the last ten years from the Nusa Tenggara I River Basin Agency, combined with primary field measurements of discharge and effective head. The analysis showed a dependable discharge (Q50) of 0.64 m³/s with an effective head of 11 m. The technical design included the construction of a forebay tank, penstock, selection of an S-type Kaplan turbine, mechanical transmission using a belt drive, and a three-phase induction generator Stamford N125G4. The calculations resulted in an installed capacity of 103.03 kW and an estimated annual energy production of

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2026, Vol. 7, No. 2, pp 1 – 1

Received : 4 April 2026

Accepted : 1 Mei 2026

Published : 21 Mei 2026



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

602.96 MWh. *The implementation of this MHPP is expected to enhance local energy independence, reduce reliance on fossil fuels, and support regional economic development.*

Keywords : *MHPP, Sedau Dam, dependable discharge, Kaplan turbine, Induction Generator.*

1. Pendahuluan

Listrik merupakan kebutuhan dasar dalam masyarakat modern, meskipun penyediaannya secara memadai dan berkelanjutan masih menjadi tantangan, khususnya di wilayah terpencil dan pedesaan. Desa Sedau yang terletak di Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat (8.573501° S, 116.26402° E) dengan jumlah penduduk sekitar 2.500 jiwa yang mayoritas bekerja sebagai petani, pedagang, dan pengelola camping ground, menghadapi keterbatasan akses jaringan listrik akibat kondisi geografis perbukitan. Sebelumnya, sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) telah dibangun di Bendungan Sedau untuk memasok listrik bagi pemukiman sekitar, namun rusak akibat banjir besar pada tahun 2014. Rekonstruksi bendungan dengan kapasitas lebih besar membuka kembali potensi pemanfaatan energi air sehingga perencanaan PLTMH berbasis energi terbarukan diharapkan mampu memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, meningkatkan perekonomian lokal, serta mengurangi ketergantungan pada energi fosil.

Secara nasional, sektor energi menyumbang hampir 600 MtCO₂ atau sekitar 50 persen dari total emisi di Indonesia, terutama berasal dari aktivitas pembangkitan listrik berbasis bahan bakar fosil sehingga menjadi sasaran utama dalam upaya transisi energi rendah karbon. Implementasi pembangkitan berbasis sumber energi terbarukan seperti PLTMH menjadi opsi strategis untuk menurunkan emisi karbon dan mendukung pembangunan berkelanjutan. PLTMH memanfaatkan tinggi jatuh (*head*) dan debit air dari saluran irigasi, sungai, atau air terjun untuk memutar turbin yang kemudian mengonversikan energi mekanik menjadi energi listrik melalui generator. Sistem ini dibangun melalui konstruksi bendungan sebagai pengatur aliran dan saringan sedimen, dilanjutkan pengaliran air melalui intake menuju saluran penghantar hingga memasuki turbin melalui casing yang berfungsi mengarahkan aliran serta menjaga stabilitas operasi. Karakteristik input-output PLTMH menunjukkan keterkaitan langsung antara debit sebagai penggerak turbin dan daya listrik yang dihasilkan generator.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Beberapa studi terdahulu turut menjadi acuan dalam penelitian ini. penelitian hubungan curah hujan dengan potensi aliran air dan banjir di Bandung, menunjukkan bahwa topografi memengaruhi risiko limpasan [3]. PLTM di Kokok Babak dengan turbin Francis, menghasilkan daya hingga 1.699 kW dan produksi energi tahunan lebih dari 7.000 MWh. Sementara itu, perencanaan ulang PLTMH di Kediri dengan debit andalan 1,65 m³/s dan head efektif 2,56 m, menghasilkan daya sekitar 29,87 kW. Kajian tersebut menekankan pentingnya pemilihan turbin, pengendalian sedimen, serta perencanaan sipil untuk menjamin keberhasilan sistem pembangkit .

2.2 Dasar teori

1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) memanfaatkan energi potensial air berdasarkan perbedaan ketinggian dan debit aliran pada sungai, saluran irigasi, atau air terjun yang digunakan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik melalui generator. Pembangunannya diawali dengan pembuatan bendungan yang dilengkapi pintu air dan saringan sampah guna mengatur aliran dan mencegah masuknya material pengganggu, serta harus ditempatkan pada lokasi dasar sungai yang stabil .

2. Komponen PLTMH

Sistem PLTMH mengonversi energi potensial air menjadi listrik melalui komponen yang terintegrasi. Air dari bendungan dialirkan ke bak penenang untuk menstabilkan debit dan menyaring kotoran, lalu masuk ke pipa pesat sebagai air bertekanan. Tekanan air ini memutar turbin (umumnya tipe Crossflow atau Kaplan) untuk mengubah energi hidrolis menjadi mekanik. Terakhir, generator sinkron mengubah energi mekanik tersebut menjadi arus listrik bolak-balik (AC) yang siap didistribusikan .

3. Debit air dan tinggi jatuh air

a. Debit Air adalah jumlah atau volume air yang mengalir melalui suatu titik dalam sungai per satuan waktu. Debit air biasanya dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/s) atau liter per detik (l/s). Debit air sangat penting dalam studi hidrologi dan pengelolaan sumber daya air, karena memberikan informasi tentang ketersediaan air untuk berbagai keperluan, seperti irigasi, pembangkit listrik, dan pengelolaan lingkungan .

$$Q = A.v \quad (1)$$

b. Tinggi jatuh air (*Head*) penentuan debit dan *head* pada PLTMH mempunyai arti yang sangat penting dalam menghitung potensi tenaga listrik. variabel debit diwakili oleh jumlah rata-rata bulan kering dalam satu tahun. artinya dicari areal-areal yang jumlah bulan keringnya kecil atau bahkan tidak ada bulan keringnya sama pengukuran debit air (Q) sungai pada dasarnya terdapat banyak metode pengukuran debit air. untuk sistem konversi energi air skala besar pengukuran debit bisa berlangsung bertahun-tahun, pengukuran head juga dapat dilakukan dengan GPS dengan rumus sebagai berikut :

$$H = h_2 - h_1 \quad (2)$$

4. Pemilihan Jenis Turbin

Turbin air adalah mesin yang mengubah energi potensial dan kinetik dari air menjadi energi mekanik yang kemudian dapat diubah menjadi energi listrik melalui generator. Dalam perencanaan dan pemilihan jenis turbin yang tepat, penting untuk mengetahui karakteristik dari lokasi seperti debit air (Q), ketinggian jatuh (H), dan kecepatan putaran (n). Salah satu parameter penting dalam menentukan jenis turbin yang sesuai adalah spesifik kecepatan (*Specific Speed* /Ns).

untuk menemukan kecepatan spesifik turbin Kaplan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N_s = \frac{2283}{H^{0,486}} \quad (3)$$

Untuk menemukan diameter runner turbin juga dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = K \cdot \left(\frac{P}{H}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

5. Pemilihan Jenis Transmisi Daya Mekanik

Sistem Gearbox perencanaan daya mekanis menggunakan gearbox pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) bertujuan untuk menyesuaikan kecepatan putar turbin dengan kebutuhan generator agar menghasilkan listrik secara optimal dengan kata lain penggunaan *gearbox* untuk generator sinkron yang terhubung langsung dengan perputaran turbin air. turbin air biasanya memiliki kecepatan putar yang rendah, sementara generator memerlukan kecepatan putar yang lebih tinggi untuk bekerja efisien .

Rumus utama yang digunakan adalah:

$$P = T \cdot \omega \quad (5)$$

Untuk mencari rasio perbandingan roda gigi pada *gearbox* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$i = \frac{N_{out}}{N_{in}} \quad (6)$$

6. Pemilihan Jenis Generator

Perencanaan generator pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) merupakan tahap krusial yang memastikan kesesuaian antara kapasitas pembangkitan energi listrik dengan potensi energi air yang tersedia. dalam proses ini, ditentukan jenis generator (umumnya sinkron atau induksi), kapasitas daya, tegangan keluaran, serta sistem pengaturannya agar mampu beroperasi optimal sesuai dengan debit air dan ketinggian terjun (*head*) yang dimiliki lokasi .

a. Generator sinkron tiga fasa adalah jenis generator yang paling banyak digunakan dalam sistem pembangkit listrik berkapasitas besar, generator ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, menghasilkan tegangan bolak-balik tiga fasa yang lebih stabil dan efisien dibandingkan generator satu fasa.

Prinsip kerja generator sinkron tiga fasa arus DC diberikan ke rotor untuk menghasilkan medan magnet, rotor berputar menyebabkan medan magnet juga ikut berputar. medan magnet yang berputar mengenai stator, menghasilkan tegangan induksi pada tiga pasang kumparan stator, tegangan bolak-balik tiga fasa muncul pada terminal output generator.

b. Generator induksi 3 fasa bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, di mana medan magnet yang berubah-ubah dalam stator akan menginduksi arus dalam rotor. Pada dasarnya, mesin induksi biasanya digunakan sebagai motor. namun, dalam aplikasi PLTMH, mesin ini dimanfaatkan sebagai generator dengan cara mengoperasikannya di atas kecepatan sinkron (*super-synchronous speed*), sehingga menghasilkan arus listrik.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan meliputi perencanaan teknik yang meliputi perhitungan dan analisis PLTMH. Perencanaan teknik terdiri dari perhitungan diameter pipa pesat dan panjang pipa pesat, perhitungan dan pemilihan jenis turbin, perencanaan generator, pemilihan sistem transmisi daya mekanik, (*on-grid*). Pada penelitian ini dilakukan perhitungan kapasitas daya dan estimasi produksi energi PLTMH selama satu tahun sebagai faktor penting dalam perencanaan awal PLTMH

3.1 Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian berfungsi sebagai menunjang pelaksanaan penelitian diperlukan peralatan-peralatan sebagai berikut:

1. Alat keselamatan P3K, sepatu boot, sarung tangan, helm atau topi.
2. Alat tulis dan alat alat pendukung lainnya.

3. Flowatch
4. Stop watch
5. Rol meter
6. GPS
7. Laptop Asus, ram 16GB, windows 11, office 2024
8. Autocad 2024.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di desa Sedau, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok barat Provinsi Nusa Tenggara Barat, dengan lokasi seperti pada gambar 1. Waktu penelitian selama lima bulan yaitu pada bulan November 2024, bulan Maret 2025, dan bulan Juni 2025.

Terpilihnya lokasi ini dikarenakan terdapat sebuah bekas PLTMH sebelumnya yang dapat disimpulkan bahwa lokasi tersebut sudah pasti terdapat potensi untuk dilakukan pembangkitan energi listrik tenaga air.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan

3.2 Menentukan *Head* Efektif Perencanaan

Menentukan head efektif dapat dilakukan menggunakan GPS untuk mengukur ketinggian. Head efektif diperoleh dengan membandingkan h_1 , yaitu ketinggian lokasi bangunan PLTMH sebesar 249 mdpl, dengan h_2 , yaitu ketinggian lokasi bak penenang atau sumber air sebesar 260 mdpl. Dari perbandingan tersebut, didapatkan head efektif sebesar 11 meter.



Gambar 2. Head Efektif PLTMH

3.3 Debit Irigasi Bendungan Sedau

Debit aliran irigasi pada Bendungan Sedau ditetapkan sebesar 70% dari total debit sungai yang tercatat oleh Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara I. Penyesuaian ini dilakukan karena aliran utama sungai telah mengalami pembagian melalui sistem pintu air, sehingga hanya sebagian dari total debit yang dialirkan menuju saluran irigasi. Oleh karena itu, nilai debit irigasi yang digunakan dalam analisis dirancang berdasarkan proporsi aliran yang secara realistis tersedia pada titik pemanfaatan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Validasi Data Perencanaan

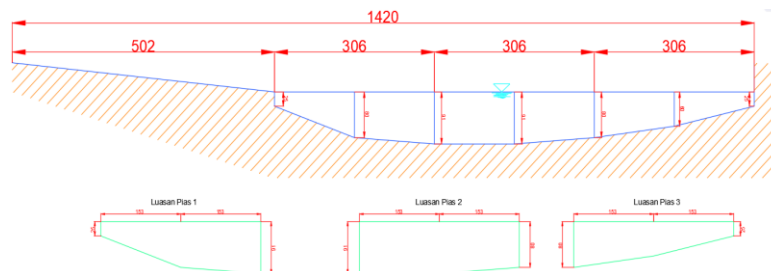
Pengukuran debit sungai Bendungan Sedau dilakukan pada bulan Mei 2025 dengan bantuan alat *Flowatch* dengan menganggap bentuk penampang sungai seperti trapesium, sehingga luas penampang sungai yang dicari adalah luas trapesium. Lokasi pengukuran debit aliran sungai Bendungan Sedau dilakukan di hilir aliran sungai Bendungan Sedau.

Pengukuran dilakukan dengan membagi total 9 meter lebar sungai menjadi 3 pias dengan jarak setiap piasnya 3,06 meter, dengan 3 titik kedalaman yaitu 0,2h; 0,6h; 0,8h seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Sungai Bendungan Sedau

| KEDALAMAN (m) | PENGUKURAN KECEPATAN (m/dt) | | |
|------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| | PIAS 1 (h=0,8m) | PIAS 2 (h=0,91) | PIAS 3 (h=0,6) |
| 0,2h | 0,9 | 1,6 | 1,3 |
| | 1,1 | 1,9 | 1,1 |
| | 1 | 2 | 1,1 |
| 0,6h | 0,8 | 1,6 | 0,8 |
| | 0,9 | 1,4 | 1,1 |
| | 1,1 | 1,7 | 1,1 |
| 0,8h | 0,2 | 1,3 | 0,6 |
| | 0,5 | 1,5 | 0,5 |
| | 0,4 | 1,4 | 0,7 |

Menghitung debit aliran sungai bendungan sedau diperlukan mengetahui rata rata kecepatan aliran sungai bendungan sedau tersebut karena luas total penampang sungai tersebut selebar 14 meter sehingga dibagi menjadi 3 pias atau lokasi pengukuran untuk di rata ratakan kecepatan sungai tersebut.



Gambar 3. Asumsi Desain Luas Penampang Sungai

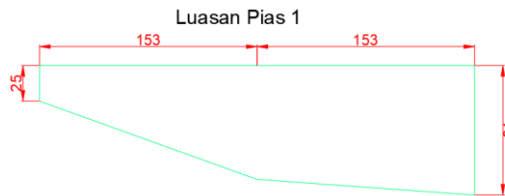
4.2 Menghitung luasan setiap pias sungai

Penentuan luasan tiap pias memerlukan identifikasi bentuk geometrinya, sehingga persamaan luas dapat ditentukan sebagai mana seperti pada gambar 3 yang menggambarkan pias 1 dan 3

berbentuk setengah trapesium dan pias 2 adalah jajar genjang sehingga luasan pias dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui:

a) Luasan pias 1

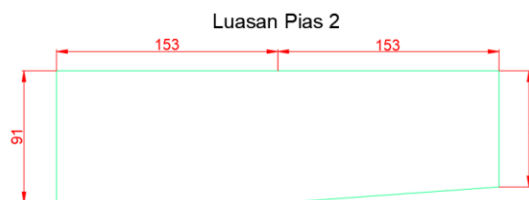


Gambar 4. Bentuk luasan pias 1

Trapezium 1, a= 0,25 m; b= 0,8 m; t= 1,53 m

Trapezium 2, a= 0,8 m; b= 0,91 m; t= 1,53 m

b) Luasan pias 2

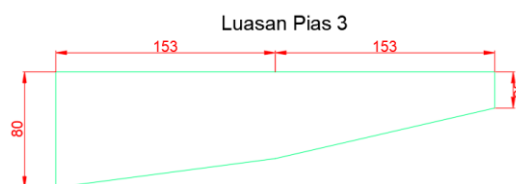


Gambar 5. Bentuk luasan pias 2

Persegi panjang, p= 0,9 m ; l= 1,53 m

Trapezium, a= 0,9 m ; b= 0,8 m; t= 1,53 m

c) Luasan pias 2



Gambar 6. Bentuk luasan pias 3

Trapezium 1, a= 0,8 m; b= 0,6 m; t= 1,53 m

Trapezium 2, a= 0,6 m; b= 0,25 m; t= 1,53 m

Sehingga dapat dihitung sebagai berikut

a) Luas Pias 1

$$L = ((0,25 + 0,8) \times (\frac{1,53}{2})) + ((0,8 + 0,91) \times (\frac{1,53}{2})) = 2,11 \text{ m}^2 \quad (7)$$

b) Luas Pias 2

$$L = (0,91 \times 1,53) + ((0,91 + 0,8) \times (\frac{1,53}{2})) = 2700 \text{ m}^2 \quad (8)$$

$$L = (0,8 \times 0,6) + ((0,6 + 0,25) \times (\frac{1,53}{2})) = 1,721 \text{ m}^2 \quad (9)$$

Tabel 2. Data Hasil Luasan Tiap Pias Sungai Bendungan Sedau

| Luasan Pias | (m ²) |
|-------------|-------------------|
| Pias 1 | 2,111 |
| Pias 2 | 2,700 |
| Pias 3 | 1,721 |

4.2 Menghitung debit Irigasi Bendungan Sedau

Pengukuran debit sungai Bendungan Sedau dilakukan pada bulan Mei 2025 dengan bantuan alat *Flowwatch* dengan menganggap bentuk penampang sungai seperti trapesium, sehingga luas penampang sungai yang dicari adalah luas trapesium. Lokasi pengukuran debit aliran sungai Bendungan Sedau dilakukan di hilir aliran sungai Bendungan Sedau dengan lokasi pengukuran seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Lokasi pengukuran debit aliran sungai Bendungan Sedau
 Sehingga didapatkan hasil pengukuran debit sungai bendungan sedau seperti pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data hasil perhitungan debit sungai Bendungan Sedau

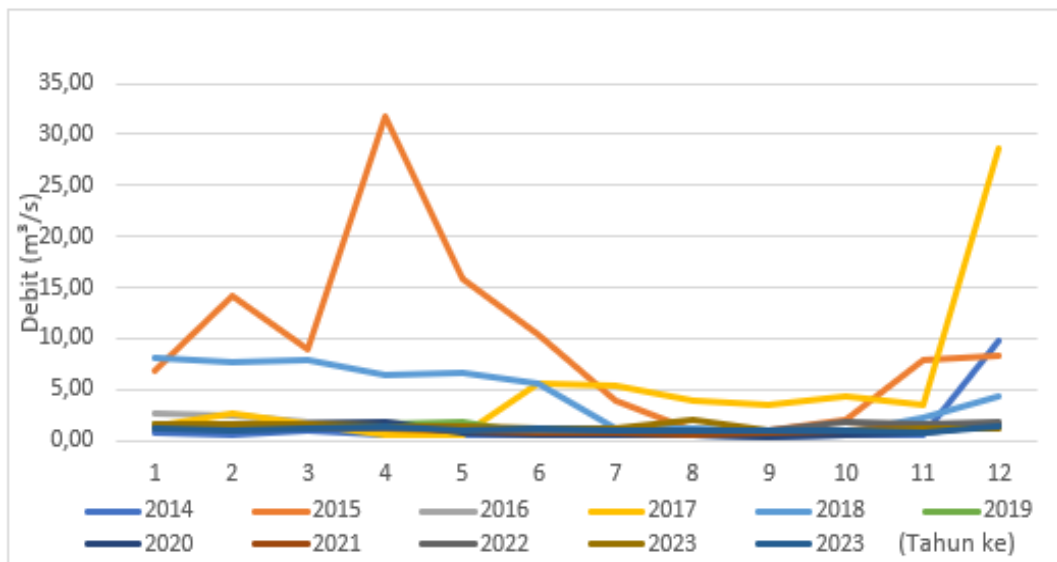
| Nomor Pias | Kecepatan (m/s) | Luas Pias (m ²) | Debit (m ³ /s) |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------|
| Pias 1 | 0,8 | 2,111 | 1,6187 |
| Pias 2 | 1,6 | 2,700 | 4,3207 |
| Pias 3 | 0,9 | 1,721 | 1,5874 |
| Debit rata rata | | | 2,46 |

Hasil pengukuran kecepatan aliran dan luas penampang Sungai Bendungan Sedau selama satu hari pada bulan Mei 2025 menunjukkan debit sebesar $2,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2 Validasi Data Perencanaan

Data debit Irigasi Bendungan Sedau diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, yang mencakup periode harian dari tahun 2014 hingga 2024. Setelah dilakukan analisis hidrologi dan sipil untuk menghitung rata-rata tahunan. Analisis data debit dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara I selama satu tahun terakhir, yang divalidasi melalui pengukuran menggunakan alat Flowatch di Sungai Bendungan Sedau, menunjukkan bahwa data BWS masih merepresentasikan kondisi terkini.

Hasil pengukuran debit air pada bulan Mei 2025 menunjukkan nilai sebesar $2,46 \text{ m}^3/\text{s}$. sedangkan pada data debit sungai 2014 hingga 2024 pada bulan Mei yang didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I memiliki rata rata debit maksimal sebesar $2,84 \text{ m}^3/\text{s}$. Perbedaan yang terjadi antara hasil pengukuran terbaru dan data BWS kemungkinan besar disebabkan oleh pengambilan data yang dilakukan dalam satu hari saja. Selain itu, variasi debit juga dapat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi tahunan, seperti tahun basah atau tahun kering, yang dipicu oleh fluktuasi curah hujan setiap tahunnya.



Gambar 8. Grafik debit sungai Bendungan Sedau 2014-2024

4.3 Perhitungan Debit Probabilitas Harian

Data debit irigasi Bendungan Sedau dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara I mencakup periode harian tahun 2014 hingga 2024. Data tersebut kemudian dianalisis melalui studi hidrologi dan sipil untuk memperoleh debit rata-rata tahunan, sesuai dengan acuan buku "Hidrologi Terapan II". Hasil perhitungan debit rata-rata tahunan disajikan pada Tabel 4. Selanjutnya, perhitungan probabilitas debit harian dan debit andalan dilakukan dengan

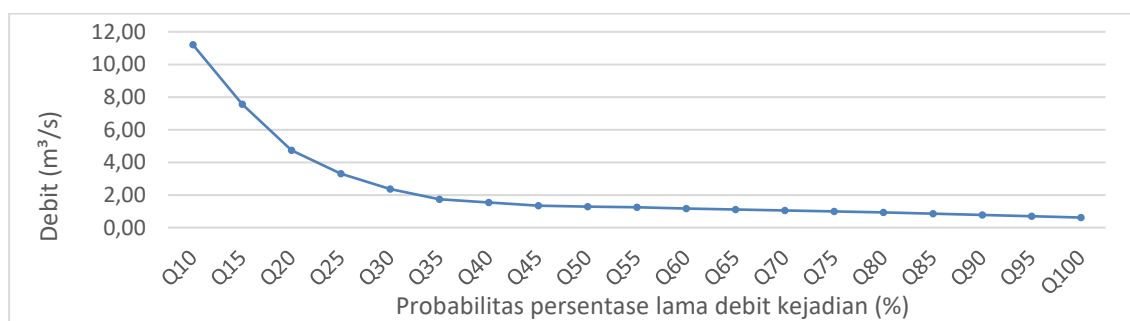
menggunakan pendekatan hidrologi dan sipil untuk menentukan persentase probabilitas tahunan sebagai berikut:

Tabel 4. Pehitungan Probabilitas Debit Air Bendungan Sedau Tahunan

| Probabilitas (%) | Debit air bendungan sedau (m ³ /s) | | | | | | | | | | | | Rata - Rata Tahunan |
|------------------|---|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nop | Des | |
| 9,09 | 8,02 | 14,18 | 9,02 | 31,68 | 15,81 | 10,4 | 5,37 | 3,94 | 3,38 | 4,35 | 7,8 | 28,6 | 11,88 |
| 18,18 | 6,76 | 7,72 | 7,92 | 6,42 | 6,58 | 5,63 | 3,8 | 1,97 | 0,99 | 1,97 | 3,44 | 9,76 | 5,25 |
| 27,27 | 2,56 | 2,74 | 1,88 | 1,88 | 1,74 | 5,58 | 1,2 | 1,1 | 0,95 | 1,8 | 2,3 | 8,23 | 2,66 |
| 36,36 | 1,55 | 2,48 | 1,7 | 1,83 | 1,33 | 1,16 | 1,12 | 1,07 | 0,91 | 0,97 | 1,67 | 4,32 | 1,68 |
| 45,45 | 1,51 | 1,7 | 1,65 | 1,64 | 1,09 | 1,11 | 0,99 | 0,91 | 0,87 | 0,96 | 1,55 | 1,84 | 1,32 |
| 54,55 | 1,49 | 1,59 | 1,62 | 1,44 | 1,04 | 1 | 0,96 | 0,89 | 0,87 | 0,93 | 1,43 | 1,7 | 1,25 |
| 63,64 | 1,47 | 1,59 | 1,55 | 1,3 | 0,967 | 0,83 | 0,82 | 0,63 | 0,81 | 0,84 | 1,14 | 1,59 | 1,13 |
| 72,73 | 1,4 | 1,52 | 1,36 | 1,17 | 0,93 | 0,74 | 0,7 | 0,6 | 0,58 | 0,77 | 0,89 | 1,49 | 1,01 |
| 81,82 | 1,18 | 1,5 | 1,24 | 1,11 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,54 | 0,49 | 0,76 | 0,81 | 1,45 | 0,92 |
| 90,91 | 1,09 | 0,96 | 1,13 | 0,49 | 0,54 | 0,63 | 0,55 | 0,52 | 0,44 | 0,61 | 0,68 | 1,43 | 0,76 |
| 100,00 | 0,67 | 0,62 | 1,07 | 0,47 | 0,51 | 0,49 | 0,53 | 0,49 | 0,41 | 0,46 | 0,49 | 1,2 | 0,62 |
| Rata - Rata | 2,52 | 3,33 | 2,74 | 4,49 | 2,84 | 2,57 | 1,52 | 1,15 | 0,97 | 1,31 | 2,02 | 5,60 | 2,59 |
| Max | 8,02 | 14,18 | 9,02 | 31,68 | 15,81 | 10,4 | 5,37 | 3,94 | 3,38 | 4,35 | 7,8 | 28,6 | 11,88 |
| Min | 0,67 | 0,62 | 1,07 | 0,47 | 0,51 | 0,49 | 0,53 | 0,49 | 0,41 | 0,46 | 0,49 | 1,2 | 0,62 |

4.4 Perhitungan Probabilitas Debit Andalan

Data probabilitas debit tahunan digunakan untuk menghitung debit andalan dan menyusun kurva durasi aliran (*flow duration curve*) dengan rentang probabilitas 1% hingga 100 % pada interval 5%. Asumsi yang digunakan adalah 5% dari 365 hari sama dengan 18,25 hari sehingga jarak antar probabilitas tidak terlalu jauh. Karena nilai probabilitas terendah yang diperoleh sebesar 9,09 %, perhitungan dilakukan mulai dari 10 % hingga 100 %, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3:



Gambar 9. Grafik Kurva lama debit

Gambar 9. Grafik Kurva lama debit menampilkan kurva durasi aliran (*Flow Duration Curve*) yang menggambarkan hubungan antara persentase waktu aliran sungai melebihi nilai debit tertentu (Q) dengan besarnya debit (m^3/s). Grafik tersebut menunjukkan bahwa debit tertinggi, sekitar $11,2 m^3/s$, hanya terjadi pada sekitar 10% waktu dalam setahun (Q_{10}), sehingga aliran puncak tergolong jarang. Sementara itu, debit relatif stabil pada kisaran $1,0-1,5 m^3/s$ mulai dari Q_{40} hingga Q_{100} , yang mengindikasikan kondisi dasar aliran sungai lebih konsisten dan andal.

Data yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara I merupakan data debit aliran utama Sungai Bendungan Sedau. Namun, dalam perencanaan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau, sumber air yang dimanfaatkan berasal dari saluran irigasi. debit yang digunakan dalam analisis ditetapkan sebesar 50% dari debit sungai, dengan asumsi bahwa hanya setengah dari total debit sungai dialirkan ke saluran irigasi melalui sistem pembagian air yang ada.

4.5 Kapasitas Daya Pembangkitan

Pembangkitan tenaga air adalah suatu

Data debit rencana dan head dari studi hidrologi yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I disajikan sebagai berikut:

Q = debit air (50% dengan asumsi pengambilan sumber air dari kolam lumpur Bendungan Sedau)

Diketahui:

$$Q_{100\%} \text{ (365 hari)} = 0,31 m^3/s$$

$$Q_{50\%} \text{ (183 hari)} = 0,64 m^3/s$$

$$Q_{30\%} \text{ (109 hari)} = 1,18 m^3/s$$

$$H \text{ tinggi jatuh bersih} = 11m$$

$$\eta T \text{ efisiensi turbin (0,70 - 0,90)} = 0,88$$

$$\eta G = \text{efisiensi generator (0,9 - 0,95)} = 0,95$$

Hasil perhitungan debit terhadap perubahan debit disajikan pada tabel 4.7 berikut:

Tabel 5. Hubungan daya pembangkitan terhadap perubahan debit air

| Nama Lokasi | Debit (m^3/dt) | | | H (m) | P _{generator} (kW) | | |
|-----------------------|--------------------|------------------|------------------|-------|-----------------------------|------------------|------------------|
| | Q _{100%} | Q _{50%} | Q _{30%} | | Q _{100%} | Q _{50%} | Q _{30%} |
| PLTMH Bendungan Sedau | 0,31 | 0,64 | 1,180 | 11 | 27,937 | 57,677 | 106,342 |

Perencanaan PLTMH Bendungan Sedau direncanakan menggunakan debit $0,64 m^3/s$ ($Q_{50\%}$) sebagai debit rencana. disebabkan melihat probabilitas kejadian debit yang cukup lama yaitu 183 hari sehingga potensi energi yang dapat dimanfaatkan dengan optimal. Kapasitas daya rencana PLTMH Bendungan Sedau adalah 100 kW Hal ini mengikuti data tinggi jatuh air dan debit optimal yang dapat dimanfaatkan.

4.6 Perhitungan Diameter Pipa Pesat dan Desain Forebay

Perhitungan diameter pipa pesat pada perencanaan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau mengacu pada *Hydro Inventory Study* yang disusun oleh PLN pada tahun 1999 dan diperkuat dalam dokumen RUPTL PLN tahun 2024. Penentuan diameter pipa pesat didasarkan pada rumus empiris yang umum digunakan dalam studi hidrologi dan hidrolika dengan persamaan sebagai berikut:

Menggunakan debit andalan $Q = 0,64 m^3/s$, maka diameter pipa pesat dapat dihitung) sebagai berikut:

$$D_1 = 0,875 \times Q^{0,407} \tag{10}$$

$$= 0,875 \times 0,64^{0,407} \quad (11)$$

$$= 0,73 \text{ m} \quad (12)$$

4.6 Pemilihan Jenis Turbin

Dengan debit andalan 0,64 m³/s dan head efektif 11 m, turbin yang paling sesuai untuk PLTMH Irigasi Bendungan Sedau adalah turbin Kaplan. Mengacu pada artikel *The Mavel Kaplan Turbine*, tipe turbin yang direkomendasikan adalah Kaplan S (S-Kaplan).

PLTMH Irigasi Bendungan Sedau menggunakan turbin Kaplan S dengan daya hidraulik 70,40 kW, kecepatan spesifik 711,85 rpm, serta diameter runner 1,85 m. Nilai kecepatan spesifik tersebut berada dalam rentang 500–750 rpm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8, pemilihan turbin Kaplan dapat dinyatakan sesuai dengan karakteristik perencanaan.

4.7 Pemilihan Jenis Transmisi Daya Mekanis

Menentukan jenis transmisi daya mekanis yang digunakan, pemilihan sistem transmisi sangat dipengaruhi oleh jenis turbin serta besarnya daya mekanis yang dihasilkan. Berdasarkan literatur “Mechanical Engineering Design”, untuk daya turbin di atas 50 kW umumnya disarankan penggunaan transmisi berbasis roda gigi (*gearbox*) karena memiliki risiko slip yang rendah, terutama pada kecepatan putar tinggi. Namun, dalam perencanaan ini dipilih sistem transmisi menggunakan *drive belt* sebagai alternatif pengganti *gearbox* dengan pertimbangan kemudahan perawatan, fleksibilitas pemasangan, dan biaya yang lebih ekonomis.

Penggunaan *drive belt* tetap memerlukan penyesuaian rasio transmisi antara pulley pada poros turbin dan pulley pada poros generator untuk mencapai kecepatan putar yang sesuai serta dengan bantuan *fly wheel* sebagai penyeimbang kecepatan putar dari turbin ke generator. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan rasio transmisi serta efisiensi sistem *drive belt*. Daya yang ditransmisikan dan efisiensi sistem.

PLTMH Irigasi Bendungan Sedau direncanakan menggunakan sistem transmisi daya mekanis tipe roda sabuk (*drive belt*) dengan rasio roda gigi 1:7. Daya output mekanik sebesar 82,582 HP akan disalurkan dari turbin ke generator, yang direncanakan menggunakan generator induksi tiga fasa terhubung ke saluran utama

4.8 Pemilihan Jenis Generator

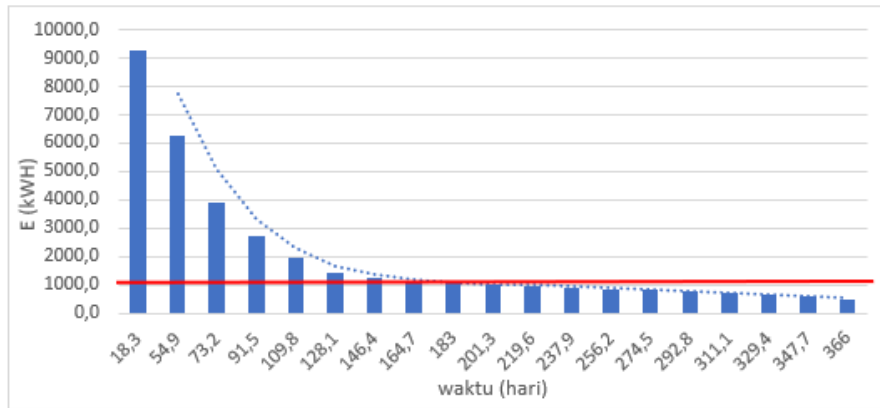
Perencanaan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau menggunakan sistem pembangkitan on-grid. Dengan pemilihan turbin Kaplan serta sistem transmisi daya mekanis tipe roda sabuk berasio 1:7, diperoleh daya output turbin yang melebihi 50 kW. Pada kondisi tersebut, generator yang paling sesuai adalah generator induksi tiga fasa. Salah satu spesifikasi yang direkomendasikan adalah Stamford N125G4, yang menggunakan sistem *self-excited* sehingga sesuai untuk PLTMH berkonfigurasi on-grid, perencanaan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau ditetapkan menggunakan turbin Kaplan S, sistem transmisi daya mekanis tipe roda sabuk (*drive belt*), serta generator induksi tiga fasa Stamford N125G4.

4.9 Perhitungan Produksi Energi Tahunan PLTMH

Produksi energi tahunan merupakan besarnya energi yang dibangkitkan suatu pembangkitan terhadap perubahan debit sepanjang tahun. Besarnya energi produksi pembangkitan dapat diketahui dengan mengalikan besarnya daya pembangkitan dengan waktu operasi pembangkit.

Data debit irigasi yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) tersedia selama 10 tahun, terhitung sejak 2014 hingga 2024. Untuk keperluan perhitungan produksi energi tahunan, digunakan data debit harian sepanjang satu tahun penuh (366 hari) dari Bendungan Irigasi Sedau.

Perencanaan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau menggunakan data debit irigasi yang kemudian diolah melalui salah satu metode hidrologi, yaitu metode Manning. Hasil olahan data tersebut dibagi ke dalam 20 kelas probabilitas dengan interval 10%, 15%, 20%, hingga 100%. Untuk menghitung produksi energi tahunan PLTMH selama 366 hari, diperlukan informasi mengenai lama kejadian pada setiap kelas probabilitas. Nilai lama kejadian tersebut ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:



Gambar 10. Produksi energi listrik tahunan (E)

Dalam satuan kWh berdasarkan waktu operasi (hari) dan probabilitas debit air, energi yang dihasilkan pada setiap interval probabilitas debit selama 366 hari, dengan tren menurun seiring berkurangnya debit air. Garis merah horizontal merepresentasikan nilai rata-rata energi tahunan yang diproduksi oleh PLTMH per interval waktu (sekitar 1.000 kWh), menunjukkan bahwa sebagian besar energi dihasilkan pada periode awal ketika debit tinggi. Gambar 10 Grafik Produksi energi tahunan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau menegaskan bahwa kontribusi terbesar terhadap total produksi energi berasal dari periode debit tinggi, sehingga optimalisasi PLTMH sangat bergantung pada pemanfaatan debit andalan.

KESIMPULAN

Perencanaan PLTMH Irigasi Bendungan Sedau memanfaatkan debit andalan $0,64 \text{ m}^3/\text{s}$ dan head efektif 11 m sebagai dasar penentuan kapasitas pembangkit. Rancangan teknis meliputi pemanfaatan kolam lumpur sebagai bak penenang, penggunaan penstock baja berdiameter 0,73 m, serta pemilihan turbin Kaplan S empat sudu yang sesuai dengan karakteristik debit dan head. Sistem transmisi daya dirancang menggunakan roda sabuk dengan rasio 1:7 untuk mencapai kecepatan generator, sementara pembangkitan listrik menggunakan generator induksi tiga fasa tipe Stamford N125G4 dengan konfigurasi on-grid. Berdasarkan hasil perhitungan teknis, kapasitas daya yang dapat dihasilkan berada pada kisaran 50–100 kW dengan potensi produksi energi tahunan sebesar 184,098 kWh. Pembangkit ini berpotensi mendukung suplai energi pada jaringan utama serta memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di sekitar Bendungan Sedau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ariesta Adhitama Satya Negara, Dedi Nugroho S.T., M.T., dan Agus Suprajitno S.T., M.T. (2019). Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Air Terjun Kalipancur Kabupaten Semarang. *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula*.
- Asgar, D. (2017). Pra Perancangan Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Kokok Babak, Lombok Tengah. Mataram: *Teknik Elektro Universitas Mataram*.
- Budiyanto, Prian Gagani, Faisal Nays. (2010). Karakteristik Pembebanan Sinkron 3 Fasa, 1 KW, 380 VOLT, dan 50 HZ dengan Rheostat Kawat Nikelin Kanthal N-80 Skala Laboratorium.
- Denny R. Pattiapon, Jacob J. Rikumahu, Marselin Jamlaay. (2019). Penggunaan Motor Sinkron Tiga Phasa Tipe Salient Pole sebagai Generator Sinkron. *Jurnal Simetrik*.
- Franky Tombokan, Teddy Takaendengan. (2021). Identifikasi dan Pengukuran Debit Aliran Sungai Sario. *Teknik Sipil Terapan*.
- Gusmedi, H., Putra, R. P., Samosir, A. S., Lampung, U., & Lampung, K. B. (2025). Desain Pembangkit Listrik. *13(1)*.
- Harianja, Enzo W.B. Siahaan Hodmiantua Sitanggung Samuel. (2023). Studi Kelayakan dalam Perencanaan Turbin Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Rahuning Berdaya 70kw. *Jurnal Darma Agung*.
- John S. Gulliver, P. (1991). *Hydropower Engineering Handbook*. New York: Mcgraw-Hill, Inc.
- Maali, N. (2017). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Kepung Kabupaten Kediri. In *Maali*.
- Mazaya Dalili Adzhani, Yuyu Rachmat Tayubi. (2019). Analisis Curah Hujan terhadap Debit Air Sungai di Daerah Aliran. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*.
- Prof. Dr. Ir Bambang Triatmodjo, D. (2008). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Rimbawati1, Cholish, Eko Saputro, Partaonan Harahap. (2021). Perancangan Sistem Kontrol Penstabil Tegangan Menggunakan PLC M221 pada PLTMH Bintang Asih. *Rekayasa Elektrikal dan Energi*.
- ROHERMANTO, A. (2007). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) (Vol. 4, Issue 1).
- Samuel Harijanja Sawin Sebayang T. Hasballah. (2022). 136 Studi Perencanaan Turbin Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Hidro (PLTMH) Rahuning 70 kw. *Jurnal Eknologi Mesin Uda*.
- Sri Sukamta, Adhi Kusmantoro. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro*.