

**STUDI KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO
(PLTMH) PT DEMPO SUMBER ENERGY BATANG PELANGAI GADANG
PESISIR SELATAN**

**ALDITO RAHMAN¹, SEPANUR BANDRI², ANDI M NUR PUTRA³, ANDI
SYOFIAN⁴, ANGGUN ANUGRAH⁵**

Teknik, Institut Teknologi Padang

2021310059.aldito@itp.ac.id¹, sepannurb@yahoo.com², andimnurputra@itp.ac.id³,
andisyofian@itp.ac.id⁴, anggunanugrah@itp.ac.id⁵

Abstract: *This research conducts a reassessment of PT Dempo Sumber Energi MHP by testing the water discharge, head height, energy loss, and the amount of power that will be released by PT Dempo Sumber Energi MHP in order to get optimal results as planned by PT Dempo Sumber Energi MHP. This reassessment will conduct a feasibility study of the existing result quality system by comparing the results of the data obtained by the author with the applicable standards, and taking into account the value generated at the MHP. So that when later results are found that are not in accordance with what has been determined, the author can recommend that the expected results are appropriate and can help smooth the process at the company. Calculation of the mainstay discharge with the MOCK method which has an effective discharge of 17,43 m³ / sec, a head as high as 43.4 m from the dam to the turbine house door, this has an impact on energy loss of 0.13 m due to the slightly curved shape of the pipe mouth of 0.2 and also energy loss due to closure in the pipe of 0.48 m. The turbine used is a francis turbine which has a head range of 10 to 350. The power to be generated is 41.124,7 kW which loses energy from the recorded results of 571 which can occur at any time due to certain things. This becomes a variety of factors that cause a reduction in the output power generated at the MHP.*

Keywords: *Debit, Head, Power, PLTMH.*

Abstrak: Penelitian ini melakukan pengkajian ulang terhadap PLTMH PT Dempo Sumber Energi dengan melakukan pengujian terhadap debit air, tinggi head, kehilangan energi, dan besar daya yang akan dikeluarkan oleh PLTMH PT Dempo Sumber Energi agar mendapatkan hasil yang optimal sesuai yang direncanakan PLTMH PT Dempo Sumber Energi. Pengkajian ulang ini akan melakukan studi kelayakan dari sistem kualitas hasil yang ada dengan membandingkan antara hasil yang data yang diperoleh penulis dengan standar yang berlaku, serta memperhitungkan nilai yang dihasilkan pada PLTMH. Sehingga ketika nanti ditemukan hasil yang tidak sesuai dengan yang telah ditentukan maka penulis bisa merekomendasikan agar hasil yang diharapkan sesuai dan dapat membantu kelancaran proses pada perusahaan. Perhitungan debit andalan dengan metode MOCK yang memiliki hasil debit yang efektif sebesar 17,43 m³/detik, head setinggi 43,4 m dari bendungan menuju pintu rumah turbin, hal ini berdampak kerugian kehilangan energi sebesar 0,13 m akibat bentuk mulut pipa yang sedikit melengkung sebesar 0,2 dan juga kehilangan energi akibat penutupan pada pipa sebesar 0,48 m. turbin yang di pakai yaitu turbin francis yang memiliki rentang head 10 sampai 350. Daya yang akan dibangkit sebesar 41.124,7kW yang kehilangan energi dari hasil tercatat sebesar 571 yang bisa terjadi pengurangan setiap saat disebabkan hal-hal tertentu. Hal tersebut menjadi berbagai macam factor yang menyebabkan kurangan daya keluaran yang dihasilkan pada PLTMH.

Kata Kunci: Debit, Head, Daya, PLTMH.

A.Pendahuluan

Dusun Lubuk Sariak Nagari Pelangai Gadang, Kabupaten Pesisir, Sumatera Barat merupakan salah satu sumber potensial yang dikelola oleh PT DEMPO SUMBER ENERGY dengan pembangkit listrik tenaga air tersebut memanfaatkan debit Sungai Batang Pelangai Gadang. Daerah Aliran Sungai (DAS) seluas 292,1 Km² pada 513,04² Km dari total luas DAS dan curah hujan tahunan antara 2.000 hingga 6.000 mm. Debit rata-rata Sungai adalah 25,51

m³ / detik dan debit rencana adalah 23,52 m³/ detik. Pembangkit tersebut akan dilengkapi dengan 2 (dua) unit mesin pembangkit, terdiri dari turbin berkapasitas 49 MW dengan *Tipe Francis Turbine*, Generator sinkron 3 fasa 6.125 MVA, Trafo Utama 10.000 kVA. Pembangkit ini akan di bangun dengan total panjang sekitar 9 Km dengan penampang ganda 185 mm yang akan jadi fasilitas Interkoneksi di PT PLN (Persero) yang terhubung pada Gardu Induk Rayon Balai Selasa (GH). Umumnya aliran sungai, air terjun dan saluran irigasi dimana debit air dan tinggi jatuh nya di manfaatkan untuk PLTMH. Energi yang di dapatkan mikrohidro merupakan hasil dari air yang mengalir dan mempunyai beda ketinggian (Riadi, 2016). Dasar dari mikrohidro sendiri ialah memanfaatkan energi potensial yang tinggi jatuh air (head)nya semakin tinggi air tersebut maka akan semakin besar pula energi listrik yang dapat di bangkitkan (Saputri, 2016).

Oleh sebab itu dengan penambahan fasilitas Interkoneksi pada PT PLN agar bisa memenuhi kebutuhan masyarakat, dengan melihat wilayah luas sungai dan luas tangkapan yang memadai maka menambah PLTMH dengan kapasitas yang sudah direncanakan sebelumnya. Untuk itu perlu peninjauan ulang lagi agar menghasilkan kapasitas daya yang bisa memenuhi dan menyuplai energi listrik yang di butuhkan untuk area luas.

Dengan kenyataan dan kondisi yang demikian, terdapat kemungkinan air yang belum termanfaatkan secara optimal dapat digunakan untuk membangkitkan listrik. Listrik yang dihasilkan dapat menambah kebutuhan energi listrik bagi masyarakat Kabupaten Pesisir Selatan, sehingga masalah kekurangan listrik di daerah-daerah terpencil di Kabupaten Pesisir Selatan dapat teratasi (Laia, 2018). Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut perlu pengkajian ulang agar mendapatkan energi listrik yang optimal dengan melakukan identifikasi masalah pada debit yang digunakan, tinggi jatuh efektif pada air, kehilangan energi, dan besar daya energi yang dihasilkan pada PLTMH.

Untuk membangun sebuah PLTMH menentukan debit aliran sungai adalah hal utama. Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Prinsip pelaksanaan pengukuran debit sungai adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air sungai tersebut (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 standart untuk dapat di aplikasikan pada system pembangkit listrik tenaga air (B. J, Sinaga 2017). Pengertian kapasitas merujuk pada jumlah volume aliran air dalam persatuan waktu, sedangkan selisih ketinggian aliran air sampai ke pintu rumah turbin disebut dengan head terpasang (Eswanto, Hasan and Razlan, 2023). Pemakaian variasi sudut belokan menyebabkan perubahan pada head losses dan pressure drop. Semakin besar sudut belokan, nilai head losses dan pressure drop yang dihasilkan semakin besar (Sayoga and Nuarsa, 2012).

Pada PLTMH ini 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 ini, 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 jaman, kajian ini penulis tuangkan dalam penulisan Tugas Akhir yang berjudul "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) PT Dempo Sumber Energy Di Dusun Lubuk Sariak Nagari Pelangai Gadang, Kabupaten Pesisir, Sumatera Barat".

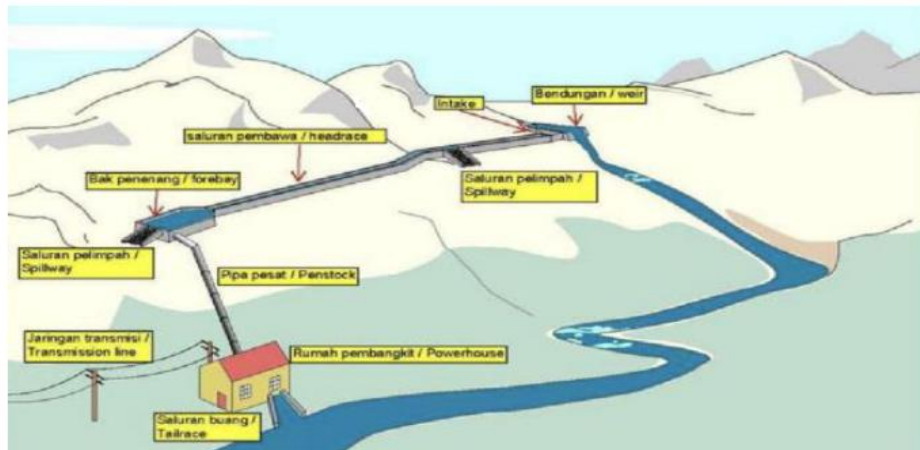
Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui besar debit andalan yang digunakan PLTMH, Untuk mengetahui tinggi jatuh efektif PLTMH, Untuk mengetahui pengaruh kehilangan energi akibat pipa *penstock* yang akan digunakan dalam PLTMH, Untuk mengetahui jenis turbin yang digunakan dan Untuk mengetahui besar daya dan energi yang dihasilkan PLTMH.

PLTMH merupakan pembangkit listrik dengan memanfaatkan aliran sungai (skala kecil) untuk menghasilkan daya listrik menggunakan turbin air dengan generator. Turbin air ini berperan dalam mengubah berbagai bentuk energi air seperti (energi potensial, tekanan dan energi kinetik) yang nantinya akan menjadi energi mekanik untuk memutar porosnya. Biasanya, kapasitas PLTMH memanfaatkan sumber air untuk yang lumayan deras untuk menghasilkan energi listrik. Kapasitas dari PLTMH tidak melebihi dari 100KW. Indonesia

memiliki curah hujan yang melimpah dan masih belum memanfaatkan secara optimal potensi pemangkit listrik tenaga air ini. Prinsip dasar PLTMH adalah menggunakan generator yang diputar oleh turbin air. Untuk menjaga putaran generator agar tetap konstan, diperlukan suplai air yang cukup berlimpah. Semakin banyak air agar tetap konstan, diperlukan suplai air yang cukup berlimpah. Semakin banyak pula air yang akan mengalir ke dalam turbin, semakin besar pula energi kinetik yang dihasilkan, yang pada gilirannya menghasilkan daya listrik yang lebih besar. (Christiawan, Jasa and Sudarmojo, 2017).

PLTMH pada dasarnya memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (head). Semakin tinggi jatuhnya air melalui pipa penstock, semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Faktor-faktor seperti tata letak sungai juga memainkan peran penting, karena tinggi jatuh air dapat ditingkatkan dengan membangun bendungan aliran air, yang akan meningkatkan tinggi jatuh air dan dengan demikian meningkatkan potensial energi potensial. Proses perubahan ini tidak terjadi secara langsung, melainkan melalui serangkaian tahap, dimana energi potensial berubah menjadi energi kinetik, lalu menjadi energi mekanik yang mempengaruhi rotasi kincir dan turbin, yang akhirnya menghasilkan energi listrik melalui generator. Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut: 1) Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik; 2) Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik; dan 3) Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air yang terletak pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena memiliki kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang akan mempengaruhi putaran terhadap kincir/turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir/turbin. Klasifikasi PLTMH terdiri dari 2 jenis yaitu berdasarkan *Head* ada 3 (*Head* tinggi : $H > 100$ m biasanya, digunakan turbin pelton, *Head* menengah : $30 \text{ m} < H < 100$ m biasanya digunakan turbin cross-flow dan *Head* rendah : $2 \text{ m} < H < 30$ m biasanya digunakan turbin propeller. Berdasarkan kapasitas yaitu PLTA piko : $< 500 \text{ W}$ - PLTA mikro : $0,5\text{-}100 \text{ kW}$, PLTA mini : $100\text{-}1000 \text{ kW}$, PLTA kecil : $1\text{-}10 \text{ mW}$ dan PLTA skala penuh : $> 10 \text{ mW}$. Secara teknis PLTMH memiliki tiga komponen utama yaitu air (hydro), turbin, dan generator. Prinsip kerja PLTMH itu sendiri adalah pada dasarnya sama dengan PLTA hanya saja membedakan kapasitasnya atau besarnya. Skema prinsip kerja PLTMH dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Prinsip Kerja PLTMH Pembangunan (Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani, 2017)

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) mengoperasikan dengan memanfaatkan perbedaan ketinggian dan debit air per detik yang tersedia. Air yang mengalir ini akan dialirkan melalui saluran irigasi, sungai, atau bahkan air terjun. Aliran air tersebut, ketika mengalir melalui turbin, akan memutar poros turbin dan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik ini selanjutnya digunakan untuk menggerakkan generator, yang bertugas mengubahnya menjadi energi listrik. Dalam skema PLTMH, ada dua faktor utama yang sangat diperlukan, yaitu debit air (jumlah air yang mengalir) dan tinggi jatuh air (perbedaan ketinggian dari atas hingga bawah). Kombinasi dari debit air dan tinggi jatuh air ini adalah apa yang menciptakan potensial tenaga yang dapat dimanfaatkan oleh PLTMH. Dengan konsep

ini, energi dari perbedaan ketinggian dan aliran air (energi potensial) diubah menjadi energi mekanik, dan akhirnya menjadi energi listrik.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengkajian ulang pada PLTMH PT Dempo Sumber Energi. Pada pengkajian ulang ini penulis akan melakukan status kelayakan dari sistem kualitas hasil yang ada dengan membandingkan antara hasil yang data diperoleh oleh penulis dengan standart berlaku, serta memperhitungkan nilai yang dihasilkan pada PLTMH. Sehingga ketika nanti ditemukan hasil yang tidak sesuai dengan yang telah ditentukan maka penulis bisa merekomendasikan agar hasil yang diharapkan sesuai dan dapat membantu kelancaran proses pada perusahaan. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Dusun Lubuk Sariak Nagari Pelangai Gadang, Kabupaten Pesisir, Sumatera Barat. Dengan luas DAS pelangai gadang adalah 291,1 km².



Gambar 2. Daerah Aliran Sungai Pelangai Gadang

Untuk keperluan dan kebutuhan data penelitian maka data-data yang dibutuhkan diperlukan yaitu Data debit andalan sungai sekitaran Dusun Lubuk Sariak Nagari Pelangai Gadang, Kabupaten Pesisir, Sumatera Barat, Luas DAS Pelangai Gadang, Debit yang tercatat, Debit rencana, Tinggi kotor (Head), Tinggi bersih (Head), Loss head, Tipe Turbin, Diameter pipa, Panjang pipa, Tebal pipa, Nilai Daya yang tercatat, Keluaran generator dan Efisiensi generator Pada tahap ini dilakukan pencarian landasan-landasan teori serta rumus- rumus yang diperoleh dari berbagai buku, jurnal dan lain-lain untuk melengkapi konsep dan teori, sehingga memiliki landasan dan keilmuan yang baik dan sesuai. Adapun metode pengumpulan data yang disajikan adalah sebagai berikut: 1) Observasi Lapangan, Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung permasalahan di lapangan tempat peneliti melakukan penelitian, dalam hal ini tempat penelitian akan dilakukan di wilayah kerja PT. Dempo Sumber Energi; 2) Pengumpulan Data, Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data dengan metode meminta secara langsung pada bagian bagian terkait dan berkoordinasi dengan manajemen yang memiliki data tersebut dikantor PT. Dempo Sumber Energi; 3) Pengolahan Data, Pada tahap ini pengolahan data akan dilakukan sesuai dengan teori serta rumus- rumus yang didapat sebelumnya dari studi literatur; 4) Pembuatan Laporan Penelitian. Pada tahapan ini penyusunan laporan dilakukan setelah data yang didapat sudah diolah dan disusun sesuai format penulisan.

C. Hasil dan Pembahasan

Data yang Diperoleh berupa data : Luas DAS Pelangai Gadang : 292,1 km², Debit yang tercatat : 25,51 m³/s, Debit rencana : 23,51 m³/s, Tinggi kotor (Head) : 47,04 meter, Tinggi bersih (Head) : 43,4 meter, Loss head : 3,36 meter, Tipe Turbin : Francis, Diameter pipa : 3 meter, Panjang pipa : 240,1 meter, Tebal pipa : 14 mm, Nilai Daya yang tercatat : 5500 kW/unit, Keluaran generator : 5.950 kW, Efisiensi generator : 0,96. Lokasi studi adalah wilayah DAS Palangai Gadang terletak di Sungai Batang Pelangai Gadang, Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat, dengan luas DAS Pelangai Gadang adalah 292,1 km².



Gambar 3. DAS Pelangai Gadang

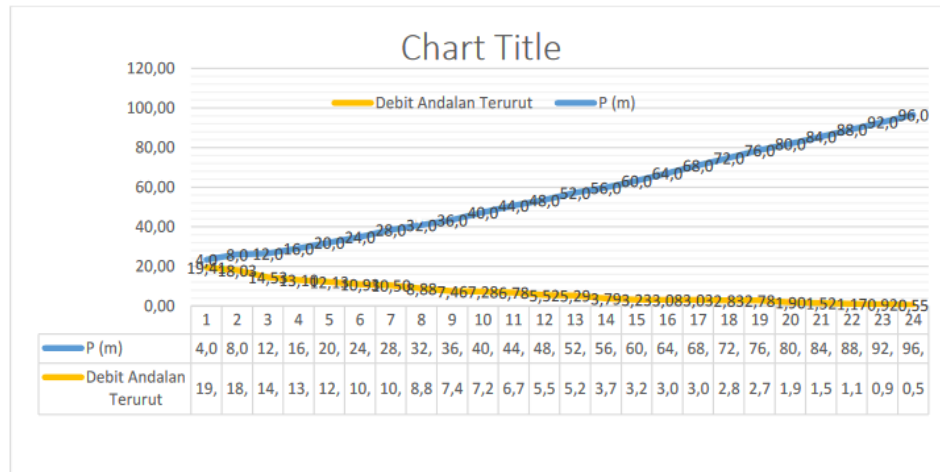
Debit yang digunakan disini adalah debit perhitungan dari debit PLTMH. Untuk menghitung debit andalan data debit yang dibutuhkan adalah sekurang-kurangnya 10 tahun. Dari data tersebut, dicari debit minimum, maksimum, dan debit andalan yang dipakai. Oleh karena PLTMH ini digunakan untuk meringankan beban PLN, maka debit yang dipakai adalah debit 80% (Q80) atau metode MOCK. Karena data yang diperoleh berupa data per hari, maka diperlukan pengolahan data lanjutan untuk mengubah menjadi data bulanan. Diperhatikan juga satuan debitnya yang dari sana berupa satuan liter/detik. Untuk mengolah data debit tersebut, semua data disusun berdasarkan tahun dan bulan. Kemudian diranking data per bulan mulai yang terbesar ke yang terkecil, debit terbesar merupakan debit dengan persentase kejadian terkecil. Selanjutnya dimasukkan durasi hari tiap bulan dan disusun ke bawah dengan pertambahan secara kumulatif. Urutan durasi tersebut kemudian dihubungkan dengan persen terhadap jumlah hari. Setelah disusun demikian, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara rata-rata debit tahunan dan persentase kejadian. Maka didapatlah “Kurva Durasi Aliran”, dari kurva tersebut dapat diamati dengan mudah debit Q80 tanpa harus menghitung dengan tabel. Dengan cara seperti itu, selain didapat debit Q80 juga dapat dilihat debit maksimum dan minimum serta fluktuasi debitnya. Hal tersebut berguna untuk mengetahui debit terendah agar dapat merencanakan pengaliran serta untuk mengetahui debit tertinggi agar dapat merencanakan keadaan banjir.

Debit banjir sangat berbahaya untuk PLTMH. Maka dari itu debit banjir harus ditanggulangi sebisa mungkin. Yaitu salah satunya dengan membuat pelimpah pada bak penenang. Pelimpah yang direncanakan harus benar-benar mampu mengeluarkan kelebihan debit di atas batas maksimal turbin. Karena ketika turbin mendapatkan beban melebihi kapasitas yang direncanakan, maka turbin akan rusak dan mengakibatkan kerusakan pada komponen yang lain. Kondisi banjir tersebut juga merupakan salah satu sebab rusaknya PLTMH yang dulu, yaitu terlihat bahwa ruang runner turbin dan ujung bak pengendap rusak parah.

Tabel 1. Perhitungan debit andalan menurut metode MOCK dengan hasil ketetapan 80%(Q80)
Sungai Pelangai Gadang

Bulan	Debit Andalan	P (m)
Jan	13, 10	4,0
	0,92	8,0
Feb	5,29	12,0
	3,08	16,0

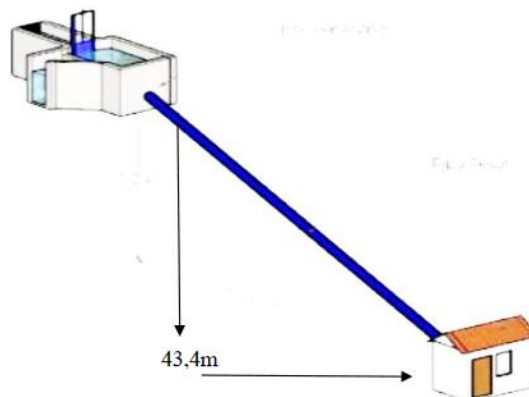
Mar	3,23	20,0
	5,52	24,0
Apr	7,46	28,0
	1,52	32,0
Mei	3,79	36,0



Gambar 5. Grafik debit andalan

Tinggi jatuh air merupakan salah satu hal penting dalam perancangan PLTMH. Tinggi terjun air (head) didapat dari pengukuran langsung, yaitu merupakan selisih elevasi antara muka air di bak penenang dan tail water level (TWL). Cara pengukuran tinggi terjun dengan menggunakan theodolite yaitu dengan merentangkan ujung theodolite dari muka air di bak penenang sampai ke rumah turbin agar dapat hasil yang akurat.

Hasil pengukuran tinggi jatuh air dengan menggunakan theodolite didapatkan yaitu 43,4 m. Dalam pengamatan tersebut, acuan pengukuran adalah dari elevasi air sampai TLW, sehingga besaran tinggi jatuh air tersebut sudah dapat digunakan untuk menghitung daya. 43,4m. Dengan tinggi jatuh sebesar 43,4 m, maka secara teknis dapat dimanfaatkan untuk PLTMH. Tinggi jatuh tersebut nantinya akan dikurangi dengan kehilangan energi pada pipa pesat. Hasil dari perhitungan tersebut nantinya akan digunakan dalam perhitungan daya terbangkit. Hal selanjutnya yang harus dilakukan adalah optimasi unit pembangkit. Yaitu merekayasa unit pembangkit lain agar daya yang dihasilkan dapat optimal.



Gambar 6. Tinggi terjun air

Potensi daya terbangkitkan dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini merupakan besar daya yang terbangkit yang memperhitungkan semua efisiensi komponen pembangkit dari debit, turbin dan generator. Untuk perhitungan besar potensi daya yang terbangkit itu sendiri dengan melihat tinggi head, debit dan efisiensi dari komponen mekanik dan elektrik yang diperkirakan cocok untuk kondisi sungai Batang Pelangai Gadang yang digunakan untuk pembangunan PLTMH. Daya keseluruhan yang dapat dibangkitkan dihitung

dengan mengalikan semua efisiensi turbin dan generator. Dihitung dengan menggunakan persamaan dengan efisiensi yang dipertimbangkan adalah efisiensi turbin dan generator. Besarnya daya dan energi yang dibangkitkan oleh debit andalan sebesar 17,43 m³ /dt dan tinggi jatuh efektif 43,27 m.

Efisiensi turbin, $\mu_t = 5,79$

Efisiensi generator $\mu_g = 0,96$

Daya listrik yang dibangkitkan dihitung dengan memakai persamaan:

$$P = 9,81 \times \mu_t \times \mu_g \times Q \times H_{eff}$$

$$P = 9,81 \times 5,79 \times 0,96 \times 17,43 \times 43,27$$

$$P = 41.124,7 \text{ kW}$$

Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengkajian ulang tentang masalah daya yang dibangkitkan oleh PLTMH PT Dempo Sumber Energi Sungai Pelangai Gadang baik daya yang dikeluarkan oleh PLTMH saat ini baik dengan hasil dari peneliti dapat dari data yang sudah diberikan oleh perusahaan PLTMH. Dengan itu peneliti melakukan berbagai analisis untuk menganalisis energi yang dibangkit oleh PLTMH dengan melakukan perhitungan analisa debit andalan, analisa head yang ada di lapangan, dan kehilangan energi yang di hasilkan oleh pipa penstock. Dari hasil peneliti dapat daya yang di bangkitkan oleh PLTMH dengan debit andalan yang peneliti hitung sebesar 17,43 m³/detik dan memiliki head efektif sebesar 43,27 meter dari waduk menuju pintu turbin di rumah pembangkit yang memiliki panjang pipa sejauh 240,1 meter yang bisa menyebabkan kehilangan energi akibat belokan pada pipa sebesar 0,48 meter, hal tersebut dapat dihitung besar daya yang akan di bangkitkan oleh PLTMH dengan melakukan beberapa analisa dari hasil analisa yang peneliti hasilkan memiliki daya yang diberikan oleh hasil peneliti analisa sebesar 41.124,7 kW.

D. Penutup

Hasil dari analisa pada tugas akhir terapan ini dapat disimpulkan bahwa: 1) Debit andalan yang dapat digunakan pada PLTMH sungai Batang Pelangai Gadang adalah debit 80% sebesar 17,43 m³ /detik; 2) Tinggi jatuh efektif yang dapat dimanfaatkan PLTMH sungai Batang Pelangai Gadang adalah sebesar 43,27 m; 3) *Headloss* pada *penstock* pada penelitian ini tidak begitu berpengaruh terhadap kehilangan energi yang di bangkitkan oleh sistem PLTMH, namun perhitungan *headloss* pada pipa *penstock* perlu untuk ketelitian dalam merancang sistem PLTMH yang optimal; 4) Turbin yang dipilih adalah turbin Francis dengan pertimbangan tinggi jatuh efektif 43,27 m dan kecepatan spesifiknya; dan 5) Daya total yang mungkin dihasilkan oleh PLTMH sungai Batang Pelangai Gadang dengan debit 17,43 m³/dt dan tinggi efektif 43,27 m adalah sebesar 41.124,7 kW.

Daftar Pustaka

- Anthony, Z. (2018) *Mesin Listrik Dasar* Itp Press. Available at: <http://www.press.itp.ac.id>.
- Christiawan, D., Jasa, L. and Sudarmojo, Y.P. (2017) 'Studi Analisis Pengaruh Model Sudu Turbin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), p. 104. doi:10.24843/rite.2017.v16i02p18.
- Desa, D.I. et al. (2011) 'Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 16, Nomor 2, Oktober 2011', 16. Dhiva Pratama, A., Hidayah, E. and Utami Agung Wiyono, R. (2021) 'Penentuan Desain Optimum Penstock untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Poreng, Jember', *Jurnal Teknik Pengairan*, 12(1), pp. 71–80. doi:10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.07.
- Eswanto, E., Hasan, H. and Razlan, Z.M. (2023) 'An Analysis on Performance of Pico-hydro with Archimedes Screw Model Viewed from Turbine Shaft Angle', *International Journal of Engineering*, 36(1), pp. 10–18. doi:10.5829/ije.2023.36.01a.02.
- Fahrurrozi, M., Wicaksono, I. and Sunyoto, A. (2014) 'Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Di Desa Sumber Poh Kecamatan Maron Kabupaten Probolinggo'. Gupta, R. and Pant, K. (2008) 'Fundamentals and Use of Hydrogen as a Fuel', *Hydrogen Fuel*, (July), pp. 2–32. doi:10.1201/9781420045772.ch1.

- 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), pp.149–155.
- Indra, Z. et al. (2012) 'Analisis Debit Sungai Munte Dengan Metode Mock Dan Metode Nreca Untuk Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air', *Jurnal Sipil Statik*, 1(1), pp. 34–38.
- Kosanke, R.M. (2019) 'Hubungan Tenaga Air Terhadap Keluaran Daya Listrik Dan Aspek Ekonomis Di Pltmh Gunung Sawur 2 Lumajang'. Available at: kosanke, Robert M.
- Laia, I. (2018) 'Analisa Perencanaan Pltmh Pada Sungai Batang Palangai Gadang Kabupaten Pesisir Selatan Provinsi Sumatera Barat', *Menara Ilmu*, XII(10), pp. 182–192. Available at: <http://jurnal.umsb.ac.id/index.php/menarailmu/article/viewFile/1038/883>.
- Murni, S.S. and Suryanto, A. (2021) 'Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)', *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 1(2), pp. 34–38. doi:10.22146/juliet.v1i2.61282.
- Nugroho, D., Suprajitno, A. and Gunawan, G. (2017) 'Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Air Terjun Kedung Kayang', *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(3), p. 161. doi:10.17529/jre.v13i3.8554.
- Nurdin (2017) 'Analisis Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Dengan Pembuatan Kolam Tando Studi Kasus Sungai Way Kunyir Menggunakan Jenis Turbin Crossflow', *Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), pp. 5–12.
- Saputri, I.A. (2016) 'Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Embung Kuniran Kecamatan Sine Kabupaten Ngawi Ichsan', *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 152(3), p. 28. Available at: Saputri, Indah Asykari. Sarjana, T. (2019) 'Yusril Akmal Firdaus Tugas Sarjana Perancangan Sistem Pengukuran Geometri'.
- Sayoga, I.M.A. and Nuarsa, I.M. (2012) 'Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa', 2(2), pp. 75–83.
- Shidiq, M. (2010) 'Penurunan Jatuh Tegangan Dan Rugi Daya', *Jurnal EECCIS*, IV(1), pp. 35–38.
- Tobi, M.D. and VAN HARLING, V.N. (2019) 'Analisis Percobaan Karakteristik Beban Nol Generator Induksi 1 Fasa', *Electro Luceat*, 5(1), pp. 12–22. doi:10.32531/jelekn.v5i1.136.