

Monitoring Dan Efektifitas Penggunaan Turbin Cross Flow Pada PLTMH Dewata

Adi Nugraha¹, felycia²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 17 November 2022

Direvisi : 5 Juni 2023

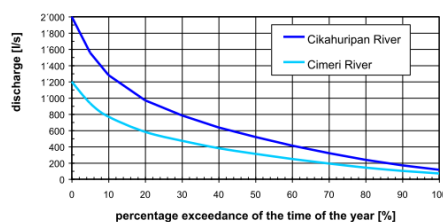
Disetujui : 20 Juni 2023

doi: 10.36055/setrum.v11i2.17714

*Korespondensi Penulis :

adi.n@untirta.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Energy has a very important role in supporting human life. Electricity is needed in human life to be used for industrial, commercial, home, residential and other purposes. The purpose of this study is to monitor and determine the effectiveness of the use of cross flow turbines used in the Dewata PLTMH. It turns out that the Dewata PLTMH uses 2 turbines with a capacity of 125KW. The method used in this research includes analyzing the potential in the PLTMH area as a reference in the calculations and then comparing the calculations with actual conditions. The results of this study include the condition of the penstock, the output power and the use of turbines that are in accordance with the capacity they should be..

Keywords: Turbine, PLTMH, Cross flow, Electrical energy

Abstrak

Energi memiliki peranan yang sangat penting dalam menunjang kehidupan manusia. Listrik dibutuhkan dalam kehidupan manusia digunakan untuk keperluan industri, komersial, domisili, perumahan dan kepentingan lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memonitoring dan mengetahui efektifitas penggunaan turbin cross flow yang digunakan pada PLTMH Dewata. Diketahui bahwa PLTMH Dewata menggunakan 2 buah turbin dengan kapasitas 125KW. Metode yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah dengan menganalisis potensi yang ada di area PLTMH sebagai acuan dalam perhitungan lalu membandingkan perhitungan dengan kondisi yang sebenarnya. Hasil penelitian ini diantaranya adalah kondisi penstock, daya output dan penggunaan turbin yang telah sesuai dengan kapasitas yang seharusnya.

Kata kunci: Turbin, PLTMH, Cross flow, Energi listrik

© 2023 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Energi memiliki peranan yang sangat penting dalam menunjang kehidupan manusia [1]. Listrik dibutuhkan dalam kehidupan manusia digunakan untuk keperluan industri, komersial, domisili, perumahan dan kepentingan lainnya [2]. Sumber daya air Indonesia cukup melimpah diantaranya adalah danau, dan air terjun. Indonesia memiliki 5.590 sungai yang tersebar di nusantara seperti Jawa [3]. Potensi pembangkit listrik tenaga air dengan teknologi mini atau mikrohidro diperkirakan sekitar 19.385 MW [4]. Total kapasitas terpasang pembangkit minihidro dan mikrohidro gabungan pada tahun 2016 adalah sekitar 258,3 MW atau 1,33% dari potensi yang ada [3].

Distribusi energi listrik belum maksimal, sehingga terdapat beberapa wilayah di Indonesia yang masih teraliri listrik [5]. Salah satu kawasan yang tidak teraliri listrik oleh PLN sebagai penyedia listrik adalah di kawasan perkebunan teh Dewata, Ciwidey-Jawa Barat. Pada Area tersebut terdapat perkebunan teh yang cukup luas. Perkebunan teh tersebut memiliki beberapa mesin untuk mengolah hasil panen teh menjadi teh yang siap di konsumsi. Mesin untuk memproduksi teh tersebut digunakan untuk mengoptimalkan produksi teh dan mempercepat proses produksi.

Potensi energi listrik di area sungai Cikahuripan sangat besar. Hal tersebut dilihat dari debit air yang cukup banyak yaitu sekitar 400 L/s serta medan area yang dapat memiliki *head* atau ketinggian yang cukup tinggi antara kolam dengan *power house*. Sehingga pembangkitan energi listrik dapat lebih dioptimalkan dengan penggunaan peralatan pembangkit yang sesuai agar dihasilkan energi listrik yang optimal [6]. Saat ini, PLTMH Dewata tersebut menggunakan turbin *Cross flow* untuk mengkonversi energi gerak air menjadi energi listrik. Sedangkan efisiensi turbin ini jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan jenis turbin lain ketika aliran air 100% dialirkan.

Turbin yang digunakan pada PLTMH adalah turbin crossflow [7]. Turbin crossflow ini memiliki *range* debit yang luas, bisa dioperasikan walaupun dalam kondisi debit 10% [8]. Turbin yang digunakan berjumlah 2 buah dengan spesifikasi yang sama diantaranya adalah Power output 2x125kW. Namun yang dioperasikan hanya 1 turbin saja sehingga daya yang dihasilkan hanya sebesar 125KW. Sedangkan kebutuhan energi listrik di area sungai Cikahuripan tersebut terdiri dari beberapa kebutuhan beban diantaranya adalah untuk industri teh sebesar 108kW dan untuk keperluan aktivitas masyarakat sebesar 62 kW. Sehingga total beban yang perlu dilayani oleh PLTMH Dewata seharusnya adalah 172KW tiap harinya. Daya yang dibutuhkan lebih besar 37,6% dari daya yang dapat dihasilkan oleh PLTM Dewata.

Kondisi sungai Cikahuripan yang memiliki kapasitas air yang cukup besar serta debit yang relatif besar mengindikasikan bahwa persediaan air untuk proses pembangkitan energi listrik cenderung stabil sehingga pengoptimalan pembangkitan energi listrik bisa dilakukan untuk mendapatkan energi listrik yang lebih optimal dengan potensi yang telah tersedia. Oleh karenanya perlu dilakukan Monitoring Dan Efektifitas Penggunaan Turbin Cross Flow Pada PLTMH Dewata.

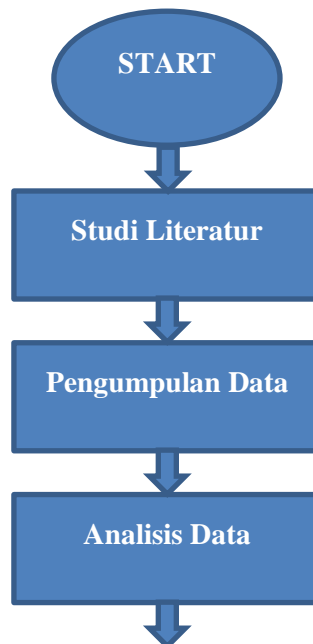
2. METODE PENELITIAN

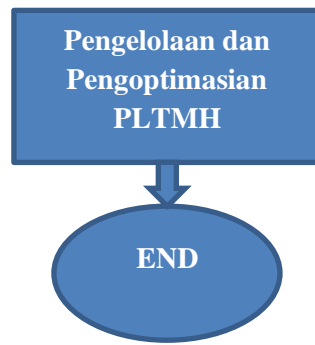
2.1 Metode Penelitian

Berdasarkan potensi energi yang tersedia di lokasi, analisis pada PLTMH dibagi menjadi beberapa langkah yang harus dilakukan, meliputi (1) studi literatur (2) pengumpulan data (3) analisis data (4) pengolahan dan perencanaan suatu PLTMH. Data debit air diambil dari informasi karyawan PLTMH Dewata yang mengambil nilai rata-rata dalam jangka waktu satu tahun. Panjang pipa dan Head Netto reservoir ke Power House diukur dengan perhitungan secara manual.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian Monitoring Dan Efektifitas Penggunaan Turbin Cross Flow Pada PLTMH Dewata dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar berikut.



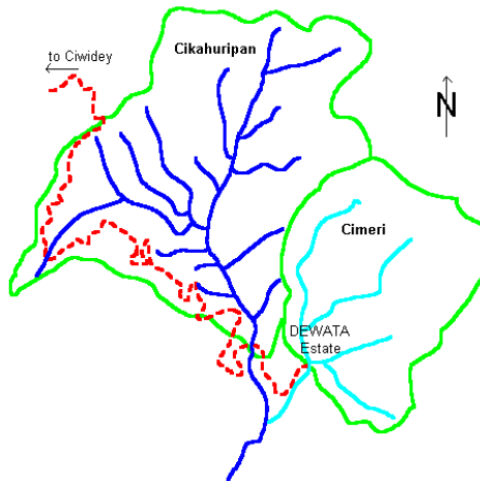


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Skema Area PLTMH Dewata

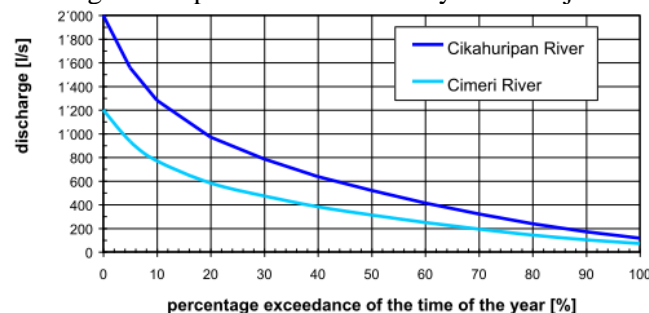
PLTMH Dewata terletak di Sugihmukti, Pasir Jambu-Jawab Barat. Terdapat dua sungai disana, Dua sungai tersebut yaitu Cikahuripan dan Cimeri. Keduanya memiliki potensi yang menjanjikan untuk dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air. Daerah aliran sungai Cikahuripan dan Cimeri masing-masing sekitar 9,5 km² dan 6 km² [9].



Gambar 2 Area aliran sungai yang menuju PLTMH Dewata

3.2. Debit

Dilakukan beberapa pengukuran terhadap debit air yang berada di Cimeri dan Cikahuripan. Dari hasil pengukuran debit air, Cikahuripan memiliki debit air yang lebih besar dibandingkan dengan debit Air Cimeri. Hal ini sesuai dengan data pada PLTM Dewata yaitu ditunjukkan oleh garafik berikut.



Gambar 3 Kurva durasi aliran sungai Cikahuripan dan sungai Cimeri

Dari data tabel tersebut maka dipilih Sungai Cikahuripan sebagai sumber untuk pembangkitan listrik Mikrohidro di PLTM Dewata. Adapun Debit rata-rata yang didapatkan adalah sebesar 600 l/s.

Pada PLTMH Dewata terdapat beberapa konstruksi aliran air hingga akhirnya menuju ke kolam yang nantinya disalurkan ke *power house* melalui pipa *penstock*. Adapun konstruksi tersebut diantaranya adalah bendung yang merupakan tempat masuknya air yang langsung dari sungai seperti digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 4 Bendung dan *Sand trap*

Dari bendung, air di salurkan menuju kolam melalui saluran air dan ditampung dalam sebuah kolam dengan ukuran sebesar 2.275 m³. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5 Kolam tampung air

Kolam dijaga agar volumenya tetap. Di ujung kolam terdapat *intake* untuk mengalirkan air melalui *penstock* ke *power house*. Tinggi antara kolam dengan turbin yang ada pada *power house* adalah ± 65m.

3.3. Daya Output

Efisiensi turbin pada penelitian ini mengacu pada efisiensi turbin *crossflow turbine* adalah sebesar 69%. Oleh karena itu kita dapat menghitung daya keluaran output jika dianggap semua parameternya dalam kondisi ideal. Maka

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \cdot \eta$$

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,6 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 9,8 \text{ m/s} \cdot 62 \text{ m} \cdot 0,69$$

$$P = 251.546 \text{ watt}$$

$$P = 252 \text{ kW}$$

3.4. Penstock

Dengan data yang telah didapatkan, Desain untuk penstock dengan parameter yaitu:

Panjang Pipa (L): 194m

Head (H) : 62m

Debit (Q): 0,6 m³/s

Koefisien Pipa HDPE (n): 0,011

Maka didapatkan nilai desain diameter *penstock* yang perlu digunakan yaitu:

3.4.1. Diameter Penstock

Hasil perhitungan, berikut merupakan diameter minimal Penstock yang dapat digunakan, yaitu:

$$D = 0,72 \times Q^{0,5}$$

$$D = 0,72 \times 0,6^{0,5}$$

$$D = 0,72 \times 0,775$$

$$D = 558 \text{ mm}$$

3.4.2. Ketebalan Penstock

Hasil perhitungan, berikut merupakan ketebalan minimal Penstock yang dapat digunakan, yaitu:

$$tp = \left[\frac{D + 508}{400} \right] + 1,2$$

$$tp = \left[\frac{558 + 508}{400} \right] + 1,2$$

$$tp = 3,865 \text{ mm}$$

3.5. Pemilihan Turbin

Dari karakteristik tinggi head dan nilai power output yang di rencanakan maka secara karakteristik penggunaan turbin cross flow sangat memungkinkan untuk digunakan. Hal tersebut karena rentang *head* pada turbin crossflow dimulai dari 2 hingga 100 meter. selain itu, turbin crossflow juga memiliki kemampuan membangkitkan daya sebesar 500KW. Turbin memiliki beberapa keunggulan utama antara lain perawatan yang mudah, kurva efisiensi yang lebih baik dibandingkan dua jenis lainnya (Kaplan dan Francis), dan harga yang murah [10].

3.6. Implementasi PLTMH Dewata

3.6.1. Debit

Sebelum memasuki kolam tampung air, air dialirkan melalui saluran air dengan jarak ± 300 meter. Debit pada saluran air tersebut diukur dengan menggunakan metode floating didapatkan hasil debit sebesar 400 L/s. Terdapat selisih nilai debit yaitu 200L/s. Dimana jika kondisi seperti ini maka kolam akan mengalami kekurangan air. Sebab debit yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan dengan debit air yang masuk.

3.6.2. Penstock

Hasil perhitungan diameter penstock dengan ketinggian Head 62 m dan debit sebesar 600 L/s adalah 538 mm dan ketebalan penstock sebesar 3,585 mm. Sedangkan pada kondisi sebenarnya, Penstock yang digunakan pada PLTMH Dewata menggunakan diamter 600 mm dan ketebalan 6 mm. Dari hasil penggunaan penstock hasil perhitungan dan yang terpasang dilapangan memiliki perbedaan. Namun ukuran penstock yang terpasang melebihi nilai hasil perhitungan. Oleh karena itu kondisi penstock dapat dikategorikan sebagai penstock yang telah sesuai

3.6.3. Daya output

Turbin yang digunakan pada PLTMH adalah turbin crossflow. Turbin crossflow ini memiliki *range* debit yang luas, bisa dioperasikan walaupun dalam kondisi debit 10%. Turbin yang digunakan berjumlah 2 buah dengan spesifikasi yang sama diantaranya adalah Power output 2x125kW, Design Flow 600 L/s, adapun tipe turbinnya adalah X-Flow T15 bo 160 mm/ø 300 mm. Dari 2 buah turbin tersebut, turbin dihubungkan menggunakan belt dengan generator 2× Hitzinger 185 kVA/1000 rpm. Output daya kemudian dihubungkan dengan trafo stepup 20KV dan ditransmisikan sejauh 1 km.

Dari hasil perhitungan potensi sungai Kahuripan didapatkan daya output yaitu sebesar 252 KW. Sedangkan turbin yang digunakan adalah 125KW sebanyak 2 buah atau sebesar 250kW. Oleh karena itu implementasi daya pada PLTMH dewata telah sesuai.

3.6.4. Permintaan Daya

Lokasi PLTMH Dewata berdekatan dengan industri penghasil teh. Teh yang diproduksi bermacam macam diantaranya adalah teh hijau, teh jepang, dan teh hitam. Untuk mengolah beberapa jenis teh tersebut peralatan mesin yang digunakan juga berbeda. Untuk memproses teh hijau diperlukan

mesin berkapasitas 55kW, teh jepang memerlukan mesin 23KW, dan teh hitam memerlukan mesin berkapasitas 30KW dalam proses produksi maksimumnya.

Selain dibutuhkan untuk kegiatan industri, listrik PLTMH Dewata juga dibutuhkan untuk beberapa keperluan lain diantaranya yaitu untuk keperluan manajemen dan administrasi sebesar 12kW, dan terdapat perumahan penduduk yang juga membutuhkan energi listrik untuk kegiatan sehari-hari seperti penerangan, memasak, dan lain sebagainya sebesar 50kW. Sehingga total permintaan daya didapatkan nilai sebesar 170kW. Total permintaan daya ini masih lebih kecil dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh PLTMH Dewata

4. KESIMPULAN

4.1. Kesimpulan

Hasil simulasi dari Monitoring Dan Efektifitas Penggunaan Turbin Cross Flow Pada PLTMH Dewata menghasilkan beberapa kesimpulan, yaitu:

- a) Kondisi penstock dapat dikategorikan sebagai penstock yang telah sesuai.
- b) Hasil perhitungan potensi sungai Kahuripan didapatkan daya output yaitu sebesar 252 KW. Sedangkan turbin yang digunakan adalah 125KW sebanyak 2 buah atau sebesar 250kW. Oleh karena itu implementasi daya pada PLTMH dewata telah sesuai.
- c) Total permintaan daya didapatkan nilai sebesar 170kW. Total permintaan daya ini masih lebih kecil dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh PLTMH Dewata

4.2. Saran

Dalam penelitian ini masih banyak sekali kekurangan dan ketidaksempurnaan. Untuk itu, perlu dilakukan pengembangan agar ke depannya menjadi sempurna ataupun lebih baik lagi sehingga memiliki beberapa saran, diantaranya:

- a) Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai Efisiensi produksi daya pada PLTMH Dewata.
- b) Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai rugi daya yang terjadi pada PLTMH Dewata

REFERENSI

- [1] Agency for the Assessment and Application of Technology, *Indonesia Energy Outlook 2017 - Clean Energy Technology Development Initiatives*. Jakarta: Center for Technology of Energy Resources and Chemical, 2017.
- [2] A. C. Koloay, H. Tumaliang, and M. Pakiding, "Perencanaan Dan Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik Di Kota Bitung," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 285–294, 2018.
- [3] H. L. Bestari, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, "Performance Evaluation of 25 KW Community Microhydro in Seloliman Village East Java," *2018 Int. Conf. Smart Green Technol. Electr. Inf. Syst. Smart Green Technol. Sustain. Living, ICSGTEIS 2018 - Proceeding*, vol. 7, pp. 144–149, 2018.
- [4] BPS, *Statistik lingkungan hidup Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2017.
- [5] B. T. Devara, W. D. Aryawan, and A. Nasirudin, "Desain Kapal Pembangkit Listrik Menggunakan Tenaga Gelombang Air Laut Untuk Daerah Papua," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. 2–6, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26327.
- [6] N. Kharisna, S. Widyastuti, D. Priyatno, and N. Kamaliyah, "'Power Plant Microhydro At Home' Solusi Pemenuhan Listrik Daerah Curah Hujan Tinggi Info Articles," *J. Creat. Student*, vol. 2, no. 1, pp. 34–41, 2017.
- [7] W. Trisasiwi, M. Masrukhi, A. Mustofa, and F. Furqon, "Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Skala Laboratorium," *Din. Rekayasa*, vol. 13, no. 1, pp. 29–36, 2017, doi: 10.20884/1.dr.2017.13.1.164.
- [8] S. Juni Yanda and R. Abubakar, "Perancangan Turbin Cross-Flow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) Di Desa Wih Tenang Uken Bener Meriah," *J. Tektro*, vol. 5, no. 1, pp. 69–76, 2021.
- [9] Entec, "Feasibility Study Mini Hydropower Scheme Dewata Tea Estate West Java." 2000.
- [10] A. Y. Hatata, M. M. E.- Saadawi, and S. Saad, "A feasibility study of small hydro power for selected locations in Egypt," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 24, 2019.